

Галина Александровна Демиденко

Красноярский государственный аграрный университет, заведующий кафедрой ландшафтной архитектуры и ботаники, доктор биологических наук, профессор, Красноярск, Россия

E-mail: demidenkoechos@mail.ru

Сергей Витальевич Хижняк

Красноярский государственный аграрный университет, профессор кафедры экологии и природопользования, доктор биологических наук, Красноярск, Россия

E-mail: skhizhnyak@mail.ru

**ТЕХНОЛОГИЯ СТАБИЛИЗАЦИИ СОДЕРЖАНИЯ САХАРОВ И КРАХМАЛА
В КЛУБНЯХ КАРТОФЕЛЯ ПРИ ХРАНЕНИИ В КАРТОФЕЛЕХРАНИЛИЩАХ
С РАЗНЫМИ ТИПАМИ ВЕНТИЛЯЦИИ**

Цель исследования – изучить изменение количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля в условиях хранения в гуртах в середине срока хранения в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенного естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения) и активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения) с применением технологии стабилизации. Результаты исследования показывают увеличение этих биологически активных веществ. При разных типах хранения наблюдается повышение содержания сахаров и крахмала. Этот процесс связан с тем, что клубни картофеля, хранящиеся в гуртах в середине срока хранения, начинают «греться», а между ними появляется влажность и создаются условия для их прорастания. Это отражается на увеличении содержания сахаров и крахмала в клубнях картофеля и может послужить причиной ухудшения их качества. При 1-м типе хранения возможно сохранение количества сахаров (1,7–1,5 %) за весь период хранения клубней картофеля при использовании технологии стабилизации. Количество крахмала при хранении клубней картофеля в течение 0–100 сут снижается до 3,5 %. Затем наблюдается повышение сахаров до 4,1 % в период 90–200 сут хранения и крахмала до 9,2 % в период 100–220 сут хранения, в связи с тем, что при хранении в гуртах в середине срока хранения клубни картофеля «греются». При 2-м типе хранения период повышения количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля в гуртах в середине срока хранения приходится на период 90–190 сут хранения. Технология стабилизации в середине срока хранения клубней картофеля в гуртах предусматривает снижение температуры хранения до 1 °С и применение режима активного проветривания для просыхания клубней картофеля.

Ключевые слова: технология, стабилизация, хранение, типы хранения, клубни картофеля, количество сахаров, количество крахмала.

Galina A. Demidenko

Krasnoyarsk State Agrarian University, Head of the Department of Landscape Architecture and Botany, Doctor of Biological Sciences, Professor, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: demidenkoechos@mail.ru

Sergey V. Khizhnyak

Krasnoyarsk State Agrarian University, Professor at the Department of Ecology and Nature Management, Doctor of Biological Sciences, Krasnoyarsk, Russia

E-mail: skhizhnyak@mail.ru

SUGAR AND STARCH CONTENT STABILIZATION TECHNOLOGY IN POTATO TUBERS WHEN STORED IN POTATO STORAGE WITH DIFFERENT VENTILATION TYPES

The aim of research is to study the change in the amount of sugars and starch in potato tubers under storage conditions in herds in the middle of the storage period in a buried potato storage facility, equipped with natural supply and exhaust ventilation (storage type 1) and active (forced) ventilation with artificial cooling (2 type of storage) using stabilization technology. The research results show an increase in these biologically active substances. With different types of storage, an increase in the content of sugars and starch is observed. This process is due to the fact that potato tubers stored in herds in the middle of the storage period begin to "warm up", and moisture appears between them and conditions are created for their germination. This is reflected in an increase in the content of sugars and starch in potato tubers and may cause deterioration in their quality. With the 1st type of storage, it is possible to preserve the amount of sugars (1.7–1.5 %) for the entire period of storage of potato tubers using the stabilization technology. The amount of starch during storage of potato tubers for 0–100 days decreases to 3.5 %. Then there is an increase in sugars to 4.1 % in the period of 90–200 days of storage and starch to 9.2 % in the period of 100–220 days of storage, due to the fact that when stored in herds in the middle of the shelf life, the potato tubers are "heated". With the 2nd type of storage, the period of increase in the amount of sugars and starch in potato tubers in herds in the middle of the storage period falls on the period of 90–190 days of storage. The technology of stabilization in the middle of the storage period of potato tubers in herds provides for a decrease in the storage temperature to 1 °C and the use of an active ventilation mode to dry out potato tubers.

