

УДК 664.8.03

UDC 664.8.03

DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-287-296

DOI 10.30679/2219-5335-2021-2-68-287-296

**ВЛИЯНИЕ
ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ПОЛЕЙ
КРАЙНЕ НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ
НА СОДЕРЖАНИЕ ВОДЫ,
КЛЕТЧАТКИ, РАСТВОРИМЫХ
УГЛЕВОДОВ, БЕЛКА
И ВИТАМИНА С
В ЦВЕТНОЙ КАПУСТЕ
ПРИ ХРАНЕНИИ**

**INFLUENCE OF EXTREMELY
LOW FREQUENCY
ELECTROMAGNETIC FIELDS
THE CONTENT OF WATER,
FIBER, SOLUBLE
CARBOHYDRATES, PROTEIN
AND VITAMIN C
IN CAULIFLOWER
DURING STORAGE**

Першакова Татьяна Викторовна
д-р техн. наук, доцент
вед. научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: 7999997@inbox.ru

Pershakova Tatyana Viktorovna
Dr. Sci. Tech., Docent
Leading Research Associate
of Storage and Complex
Processing of Agricultural
Raw Materials Department
e-mail: 7999997@inbox.ru

Купин Григорий Анатольевич
канд. техн. наук
старший научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья
e-mail: griga_77@mail.ru

Kupin Grigoriy Anatolievich
Cand. Tech. Sci.
Senior Research Associate
of Storage and Complex
Processing of Agricultural
Raw Materials Department
e-mail: griga_77@mail.ru

Горлов Сергей Михайлович
канд. техн. наук, доцент
ст. научный сотрудник
первый заместитель
директора СКФНЦСВВ

Gorlov Sergey Mikhailovich
Cand. Tech. Sci., Docent
Senior Research Associate
First Deputy
Director of NCFSCHVW

Тягущева Анна Анатольевна
мл. научный сотрудник
отдела контроля качества
и стандартизации

Tiagushcheva Anna Anatolievna
Junior Research Associate
of Quality Control
and Standardization Department

Алёшин Владимир Николаевич
канд. техн. наук
ст. научный сотрудник
отдела хранения
и комплексной переработки
сельскохозяйственного сырья

Aleshin Vladimir Nikolaevich
Cand. Tech. Sci.
Senior Researchr Associate
of Storage and Complex
Processing of Agricultural
Raw Materials Department

Краснодарский научно-исследовательский институт хранения и переработки сельскохозяйственной продукции – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия», Краснодар, Россия

Krasnodar Research Institute of Agricultural Product Storage and Processing – Branch of Federal State Budgetary Scientific Institution «North-Caucasus Federal Scientific Center of Horticulture, Viticulture, Wine-making», Krasnodar, Russia

Одной из важнейших овощных культур в России является капуста огородная, включающая в себя ряд разновидностей, в том числе капусту цветную. Содержание в капусте витамина С, углеводов, белков, кислот и минеральных веществ обуславливает её ценность как пищевого продукта. В настоящее время одним из направлений исследований, имеющих целью разработку новых эффективных, экономичных и экологически безопасных технологий хранения растительного сочного сырья, является применение различных видов физической обработки, включая электромагнитные поля. В данной статье представлены результаты изучения влияния электромагнитных полей крайне низкой частоты на содержание воды, клетчатки, растворимых углеводов (сахара и крахмал), белка и витамина С в цветной капусте сорта Ардент при хранении. Объекты исследования были обработаны электромагнитным полем (25 Гц, 10 мТл, 30 мин) на лабораторной экспериментальной установке и хранились в течение трех недель при температуре $4\pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $75\pm 3\%$. Установлено, что по сравнению с контролем обработка ЭМП КНЧ цветной капусты приводит к несколько более активной потере воды, а также сопровождается снижением массовой доли целлюлозы, в среднем на 5,3 % и увеличением массовой доли растворимых углеводов на 18,1 %, белка на 4,6 % и витамина С на 14,4 % в процессе хранения. Изучение закономерностей влияния обработки растительного сочного сырья

