

УДК 639.3.043

Поступила в редакцию 29.07.2020
Received 29.07.2020**А. В. Куликов¹, А. А. Литвинчук¹, А. С. Данилюк¹, Г. А. Купин², А. В. Свердличенко²**¹*РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию», г. Минск, Республика Беларусь*²*«Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», г. Краснодар, Российская Федерация*

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ОЗОНО-ВОЗДУШНОЙ СМЕСИ НА СОХРАННОСТЬ ТЕХНОЛОГИЧНЫХ СОРТОВ КЛУБНЕЙ ТОПИНАМБУРА

Аннотация. В статье дана характеристика топинамбура как важной культуры многоцелевого назначения. Описаны основные проблемы при хранении клубней топинамбура. Приведены результаты исследований, позволяющие судить о положительном влиянии обработки клубней топинамбура озono-воздушной смесью в процессе хранения на их качественные показатели, что является предпосылкой для разработки технологии хранения клубней топинамбура с использованием озона.

Ключевые слова: топинамбур, клубни, озон, хранение, продукт, обработка, технологические параметры

A. V. Kulikou¹, A. A. Litvinchuk¹, A. S. Danilyuk¹, G. A. Kupin², A. V. Sverdlichenko²¹*RUE “Scientific-Practical Centre for Foodstuffs of the National Academy of Sciences of Belarus”, Minsk, Republic of Belarus*²*Krasnodar Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products» — a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, Winemaking», Krasnodar, Russian Federation*

RESEARCH OF THE IMPACT OF THE OZONE-AIR MIXTURE ON THE PRESERVATION OF TECHNOLOGICAL VARIETIES OF TUBER TOPINAMBUR

Abstract. The article describes Jerusalem artichoke as an important multi-purpose culture. Significant disadvantages of Jerusalem artichoke tubers during storage are described. The results of studies are described that make it possible to judge the positive effect of the processing of Jerusalem artichoke tubers with an ozone-air mixture during storage on their quality indicators.

Keywords: Jerusalem artichoke, tubers, ozone, storage, product, processing, technological parameters

Введение. Одним из ключевых факторов в достижении продовольственной безопасности Беларуси — страны, ведущей своё сельское хозяйство в зоне рискованного земледелия, является внедрение в сельскохозяйственное производство новых перспективных культур, обладающих высокой продуктивностью, повышенным содержанием биологически активных веществ, пригодных для выработки высококачественной продукции и, в тоже время, отличающихся неприхотливостью к условиям выращивания.

К таким перспективным культурам многоцелевого назначения относится и топинамбур (земляная груша, Jerusalem artichokes, Sunchokes). Эта уникальная культура известна человеку более 4 тыс. лет, не раз спасала народы многих стран в тяжёлые голодные годы. Сегодня, когда динамично развивается рынок биологической продукции, вспоминают о клубнях топинамбура, огромные потенциальные возможности которых остаются не востребованными.

Клубни топинамбура и продукты его переработки могут найти применение в решении задач, связанных с глобальными проблемами современности: питание, биоэнергетика (биологически возобновляемый ресурс), оздоровление человека, экология, кормопроизводство и т.д.

Уникальность клубней топинамбура как сельскохозяйственной и продовольственной культуры состоит в исключительно высокой холодо- и морозоустойчивости, формировании поистине рекордных урожаев, возможностях многоцелевого использования в народном хозяйстве [1].

Среди главных направлений переработки клубней топинамбура — получение инулина, фруктозно-глюкозных сиропов, новых сахаристых веществ, подсластителей, спирта (этанол), кормовых дрожжей, а также продукции высокой физиологической ценности с целью использования её в пищевой промышленности, медицине, сельском хозяйстве. Клубни топинамбура также могут быть с успехом использованы в консервной отрасли пищевой промышленности.

Топинамбур отличается высокой урожайностью: 35,0–50,0 т/га зеленой массы и 20,0–60,0 т/га клубней. На одном растении образуется до 40 клубней различной величины общей массой до 4 кг.