Keywords: *technology, stabilization, storage, types of storage, potato tubers, amount of sugars, amount of starch.*

Введение. Рацион использования человеком овощей, как и других продуктов питания, предполагает потребление качественного сырья в течение года. Картофель является одним из распространенных продуктом питания во всем мире [1]. Сахара и крахмал относятся к группе гликемических углеводов, снабжающих глюкозой клетки человека и животных [2–7]. Стабилизация содержания сахаров и крахмала в клубнях картофеля в течение срока хранения – актуальная проблема.

Оптимальное содержание этих биологически активных веществ в клубнях картофеля при хранении влияет на вкусовые качества клубней и обеспечивает их сохранность [8–11]. Для переработки клубней картофеля на продукты питания качество клубней имеет большое значение.

Клубни картофеля приобретают сладковатый привкус при условии приближения температуры хранения к 0 °C. Сладкий вкус исчезнет, если выдержать клубни картофеля в тепле некоторое время. Повышение содержания крахмала и сахаров в клубнях картофеля в середине срока их хранения ухудшает качество получаемых пищевых продуктов, в том числе кулинарные свойства картофеля [12, 13]. При изменении условий хранения одновременно происходят с разной скоростью реакции превращения крахмала и сахаров, основные из которых «крахмал → сахар» и «сахар → крахмал».

Цель исследования: изучить изменение количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля в условиях хранения в гуртах в середине срока хранения в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенное естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения) и активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения) с применением технологии стабилизации.

Задачи исследования: сравнительное определение количества сахаров и крахмала в течение срока хранения в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенное естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения) и активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения); применение технологии стабилизации содержания сахаров и крахмала в клубнях картофеля в середине срока хранения в картофелехранилищах с разными типами вентиляции.

Объекты и методы исследования. Исследование выполнено в Инновационной лаборатории «Экологический мониторинг сельскохозяйственных и лесных культур» ФГБОУ ВО Красноярский ГАУ.

Объект исследования – клубни картофеля сорта Колпашевский в условиях срока хранения в гуртах картофелехранилища заглубленного типа, оснащенного естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения) и ак-

тивной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения) [11].

Метод агроэкологического мониторинга позволяет получить комплексные фактические данные состояния продукции растениеводства при всем сроке ее хранения. Цианидный метод исследования количества сахаров основан на процессе окисления редуцирующих сахаров. Определение крахмала в картофеле поляриметрическим методом (модифицированным методом Эверса) основано на гидролизе крахмала соляной кислотой до глюкозы и определении оптической активности раствора [14, 15, 19].

Двухфакторный дисперсионный анализ использован для статистической обработки результатов исследования [16, 17]. Для аппроксимации сложных зависимостей использованы полиномы 3-й степени с числом коэффициентов, равным числу экспериментальных точек. Зависимость

носит сложный характер и адекватно может быть описана только полиномом 3-й степени. На графиках представлены четыре несопадающие экспериментальные точки, а полином 3-й степени всегда «идеально пройдет» через эти несопадающие точки. Это обеспечивает полное совпадение теоретических и экспериментальных значений на исследуемом интервале [17, 18].

Результаты исследования и их обсуждение 1-й тип хранения. Хранение картофеля в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенном естественной приточно-вытяжной вентиляцией

При хранении клубней картофеля в гуртах в картофелехранилищах (в середине срока хранения) наблюдается повышение температуры, приводящее к увеличению количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля (табл. 1, рис. 1, 2).