One of the most important vegetable crops in Russia is cabbage, which includes a number of varieties, including cauliflower. The content of vitamin C, carbohydrates, proteins, acids and minerals in cabbage determines its value as a food product. Currently, one of the areas of research aimed at developing new effective, economical and environmentally friendly technologies for storing vegetable juicy raw materials is the use of various types of physical treatment, including electromagnetic fields. This article presents the results of studying the influence of extremely low frequency electromagnetic fields the content of water, fiber, soluble carbohydrates (sugars and starch), protein and vitamin C in the cauliflower cultivar of Ardent during storage. The objects of research were treated with an electromagnetic field (25 Hz, 10mT, 30 min) in a laboratory experimental setup and were stored for three weeks at a temperature of $4\pm 1^\circ\text{C}$ and air relative humidity of $75\pm 3\%$. It was found that, in comparison with the control, the ELF EMF treatment of cauliflower leads to a slightly more active loss of water, and is also accompanied by a decrease in the mass fraction of cellulose by an average of 5.3 % and an increase in the mass fraction of soluble carbohydrates by 18.1 %, protein by 4.6 % and vitamin C by 14.4 % during storage. The study of the regularities of the influence of the treatment of vegetable juicy raw materials with electromagnetic fields

электромагнитными полями крайне низких частот на биохимический состав продукции растениеводства может позволить разработать новые способы хранения.

of extremely low frequencies on the biochemical composition can make it possible to develop new storage methods.

Ключевые слова: КАПУСТА ЦВЕТНАЯ, ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫЕ ПОЛЯ КРАЙНЕ НИЗКИХ ЧАСТОТ, РАСТВОРИМЫЕ УГЛЕВОДЫ, КЛЕТЧАТКА, БЕЛОК, ВИТАМИН С

Key words: CAULIFLOWER, ELECTROMAGNETIC FIELDS OF EXTREMELY LOW FREQUENCY, SOLUBLE CARBOHYDRATES, FIBER, PROTEIN, VITAMIN C

Введение. Одной из важнейших овощных культур в России является капуста огородная, включающая в себя ряд разновидностей (кочанная, цветная, брокколи, брюссельская, кольраби, листовая). Валовые сборы капусты всех видов в хозяйствах всех категорий в 2019 году были больше, чем у любой другой овощной культуры (данные Федеральной службы государственной статистики): 2646 тысяч тонн, что составило 21,88 % от общих сборов овощей открытого грунта (12091 тысяч тонн). Посевные площади, занимаемые капустой всех видов, также были существенными и составили 76 тысяч гектаров или 14,70 % от посевных площадей овощей открытого грунта (517 тысяч гектаров) [1].

Содержание в капусте витамина С, углеводов, белков, кислот и минеральных веществ обуславливает её ценность как пищевого продукта. Известно множество способов употребления капусты в пищу, в том числе в сыром, варёном, жареном, тушёном, квашеном, маринованном и сушёном виде.

В настоящее время многими исследователями ведутся работы, направленные на разработку новых эффективных, экономичных и экологически безопасных технологий хранения растительного сочного сырья, в том числе и капусты, которые бы позволили увеличить масштабы их производства и переработки [2, 3].

Одним из направлений таких исследований является применение различных видов физической обработки, среди которых электромагнитные поля крайне низкой частоты [4-6]. Такая обработка способна повышать

устойчивость растительного сырья при хранении (индуцировать резистентность) за счёт увеличения активности защитных ферментов и накопления антимикробных веществ [7-13]. При этом также представляет интерес изучение влияния электромагнитных полей на биохимический состав сырья с точки зрения сохранения пищевой ценности [14-16].

Целью данной работы являлось изучение влияния электромагнитных полей крайне низкой частоты (ЭМП КНЧ) на содержание воды, клетчатки, растворимых углеводов, белка и витамина С в цветной капусте при хранении.

Объекты и методы исследований. В качестве объектов исследования использовали головки (соцветия) цветной капусты сорта Ардент, которые были обработаны ЭМП КНЧ (25 Гц, 10 мТл, 30 мин) на лабораторной экспериментальной установке и хранились в течение трех недель при температуре $4\pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $75\pm 3\%$. Контроль обработке не подвергали. Массовую долю воды определяли термогравиметрическим методом [17], общего белка – методом Кьельдаля [18], целлюлозы – с применением метода Кюршнера и Ганека [19], витамина С и растворимых углеводов (сахара и крахмал) – по А.И. Бурштейну [20].