В настоящее время топинамбур широко используется в ряде развитых стран Европы и Америки для выработки лекарств, продуктов питания и спирта. Во Франции посадками земляной груши занято 250 тыс. га. Сбор урожая 7,5 млн. тонн. Также топинамбур выращивают на площади 660 тыс. га в США и Канаде [1, 2].

Целью представленных исследований — экспериментальное изучение влияния озono-воздушной смеси на сохранность технологичных сортов клубней топинамбура.

Материалы и методы исследований. Исследования проводили на базе фермерского хозяйства «Бортники-агро» (д. Дуброво, Молодечненский р-н), специализирующегося на производстве и реализации топинамбура.

При проведении исследований использовалась система озонирования MOG-06G, предоставленная компанией ООО «АирАльянс», а также образцы клубней технологичных сортов топинамбура.

Результаты и их обсуждение. Несмотря на свой уникальный состав и продовольственную ценность, клубни топинамбура имеют низкую лежкоспособность при хранении и высокую повреждаемость за счёт отсутствия пробкового слоя (у некоторых сортов) и высокого содержания сахаров.

На поверхности клубнеплодов топинамбура, закладываемых на хранение, содержится большое количество микроорганизмов, которые попадают на поверхность клубнеплодов при соприкосновении их с землей, с загрязненной тарой, из воздуха и т.д. Виды микроорганизмов, способные на поверхности клубнеплодов существовать, развиваться или сохраняться в виде спор, составляют эпифитную или поверхностную микрофлору. Естественные эпифиты представлены бактериями, дрожжами и плесневыми грибами. Численность эпифитов и их специфичность обусловлены химическим составом, количеством и степенью доступности экссудатов, выделяемых клубнеплодами.

Большинство заболеваний клубнеплодов топинамбура вызывают специфические фитопатогенные микроорганизмы [3].

Развитие патогенной микрофлоры на клубнеплодах топинамбура при их хранении обусловлено действием комплекса ферментов, секретируемых фитопатогенными микроорганизмами на разрушение межклеточного материала растительной ткани клубнеплодов (рис. 1).

Инактивация данных комплексов ферментов, а также нарушение их синтеза и секреции сможет препятствовать повреждению тканей, развитию колоний микроорганизмов и, как следствие, способствовать увеличению сроков хранения клубнеплодов топинамбура [4].



Рис. 1. Поражение клубней топинамбура белой гнилью (возбудитель — сумчатый гриб *Whetzelinia sclerotiorum*) в процессе хранения
Fig. 1. Damage to Jerusalem artichoke tubers with white rot (pathogen - marsupial mushroom *Whetzelinia sclerotiorum*) during storage

Проведенные ранее исследования показали, что значительное влияние на протекание биохимических процессов и снижение обсеменённости при хранении плодоовощной продукции оказывает обработка озоном, которая имеет следующие достоинства:

- ♦ высокий окислительный потенциал озона (уступает только фтору и нестабильным радикалам);
- ♦ возможность получать озон на месте потребления из кислорода воздуха, в связи с чем не требуется доставки никаких реагентов;
- ♦ простота и доступность получения озона в электрических аппаратах (озонаторах);

- ♦ безотходность производства и использования озона с точки зрения взаимопревращения;
- ♦ экономическая целесообразность применения озона по сравнению с другими известными окислителями (в 2–5 раз ниже стоимости других окислителей);
- ♦ экологическая совместимость озона с окружающей средой [6].

Высокая химическая активность озона обусловлена его окислительными свойствами. В больших концентрациях озон разрушает клеточную стенку бактерий, грибов, структурные единицы вирусов; окисляет высокомолекулярные вещества, биологически не разрушаемые вещества, токсины, ароматические и гидроциклические соединения; устраняет неприятные запахи и снижает концентрацию канцерогенных веществ [6].