Таблица 1

Количество сахаров и крахмала в клубнях картофеля в середине срока хранения в гуртах при использовании естественной приточно-вытяжной вентиляции (1-й тип хранения)

Условия хранения					
Температура, °С	Влажность, %	Температура, °С	Влажность, %	Температура, °С	Влажность, %
2,0	90–92	2,0	90	2,0	90–95
Срок хранения, сут					
0–90		90–200		200–270	
Количество сахаров, %					
1,7		4,1		1,5	
Срок хранения, сут					
0–100		100–220		220–270	
Количество крахмала, %					
18,4		9,7		3,9	

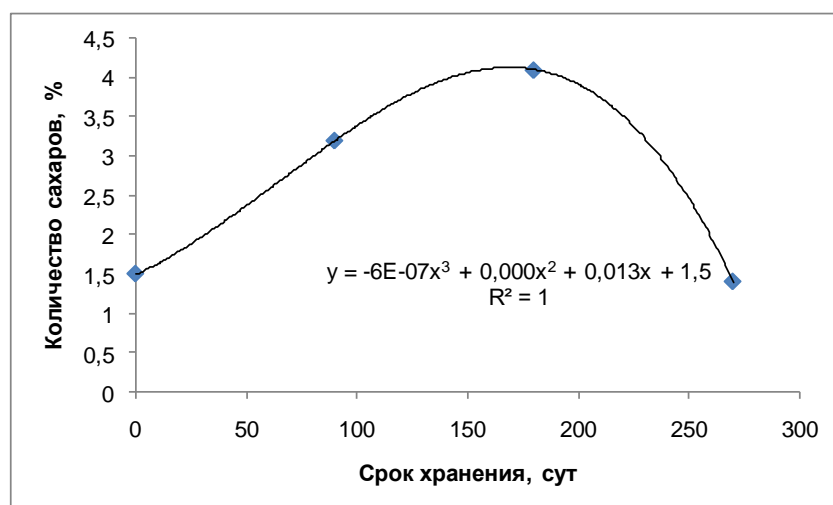


Рис. 1. Количество сахаров, %, в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенном естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения)

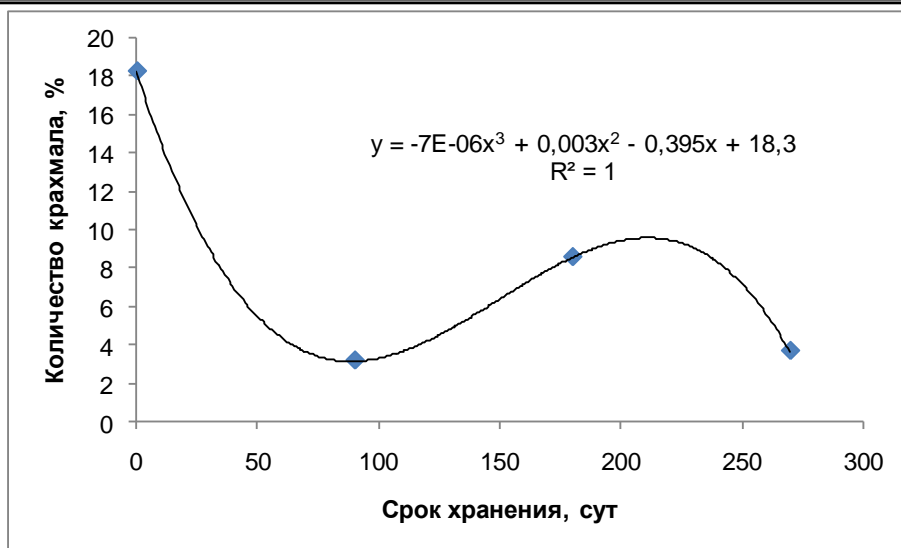


Рис. 2. Количество крахмала, %, в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенном естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения)

Анализ таблицы 1 и рисунков 1, 2 показал, что в середине срока хранения клубней картофеля в картофелехранилище заглубленного типа, оснащенном естественной приточно-вытяжной вентиляцией, наблюдается увеличение количество сахаров и крахмала. Повышение сахаров до 4,1 % в период 90–200 сут хранения и крахмала до 9,7 % в период 100–220 сут хранения связано с тем, что картофель в гуртах начинает «греться». Между клубнями появляется влажность, и картофель начинает прорастать.