Повторность проведения экспериментальных исследований – трёхкратная (статистическую значимость оценивали на уровне $P = 0,05$). Математическую обработку полученных данных проводили методом описательной статистики и дисперсионного анализа с использованием пакетов программ Microsoft Excel и Statistica.

Обсуждение результатов. На рисунках 1-5 представлено изменение массовой доли воды, целлюлозы, растворимых углеводов (сахара и крахмал), белка и витамина С в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ.

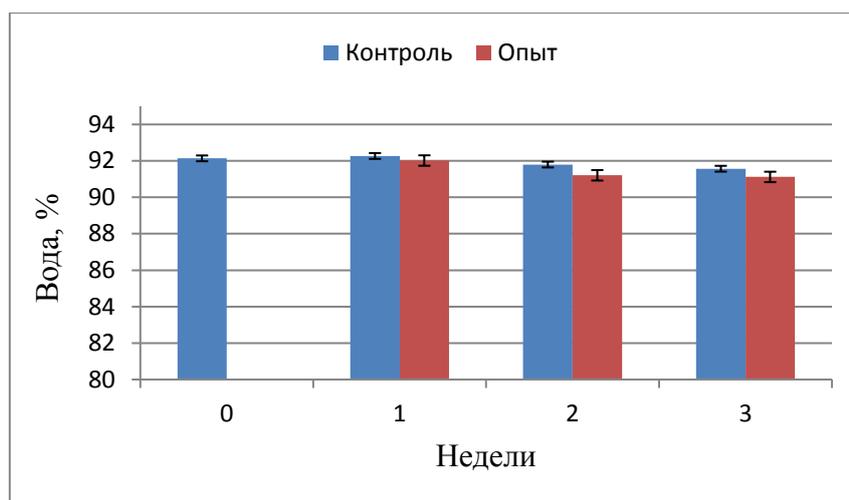


Рис. 1. Изменение массовой доли воды в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ

Как следует из представленных на рисунке 1 данных, при хранении цветной капусты при температуре $4\pm 1^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $75\pm 3\%$ в течение первой недели содержание воды не изменяется. В дальнейшем наблюдается постепенное снижение количества воды как в образцах без обработки, так и обработанных ЭМП КНЧ. При этом потеря воды в обработанных объектах исследования превосходит потерю воды в контроле. Так, через 2 недели хранения содержание воды снизилось в среднем на 0,4 % в образцах без обработки и на 1,0 % в обработанных образцах, а через 3 недели хранения – на 0,6 % в образцах без обработки и на 1,1 % в обработанных образцах. Наиболее вероятно, что это является следствием активизации биохимических процессов под действием ЭМП КНЧ, в том числе дыхания.

Из представленных на рисунке 2 данных следует, что массовая доля целлюлозы в цветной капусте при хранении снижалась как в образцах без обработки (на 4,2 % через 3 недели), так и в обработанных ЭМП КНЧ (на 9,9 % через 3 недели). При этом массовая доля целлюлозы в обработанных образцах была ниже, чем в контрольных, на протяжении всего эксперимента (в среднем на 5,3 %).

Изменение массовой доли растворимых углеводов (сахара и крахмал) в объектах исследования представлено на рисунке 3. Из полученных данных

следует, что данный показатель оставался стабильным в объектах исследования в течение всего срока хранения. При этом в образцах, обработанных ЭМП КНЧ, массовая доля растворимых углеводов была выше в среднем на 18,1 %.