Так, в процессе исследований на клубнях картофеля [10] установлено, что в период хранения в клубнях происходят процессы, особым образом действующие на его питательную ценность. Важнейшими из них являются изменения в углеводном составе, содержании витаминов и в процессе дыхания клубней. В озонируемых картофельных клубнях содержание крахмала и витамина С увеличивалось, тогда как содержание сахара уменьшалось. При этом интенсивность дыхания оставалась практически неизменной. При озонировании цвет, вкус и консистенция клубней также оставались неизменными. Отмечено, что озонирование при определённой концентрации задерживало прорастание картофеля и позволяло увеличить срок его хранения, не снижая продовольственных и посевных качеств.

При этом поверхностный слой картофеля не содержал легко-окисляемых веществ, т.к. озон, как известно, обладает сугубо поверхностным действием. Вместе с тем озон уничтожал патогенную поверхностную микрофлору: обсемененность обработанных клубней к концу хранения была значительно ниже по сравнению с контрольными. Озонирование способствовало заживлению ран на клубнях и повышало их сопротивляемость новым инфекциям. Процент загнивающих клубней в озонированных партиях был значительно ниже — в 1,5–3,0 раза [6].

На основании вышеизложенного с целью уничтожения патогенной микрофлоры и улучшения качественных показателей при хранении, снижении потерь при хранении по мнению авторов, может стать обработка клубнеплодов топинамбура озono-воздушной смесью.

В связи с этим проведены исследования влияния параметров обработки озono-воздушной смесью клубней топинамбура на их сохранность и качественные показатели.

На базе фермерского хозяйства «Бортники-агро» (д. Дуброво, Молодечненский р-н), специализирующегося на производстве и реализации топинамбура сотрудниками РУП «НППЦ НАН Беларуси по продовольствию» были отобраны клубни топинамбура технологичных сортов «Десертный» и «Доминика» (как наиболее устойчивых к механическому воздействию и поражению патогенными микроорганизмами) и помещены в четыре ящика по 80 штук в каждом (два ящика каждого сорта для хранения в среде озono-воздушной смеси и два ящика каждого сорта без обработки). Ящики были помещены в камеру, герметично разделенную на две половины. В одной половине были помещены ящики с клубнями топинамбура для хранения без обработки. Во второй половине помимо 2 ящиков с клубнями топинамбура была установлена система озонирования MOG-06G, предоставленная компанией ООО «АирАльянс», технические данные которой предоставлены в табл. 1.

Таблица 1. Технические данные системы озонирования MOG-06G
Table 1. Technical data of the MOG-06G ozonation system

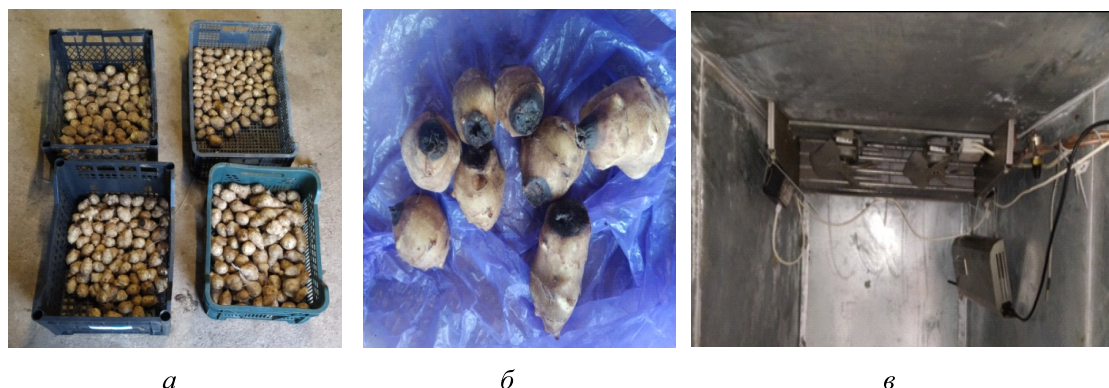
Модель	Система озонирования MOG-06G
Напряжение, В	220/240
Потребляемая мощность генератора озона, Вт	32
Производительность озона, г/ч	До 0,6
Режим работы	Постоянный /автоматический, управляемый датчиком
Габариты генератора озона, см	
Высота	20
Ширина	7
Длина	32
Вес, г	
Генератора озона	2875
Датчика озона	215