2-й тип хранения. Хранение картофеля в картофелехранилище заглубленного типа,

оснащенном активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением при использовании технологии стабилизации

Технология стабилизации количества сахаров и крахмала предусматривает в такой период хранения снижение температуры хранения до 1 °С и применение режима активного проветривания для просыхания клубней картофеля. Применение технологии стабилизации позволяет нормализовать количество сахаров и крахмала и обеспечить дальнейшее хранение продукции (табл. 2).

Таблица 2

Количество сахаров и крахмала в клубнях картофеля в середине срока хранения в гуртах картофелехранилища, оснащенном активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением при использовании технологии стабилизации (2-й тип хранения)

Условия хранения					
Температура, °С	Влажность, %	Температура, °С	Влажность, %	Температура, °С	Влажность, %
2,0	90–92	1,0	85	2,0	90–95
Срок хранения, сут					
0–90		90–200		200–270	
Количество сахаров, %					
1,7		1,6		1,5	
Срок хранения, сут					
0–100		100–220		220–270	
Количество крахмала, %					
18,4		14,2		14,0	

В картофелехранилищах (в середине срока хранения) при 2-м типе хранения, аналогично с 1-м типом хранения, наблюдается повышение

температуры в гурте, приводящее к увеличению количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля (рис. 3, 4).

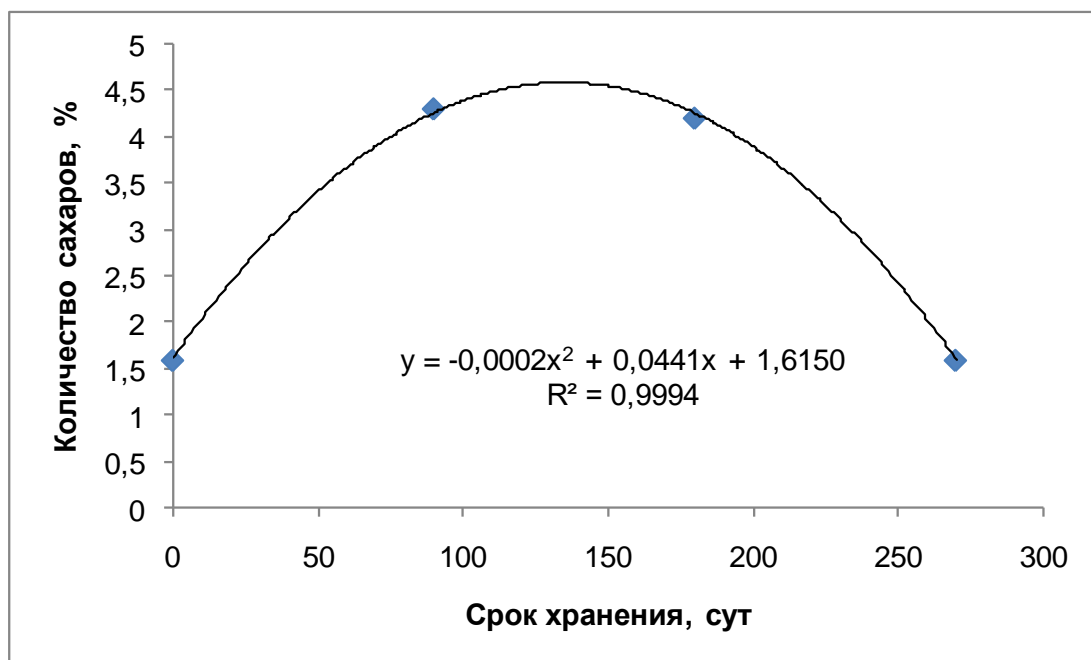


Рис. 3. Количество сахаров, %, в картофелехранилище заглибленного типа оснащенного активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения)