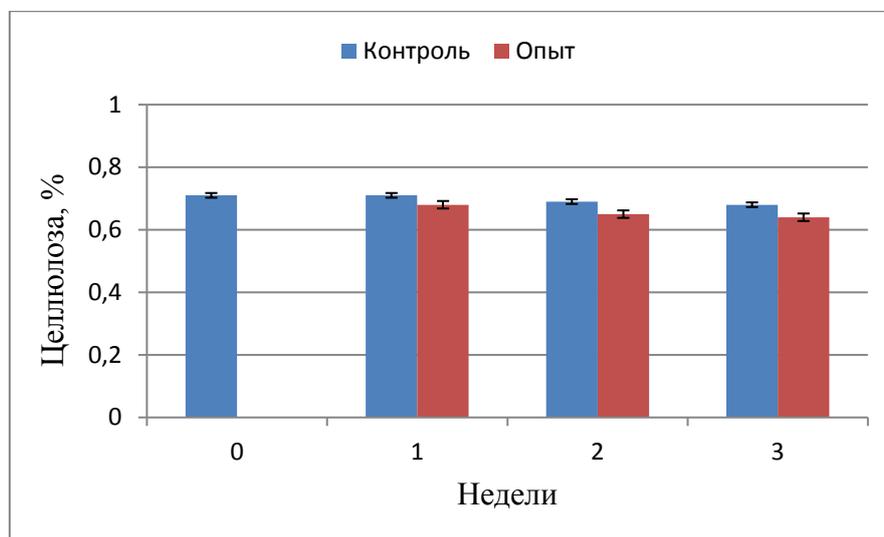


Рис. 2. Изменение массовой доли целлюлозы в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ

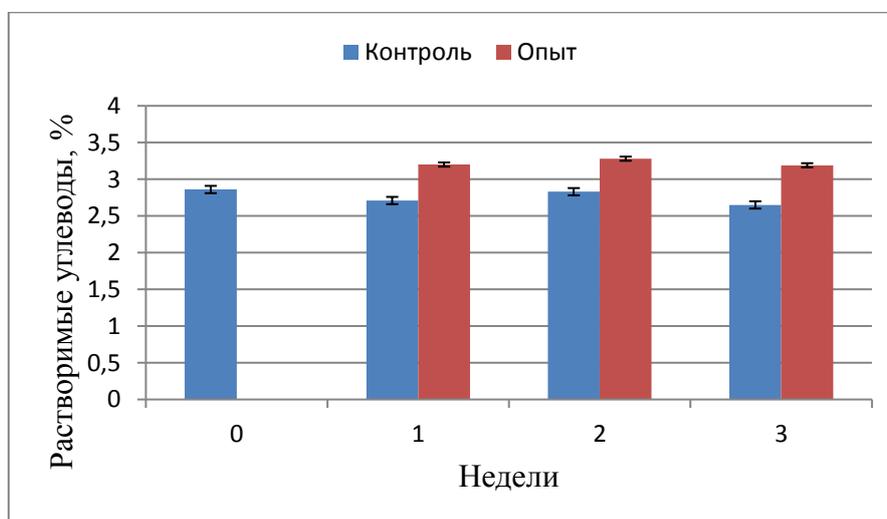


Рис. 3. Изменение массовой доли растворимых углеводов в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ

Как следует из представленных на рисунке 4 данных, массовая доля белка в объектах исследования также не изменялась существенным обра-

зом в процессе хранения. Но в образцах, обработанных ЭМП КНЧ, массовая доля белка была выше, чем в контроле, в среднем на 4,6 % в течение всего эксперимента.

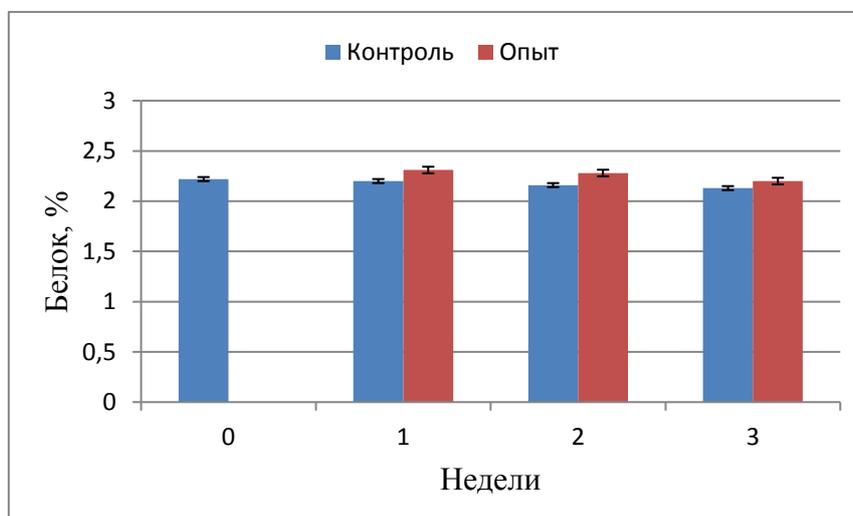


Рис. 4. Изменение массовой доли белка в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ

Массовая доля витамина С в образцах без обработки снизилась на 6 % через три недели хранения (рис. 5). Обработка же ЭМП КНЧ привела к увеличению данного показателя по сравнению с контролем в среднем на 14,4 %, и даже через три недели хранения массовая доля витамина С осталась в обработанных образцах выше исходного значения на 7,5 %.

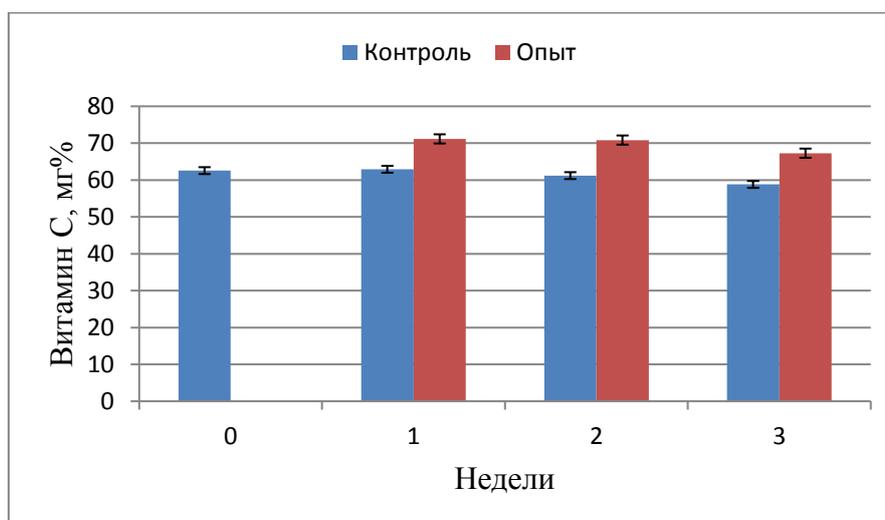


Рис. 5. Изменение массовой доли витамина С в цветной капусте при хранении без обработки и после обработки ЭМП КНЧ

Выводы. Получены экспериментальные данные о влиянии электромагнитных полей крайне низкой частоты на содержание воды, клетчатки, растворимых углеводов, белка и витамина С в цветной капусте при хранении. Установлено, что по сравнению с контролем обработка ЭМП КНЧ цветной капусты приводит к несколько более активной потере воды, а также сопровождается снижением массовой доли целлюлозы в среднем на 5,3 % и увеличением массовой доли растворимых углеводов на 18,1 %, белка на 4,6 % и витамина С на 14,4 % в процессе хранения.

Изучение закономерностей влияния обработки растительного сочного сырья электромагнитными полями крайне низких частот на биохимический состав может позволить разработать новые способы хранения продукции растениеводства.

Литература

1. Федеральная служба государственной статистики [Электронный ресурс] / URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (дата обращения 26.01.21).
2. Romanazzi, G., et al, 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 122, 82-94.
3. Алёшин В.Н., Першакова Т.В., Купин Г.А. Контроль заболеваний растений за счет индуцированной резистентности с помощью некоторых химических веществ и биоагентов [Электронный ресурс] // Плодоводство и виноградарство Юга России. 2018. № 53(5). С. 115-145. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/05/11.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-115-145 (дата обращения: 15.03.2021).
4. Usall, J., et al, 2016. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 122, 30-40.
5. Ojaghian, M. R., et al, 2017. Efficacy of UV-C radiation in inducing systemic acquired resistance against storage carrot rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Postharvest Biology and Technology* 130, 94-102.
6. Terao, D. et al., 2017. Physical postharvest treatments combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold. *Scientia Horticulturae* 224 (2017), 317-323.
7. Влияние электромагнитных полей крайне низких и сверхнизких частот и био-препарата Витаплан на активность пероксидазы, полифенолоксидазы и содержание полифенольных веществ в яблоках в процессе хранения. / С.М. Горлов [и др.] // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. 2020. № 1. С. 59-69.
8. Hashmi, M. S., East, A. R., Palmer, J. S., Heyes, J. A., 2013. Hypobaric treatment stimulates defence-related enzymes in strawberry. *Postharvest Biol. Technol.* 85, 77-82.
9. Nigro, F., Ippolito, A., Lattanzio, V., Di Venere, D., Salerno, M., 2000. Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *J. Plant Pathol.* 82, 29-37.