Система озонирования включала:

- ♦ генератор озона, который производил озон и передавал данные о состоянии системы озонирования средствами связи GSM;

- ♦ датчик озона, который определял количество озона в помещениях и передавал данные о состоянии системы озонирования и существующей концентрации озона в помещениях;
- ♦ блок управления с выключателем (опция), который питает ток датчик озона, передаёт данные о состоянии системы озонирования, принимает данные о концентрации озона от сенсора и отключает систему озонирования от питания.

На рис. 2 представлены фотографии проведённых экспериментальных исследований.



а

б

в

Рис.2. Фото экспериментальных исследований

а — контейнеры с клубнями топинамбура сортов «Диетический» и «Доминика»;

б — отобранные некондиционные клубни топинамбура сорта «Диетический»;

в — оборудование для озонирования

Fig. 2. Photo of experimental studies

a — containers with Jerusalem artichoke tubers of the varieties “Dietary” and “Dominica”; b — selected substandard tubers of Jerusalem artichoke of the Dietetic variety; c — equipment for ozonation

Функционирование данной системы озонирования было полностью автоматизировано и не требовало вмешательства пользователя, что способствовало безопасному ведению исследований. Для передачи данных использовалось GSM соединение с помощью подключаемых антенн [9]. Клубни топинамбура хранились в среде с озono-воздушной смесью, концентрацией 0,4–0,6 мг/м³. Контроль и управление концентрацией озона осуществлялся дистанционно в онлайн-режиме. В ходе контрольных проверок 10.12.2019 и 31.01.2020 был осуществлен осмотр и взвешивание заложенных на хранение клубней топинамбура. Полученные результаты приведены в табл. 2 и 3.

Таблица 2. Изменение массы клубней топинамбура при хранении

Table 2. Change in mass of Jerusalem artichoke tubers during storage

№ пробы	Дата	Сорт «Десертный» (контроль)	Сорт «Десертный» (озон)	Сорт «Доминика» (контроль)	Сорт «Доминика» (озон)
1	06.11.2019	3455	3468	3325	3320
2	10.12.2019	3420	3450	3280	3503
3	31.01.2020	3378	3438	3227	3494

Таблица 3. Результаты исследований

Table 3. Research results

Показатель	Ед.изм	Сорт «Десертный» (контроль)	Сорт «Десертный» (озон)	Сорт «Доминика» (контроль)	Сорт «Доминика» (озон)
Потери массы в период с 06.11 — 10.12.2019	m ₁ ,г	35	18	45	27
	%	1,12	0,51	1,2	0,81
Потери массы в период с 10.12.2019 — 31.01.2020	m ₂ ,г	77	30	98	51
	%	2,32	0,85	2,45	1,49
Количество некондиционных клубней в период с 06.11 — 10.12.2019	n ₁ ,шт	7	2	4	1
	%	8,7	2,5	5	1,25
Количество некондиционных клубней в период с 10.12.2019 — 31.01.2020	n ₂ ,шт	12	2	9	1
	%	15	2,5	11,25	1,25

На рис. 3–4 представлены зависимости влияния озono-воздушной смеси на изменение массы клубней топинамбура и образование некондиционных клубней топинамбура в процессе хранения.