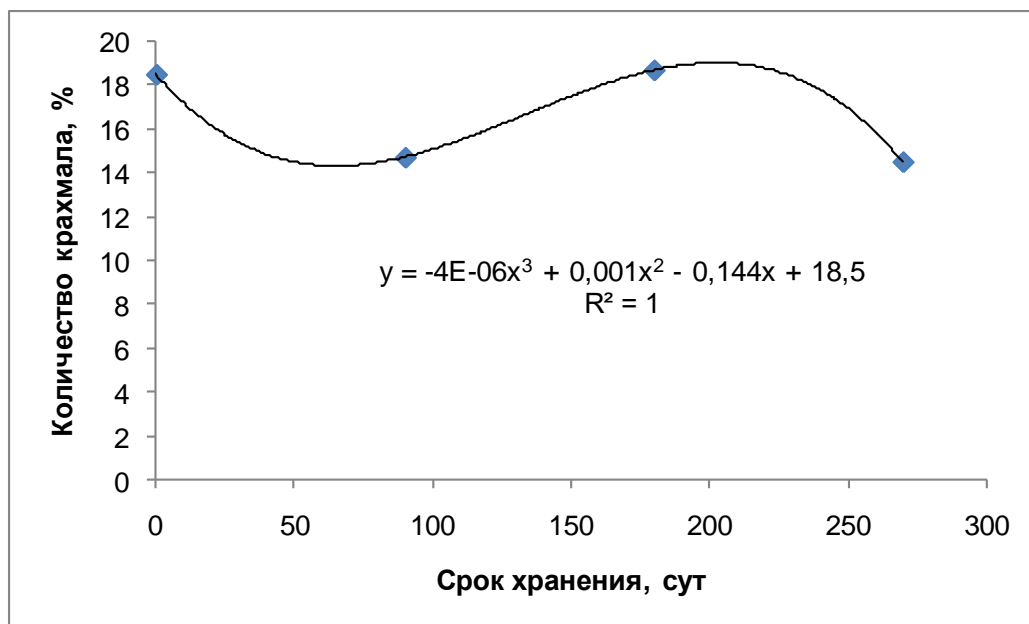


Рис. 4. Количество крахмала, %, в картофелехранилище заглибленного типа, оснащенного активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения)

Анализ таблицы 2 и рисунков 3, 4 показал, что при 2-м типе хранения обеспечивается возможность сохранения количества сахаров (1,7–1,5 %) за весь период хранения клубней картофеля при использовании технологии стабилизации.

Количество крахмала при хранении клубней картофеля в течение 0–100 сут хранения снижается до 14,2 %. Затем наблюдается увеличение количества крахмала до 18,2 %, в связи с тем, что при хранении в гуртах в середине срока хранения клубни картофеля «греются». В этот период применение технологии стабилизации (снижение температуры хранения до 1 °С и применение режима активного проветривания для снижения влажности) позволяет замедлить процесс и сохранить клубни картофеля до конца срока хранения.

При 2-м типе хранения период повышения количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля в гуртах в середине срока хранения приходится на 90–190 сут хранения. Применение технологии стабилизации позволяет снизить количество сахаров и крахмала в клубнях картофеля, предотвратить прорастание и сохранить качество продукции.

При хранении в гуртах в клубнях картофеля изменяется содержание сахаров и крахмала. В них, в отличие от многих плодов и овощей, как сахар переходит в крахмал, так и крахмал переходит в сахар. Интенсивность процессов перехода «сахара → крахмал» и обратно зависит от температуры хранения клубней картофеля и относительной влажности.

Статистическая обработка данных. В большинстве случаев зависимость носит сложный характер и адекватно может быть описана только полиномом 3-й степени. Исключение – показатель содержания сахаров в таблице 2, где адекватное ($R^2 = 0,999$) описание динамики может быть достигнуто при использовании полинома 2-й степени.