10. Romanazzi, G., Mlikota Gabler, F., Smilanick, J.L., 2006. Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Dis.* 90, 445-450.

11. Spadoni, A., Guidarelli, M., Sanzani, S.M., Ippolito, A., Mari, M., 2014. Influence of hot water treatment on brown rot of peach and rapid fruit response to heat stress. *Postharvest Biol. Technol.* 94, 66–73.

12. Sisquella, M., Casals, C., Picouet, P., Viñas, I., Torres, R., Usall, J., 2013. Immersion of fruit in water to improve radio frequency treatment to control brown rot in stone fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 80, 31–36.

13. Sisquella, M., Viñas, I., Picouet, P., Torres, R., Usall, J., 2014. Effect of host and *Monilinia* spp: variables on the efficacy of radio frequency treatment on peaches. *Postharvest Biol. Technol.* 87, 6–12.

14. Исследование влияния электромагнитных полей крайне низких частот на потери сухих и биологически активных веществ корнеплодов моркови в процессе хранения / Панасенко Е.Ю. [и др.] // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов.* 2018. № 4. С. 67-71.

15. Исследование влияния электромагнитных полей крайне низких частот на потери сухих и биологически активных веществ корнеплодов свеклы столовой в процессе хранения / Алёшин В.Н. [и др.] // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ).* 2018. №138 (04). С. 11-17.

16. Влияние способа обработки перед хранением и параметров хранения на содержание общих сахаров в корнеплодах моркови и свёклы столовой / Е.Ю. Панасенко [и др.] // *Международный журнал гуманитарных и естественных наук.* 2019. № 3-1. С. 146-150.

17. ГОСТ 28561-90. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения сухих веществ или влаги. Введ. 30.06.91. М.: Стандартинформ, 2011. 11 с.

18. Методы биохимического исследования растений: учебник. 3-е изд., перераб. и доп. / А.И. Ермаков [и др.]. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.

19. Арасимович В.В., Балтага С.В., Пономарев Н.П. Методы анализа пектиновых веществ, гемицеллюлоз и пектолитических ферментов в фруктах. Кишинев: АН Молд. ССР, 1970. 84 с.

20. Бурштейн, А.И. Методы исследования пищевых продуктов. К.: Госмедиздат УССР, 1963. 643 с.

References

1. Federal'naya sluzhba gosudarstvennoj statistiki [Elektronnyj resurs] / URL: https://rosstat.gov.ru/enterprise_economy (data obrashcheniya 26.01.21).

2. Romanazzi, G., et al, 2016. Induced resistance to control postharvest decay of fruit and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 122, 82-94.

3. Alyoshin V.N., Pershakova T.V., Kupin G.A. Kontrol' zabolevanij rastenij za schet inducirovannoj rezistentnosti s pomoshch'yu nekotoryh himicheskikh veshchestv i bioagentov [Elektronnyj resurs] // *Plodovodstvo i vinogradarstvo Yuga Rossii.* 2018. № 53(5). S. 115-145. URL: <http://journalkubansad.ru/pdf/18/05/11.pdf>. DOI: 10.30679/2219-5335-2018-5-53-115-145 (data obrashcheniya: 15.03.2021).

4. Usall, J., et al, 2016. Physical treatments to control postharvest diseases of fresh fruits and vegetables. *Postharvest Biol. Technol.* 122, 30-40.

5. Ojaghian, M. R., et al, 2017. Efficacy of UV-C radiation in inducing systemic acquired resistance against storage carrot rot caused by *Sclerotinia sclerotiorum*. *Postharvest Biology and Technology* 130, 94-102.