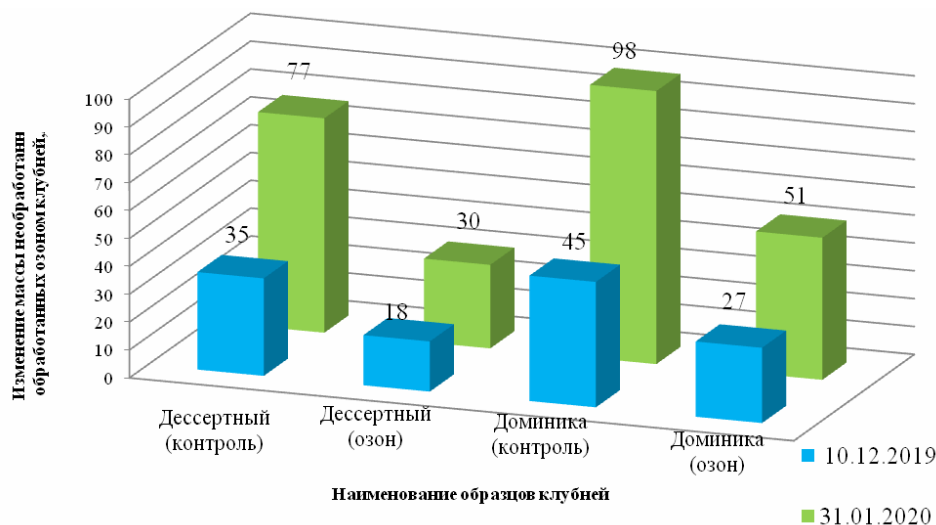


Рис. 3. Влияние озono-воздушной смеси на изменение массы клубней топинамбура за период хранения

Fig. 3. The effect of the ozone-air mixture on the number of substandard Jerusalem artichoke tubers formed during storage period

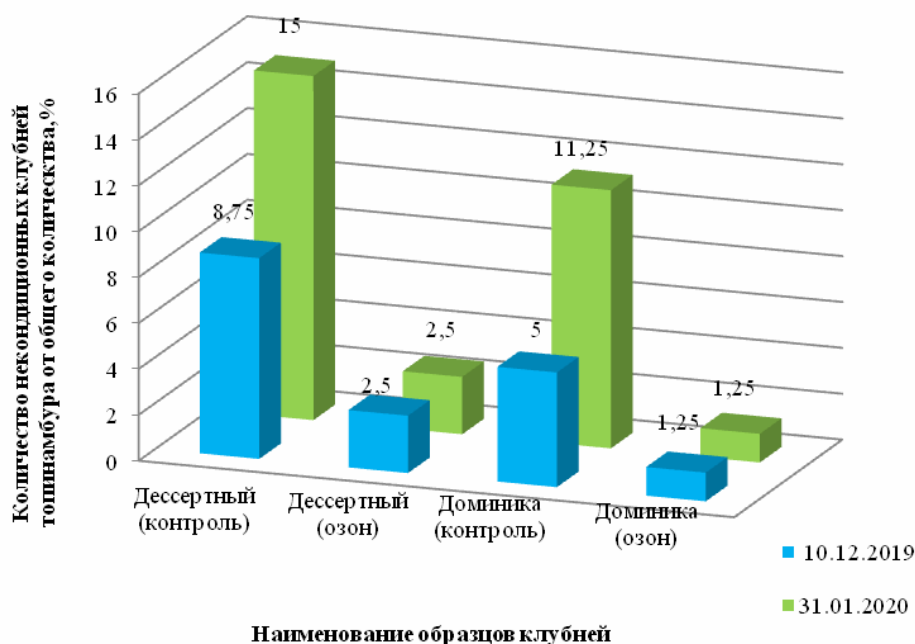


Рис. 4. Влияние озono-воздушной смеси на количество образовавшихся в процессе хранения некондиционных клубней топинамбура

Fig. 4. The effect of the ozone-air mixture on the number of substandard Jerusalem artichoke tubers formed during storage period

Анализ графических зависимостей, представленных на рис. 3–4 показывает, что применение обработки озono-воздушной смесью клубней топинамбура при хранении позволяет снизить их потери, повысить время лёжки при хранении, а также сохранить качественные показатели (внешний вид, цвет и т.д.).

Выводы. На основании анализа результатов проведенных исследований можно сделать заключение о положительном влиянии обработки озонно-воздушной смесью клубней топинамбура в процессе их хранения. Так, после обработки озоном наблюдалось снижение потери массы клубней топинамбура, а также снижение количества образовавшихся некондиционных клубней по истечении времени хранения на 10–13 %.