Сопоставление динамики исследуемых показателей в таблицах 1 и 2 с помощью парного двухвыборочного t -теста для средних показывает, что содержание крахмала в таблице 2 в среднем за период статистически значимо ($P < 0,05$) выше, чем содержание крахмала в таблице 1 (соответственно 16,6 против 8,45). Среднее за период содержание сахаров в таблице 2 также выше, чем в таблице 1 (соответствен-

но 2,93 против 2,55), однако статистическая значимость различий не доказана ($P = 0,11$ для сахаров).

Выводы

1. Содержание сахаров и крахмала в клубнях картофеля, складированных в гурты в середине срока хранения в картофелехранилищах заглубленного типа, показывает увеличение этих биологически активных веществ. При разных типах хранения: регулируемого естественной приточно-вытяжной вентиляцией (1-й тип хранения) и активной (принудительной) вентиляцией с искусственным охлаждением (2-й тип хранения), – наблюдается повышение содержания сахаров и крахмала.

2. При 1-м типе хранения обеспечивается возможность сохранения количества сахаров (1,7–1,5 %) за весь период хранения клубней картофеля. Количество крахмала при хранении клубней картофеля в течение 0–100 сут хранения снижается до 3,5 %. Затем наблюдается повышение сахаров до 4,1 % (в период 90–200 сут хранения) и крахмала до 9,7 % (в период 100–220 сут хранения), в связи с тем, что при хранении в гуртах в середине срока хранения клубни картофеля «греются». При 2-м типе хранения период повышения количества сахаров и крахмала в клубнях картофеля в гуртах в середине срока хранения приходится на период 90–190 сут хранения.

3. Применение технологии стабилизации в середине срока хранения клубней картофеля в гуртах при 2-м типе хранения предусматривает снижение температуры хранения до 1 °С и применение режима активного проветривания для просыхания клубней картофеля, что приводит к сохранности качества продукции.

Литература

1. Старовойтов В.И. Индустрия картофеля. М.: Изд-во ВИНТИ, 2010. 202 с.
2. Банадысев С., Селиванов В., Козик А. Как правильно хранить картофель и овощи // Овощеводство и тепличное хозяйство. 2018. № 6. С. 51–54.

3. *Попова Н.И.* Современные технологии в плодовоовощной отрасли // *Агробизнес-Россия*. 2016. № 11. С. 52–55.
4. *Третьяков Н.Н., Кошкин Е.И., Макрушин Н.М.* Физиология и биохимия сельскохозяйственных растений. М.: Колос, 2000. 640 с.
5. *Jorgensen H., Kristensen B., Felby S.* Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2007. Vol. 1. № 2. P. 119–134.
6. *Nei j. Atrin. Sophia L. Cheng. Rukmal M. Abeyssekera, Anthony W. Robards.* Localisation of Amylose and Amylopectin in Starch Granules Using Enzyme – Gold labelling 11 *Starch*. 1999. Nr. 5. P. 163–172.
7. *Perry R.A., Donald A.M.* The effects of low temperatures on starch granule structure. 2000. Nr. 21. P. 6361–6376.
8. *Демиденко Г.А.* Содержание биологически активных веществ в корнеплодах сахарной свеклы в условиях овощехранилища // *Проблемы и перспективы научно-инновационного обеспечения агропромышленного комплекса регионов / КФАНЦ. Курск, 2020. С. 117–119.*
9. *Демиденко Г.А.* Биологически активные вещества в условиях хранения // *Аграрная наука – сельскохозяйственному производству Сибири, Монголии, Казахстана, Белорусии и Болгарии: сб. докл. XXIII Междунар. науч.-техн. конф. 2020. С. 359–362.*
10. *Демиденко Г.А.* Влияние технологии охлаждения на содержание биологически активных веществ в овощах при хранении в овощехранилище // *Вестник КрасГАУ*. 2020. № 10. С. 205–211. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-205-211.
11. *Демиденко Г.А.* Влияние технологии охлаждения и типов вентиляции на содержание биологически активных веществ в картофеле при хранении // *Вестник КрасГАУ*. 2021. № 2. С. 174–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-174-180.
12. *Славянский А.А.* Технология сахаристых продуктов: крахмал и крахмалопродукты: учеб. пособие. М.: Изд-во МГУТУ, 2012. 230 с.
13. *Машанов А.И., Величко Н.А., Ташлыкова Е.Е.* Биоконверсия растительного сырья: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2014. 223 с.
14. *Бухарина И.Л., Любимова О.В.* Биохимия растений: учеб.-метод. пособие / Ижевская ГСХА. Ижевск, 2009. 50 с.
15. *Алов Н.В., Барбалатов Ю.А., Гармаш А.В.* Основы аналитической химии. Методы химического анализа: учеб. для вузов. М.: Высш. шк., 2002. 494 с.
16. *Иберла К.* Факторный анализ. М.: Статистика, 1980. 398 с.
17. *Поллард Дж.* Справочник по вычислительным методам статистики. М.: Финансы и статистика, 1982. 344 с.
18. *Хижняк С.В., Пучкова Е.П.* Математические методы в агроэкологии и биологии: учеб. пособие / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2019. 240 с.
19. *Демиденко Г.А., Тутова Е.В.* Экологический анализ состояния агроэкосистем: лабораторный практикум / Краснояр. гос. аграр. ун-т. Красноярск, 2003. 88 с.