6. Terao, D. et al., 2017. Physical postharvest treatments combined with antagonistic yeast on the control of orange green mold. *Scientia Horticulturae* 224 (2017), 317-323.

7. Vliyanie elektromagnitnyh polej krajne nizkih i sverhnizkih chastot i biopreparata Vitaplan na aktivnost' peroksidazy, polifenoloksidazy i sodержanie polifenol'nyh veshchestv v yablokah v processe hraneniya. / S.M. Gorlov [i dr.] // *Tekhnologii pishchevoj i pererabatyvayushchej promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya*. 2020. № 1. S. 59-69.

8. Hashmi, M. S., East, A. R., Palmer, J. S., Heyes, J. A., 2013. Hypobaric treatment stimulates defencereleted enzymes in strawberry. *Postharvest Biol. Technol.* 85, 7-82.

9. Nigro, F., Ippolito, A., Lattanzio, V., Di Venere, D., Salerno, M., 2000. Effect of ultraviolet-C light on postharvest decay of strawberry. *J. Plant Pathol.* 82, 29–37.

10. Romanazzi, G., Mlikota Gabler, F., Smilanick, J.L., 2006. Preharvest chitosan and postharvest UV irradiation treatments suppress gray mold of table grapes. *Plant Dis.* 90, 445-450.

11. Spadoni, A., Guidarelli, M., Sanzani, S.M., Ippolito, A., Mari, M., 2014. Influence of hot water treatment on brown rot of peach and rapid fruit response to heat stress. *Postharvest Biol. Technol.* 94, 66-73.

12. Sisquella, M., Casals, C., Picouet, P., Viñas, I., Torres, R., Usall, J., 2013. Immersion of fruit in water to improve radio frequency treatment to control brown rot in stone fruit. *Postharvest Biol. Technol.* 80, 31–36.

13. Sisquella, M., Viñas, I., Picouet, P., Torres, R., Usall, J., 2014. Effect of host and *Monilinia* spp: variables on the efficacy of radio frequency treatment on peaches. *Postharvest Biol. Technol.* 87, 6-12.

14. Issledovanie vliyaniya elektromagnitnyh polej krajne nizkih chastot na poteri suhikh i biologicheskii aktivnyh veshchestv korneplodov morkovi v processe hraneniya / E.Yu. Panasenko [i dr.] // *Tekhnologiya i tovarovedenie innovacionnyh pishchevyh produktov*. 2018. № 4. S. 67-71.

15. Issledovanie vliyaniya elektromagnitnyh polej krajne nizkih chastot na poteri suhikh i biologicheskii aktivnyh veshchestv korneplodov svekly stolovoj v processe hraneniya / Alyoshin V.N. [i dr.] // *Politematicheskij setevoy elektronnyj nauchnyj zhurnal Kubanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta (Nauchnyj zhurnal KubGAU)*. 2018. №138 (04). S. 11-17.

16. Vliyanie sposoba obrabotki pered hraneniem i parametrov hraneniya na sodержanie obshchih saharov v korneplodah morkovi i svyokly stolovoj / E.Yu. Panasenko [i dr.] // *Mezhdunarodnyj zhurnal gumanitarnyh i estestvennyh nauk*. 2019. № 3-1. S. 146-150.

17. GOST 28561-90. Produkty pererabotki plodov i ovoshchej. Metody opredeleniya suhikh veshchestv ili vlagi. Vved. 30.06.91. M.: Standartinform, 2011. 11 s.

18. Metody biohimicheskogo issledovaniya rastenij: uchebnyk. 3-e izd., pererab. i dop. / A.I. Ermakov [i dr.]. L.: Agropromizdat, 1987. 430 s.

19. Arasimovich V.V., Baltaga S.V., Ponomarev N.P. Metody analiza pektinovyh veshchestv, gemicellyuloz i pektoliticheskikh fermentov v fruktah. Kishinev: AN Mold. SSR, 1970. 84 s.

20. Burshtejn, A.I. Metody issledovaniya pishchevyh produktov. K.: Gosmedizdat USSR, 1963. 643 s.