Полученные результаты исследований могут стать предпосылкой для разработки технологии хранения клубней топинамбура с использованием озона.

Список использованных источников

1. Кольцов, В.А. Разработка функциональных пищевых продуктов на основе топинамбура : дис. ...канд. сельс. наук :06.01.09 / В.А. Кольцов. — Мн., 2015. — 164.
2. Перспективные направления использования топинамбура в пищевой промышленности / Л. Д. Бобровник [и др.] // Известия вузов. Пищевая технология. — 1990. — №4. — С.12–13.
3. Характеристика существующих технологий и способов хранения клубней топинамбура / В. В. Лисовой [и др.] // Научный журнал КубГАУ. — 2016. — №120 (06). — С. 8–23.
4. Волкинд, И.Л. Промышленная технология хранения картофеля, овощей и плодов / И.Л. Волкинд. — М.: Агропромиздат, 1989. — 239 с.
5. Вянгеляускайте, А. П. Вредители и болезни овощных культур: справочник / А. П. Вянгеляускайте, Р. М., Жуклене, Л. П. Жуклис. — Москва: «Агропромиздат», 1989. — 462 с.
6. Чулков, Б.А. Урожайность картофеля, лежкость при хранении и качество картофелепродуктов в зависимости от режимов обработки клубней озонозвоздушной смесью: дис. ...канд. сельс. наук: 06.01.09 / Б.А. Чулков. — М., 2008. — 147.
7. Володарский, Е. Т. Планирование и организация измерительного эксперимента / Е. Т. Володарский, Б. Н. Малиновский, Ю. М. Туз. — Киев: Вища школа, 1987. — 280 с.
8. Шенк, Х. Теория инженерного эксперимента / Х. Шенк. — М.: Мир, 1972. — 151 с.
9. Система озонирования AIRPLUS1. Модель MOG-0,6G. Технический паспорт.
10. Отчет о научно-исследовательской работе «Разработать технологию и режимы сохранности качественных показателей сырья и готовой продукции (пивоваренный ячмень, солод, фрукты, овощи, сухофрукты) на перерабатывающих предприятиях концерна «Белгоспищепром» с целью увеличения сроков годности», Минск, РУП «БелНИИ пищевых продуктов» 2004. — 51 с.

References

1. Kol'tsov, V.A. Razrabotka funktsional'nykh pishchevykh produktov na osnove topinambura [The development of functional food products based on Jerusalem artichoke] :dis. ...kand. sel's. nauk :06.01.09 / V.A. Kol'tsov. — Mn., 2015. — 164 (in Russian).
2. Bobrovnik, L.D. Perspektivnyye napravleniya ispol'zovaniya topinambura v pishchevoy promyshlennosti [Prospective directions for the use of Jerusalem artichoke in the food industry] / L.D. Bobrovnik, V.G. Vysotskiy, I.S. Gulyy i dr. // Izv. Vuzov. Pishchevaya tekhnologiya. — 1990. — №4. — S.12–13 (in Russian).
3. Lisovoy, V.V. Kharakteristika sushchestvuyushchikh tekhnologiy i sposobov khraneniya klubney topinambura [Description of existing technologies and methods for storing Jerusalem artichoke tubers] / Lisovoy V.V., Pershakova T.V., Viktorova Ye.P., Kupin G.A., Aloshin V.N. // Nauchnyy zhurnal KubGAU. — 2016. — №120 (06). — S. 8–23. (in Russian).
4. Volkind, I.L. Promyshlennaya tekhnologiya khraneniya kartofelya, ovoshchey i plodov.[Industrial technology for storing potatoes, vegetables and fruits] — M.: Agropromizdat, 1989. — 239 s. (in Russian).
5. Vyangelyauskayte, A. P. Vrediteli i bolezni ovoshchnykh kul'tur [Pests and diseases of vegetable crops] / A. P. Vyangelyauskayte, R. M., Zhuklene, L. P. Zhuklis // Spravochnik. Izdatel'stvo: Moskva, «Agropromizdat», 1989. — 462 s. (in Russian).
6. Chulkov, B.A. Urozhaynost' kartofelya, lezhkost' pri khranении i kachestvo kartofeleproduktov v zavisimosti ot rezhimov obrabotki klubney ozonovozdushnoy smes'yu [Potato yield, storage quality and quality of potato products depending on the treatment regimen of tubers with an ozone-air mixture]:dis. ...kand. sel's. nauk:06.01.09 / B.A. Chulkov. — M., 2008. — 147 s. (in Russian).
7. Volodarskiy, Ye. T. Planirovaniye i organizatsiya izmeritel'nogo eksperimenta [Planning and organization of a measurement experiment] / Ye. T. Volodarskiy, B. N. Malinovskiy, YU. M. Tuz. Kiyev: Vishcha shkola, 1987. — 280 s (in Russian).
8. Shenk, KH. Teoriya inzhenernogo eksperimenta [Theory of Engineering Experiment] / KH. Shenk. — M.: Mir, 1972. — 151 s. (in Russian).

9. Sistema ozonirovaniya AIRPLUS1. [Ozonation system AIRPLUS1] Model' MOG-0,6G. Tekhnicheskiy passport (in Russian).
10. Otchet o nauchno-issledovatel'skoy rabote «Razrabatat' tekhnologiyu i rezhimy sokhrannosti kachestvennykh pokazateley syr'ya i gotovoy produktsii (pivovarennyy yachmen', solod, frukty, ovoshchi, sukhofrukty) na pererabatyvayushchikh predpriyatiyakh kontserna «Belgospishcheprom» s tsel'yu uvelicheniya srokov godnosti» [“Develop technology and safety regimes for the quality indicators of raw materials and finished products (malting barley, malt, fruits, vegetables, dried fruits) at processing plants of the Belgospishcheprom Concern with the aim of increasing shelf life”], Minsk, RUP «BelNII pishchevykh produktov» 2004. — 51 s. (in Russian).

Информация об авторах

Куликов Алексей Валентинович — кандидат технических наук, и.о. начальника отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Литвинчук Александр Аркадьевич — кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Данилюк Александр Сергеевич — младший научный сотрудник отдела новых технологий и техники РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по продовольствию» (ул. Козлова 29, 220037, г. Минск, Республика Беларусь). E-mail: newteh@belproduct.com

Купин Григорий Анатольевич — кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник, заведующий отделом хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ул. Тополиная аллея, 2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: griga_77@mail.ru

Свердличенко Анастасия Валерьевна — кандидат технических наук, старший научный сотрудник, отдела хранения и комплексной переработки сельскохозяйственного сырья «Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции» — филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (ул. Тополиная аллея, д.2, 350072, г. Краснодар, Российская Федерация). E-mail: griga_77@mail.ru

Information about authors

Kulikou Alexey V. — candidate of technical sciences, acting Head of the Department of New Technologies and Techniques of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: ont_i_t@mail.ru

Litvinchuk Alexander A. — candidate of technical sciences, senior researcher of the department of new technologies and equipment of the Republican Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

Danilyuk Alexander S. — Junior Researcher at the Department of New Technologies and Techniques of the Republican Unitary Enterprise “Scientific and Practical Center of the National Academy of Sciences of Belarus for Food” (Kozlova St., 29, 220037, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: newteh@belproduct.com

Kupin Grigory Anatolyevich — candidate of technical sciences, leading researcher, head of the Department for Storage and Integrated Processing of Agricultural Raw Materials «Krasnodar Scientific Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products» — a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, winemaking» (str. Topolinaya Alleya, 2, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: griga_77@mail.ru

Sverdlichenko Anastasia V. — candidate of technical sciences, senior researcher of the Department for Storage and Integrated Processing of Agricultural Raw Materials «Krasnodar Scientific Research Institute for Storage and Processing of Agricultural Products» — a branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution «North Caucasian Federal Scientific Center for Horticulture, Viticulture, winemaking» (str. Topolinaya Alleya, d. 2, Krasnodar, Russian Federation). E-mail: griga_77@mail.ru