References

1. *Starovojtov V.I.* *Industriya kartofelya*. М.: Izdvo VINITI, 2010. 202 s.
2. *Banadysev S., Selivanov V., Kozik A.* *Kak pravil'no hranit' kartofel' i ovoschi // Ovoshevodstvo i teplichnoe hozyajstvo*. 2018. № 6. S. 51–54.
3. *Popova N.I.* *Sovremennye tehnologii v plodovovoschnoj otrasli // Agrobiznes-Rossiya*. 2016. № 11. S. 52–55.
4. *Tret'yakov N.N., Koshkin E.I., Makrushin N.M.* *Fiziologiya i biohimiya sel'skohozyajstvennyh rastenij*. М.: Kolos, 2000. 640 s.
5. *Jorgensen H., Kristensen V., Felby S.* *Enzymatic conversion of lignocellulose into fermentable sugars: challenges and opportunities*. *Biofuels, Bioproducts and Biorefining*. 2007. Vol. 1. № 2. P. 119–134.
6. *Nei j. Atrin. Sophia L. Cheng. Rukmal M. Abeyssekera, Anthony W. Robards.* *Localisation of Amylose and Amylopectin in Starch Granules Using Enzyme - Gold labelling 11 Starch*. 1999. Nr. 5. P. 163–172.
7. *Perry R.A., Donald A.M.* *The effects of low temperatures on starch granule structure*. 2000. Nr. 21. P. 6361–6376.

8. *Demidenko G.A.* Soderzhanie biologicheski aktivnyh veschestv v korneplodah saharnoj svekly v usloviyah ovoschehranilischa // Problemy i perspektivy nauchno-innovacionnogo obespecheniya agropromyshlennogo kompleksa regionov / KFANC. Kursk, 2020. S. 117–119.
9. *Demidenko G.A.* Biologicheski aktivnye veschestva v usloviyah hraneniya // Agrarnaya nauka – sel'skohozyajstvennomu proizvodstvu Sibiri, Mongolii, Kazahstana, Belarusii i Bolgarii: sb. dokl. XXIII Mezhdunar. nauch.-tehn. konf. 2020. S. 359–362.
10. *Demidenko G.A.* Vliyanie tehnologii ohlazhdeniya na soderzhanie biologicheski aktivnyh veschestv v ovoschah pri hranenii v ovoschehranilische // Vestnik KrasGAU. 2020. № 10. S. 205–211. DOI: 10.36718/1819-4036-2020-10-205-211.
11. *Demidenko G.A.* Vliyanie tehnologii ohlazhdeniya i tipov ventilyacii na soderzhanie biologicheski aktivnyh veschestv v kartofele pri hranenii // Vestnik KrasGAU. 2021. № 2. S. 174–180. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-2-174-180.
12. *Slavyanskij A.A.* Tehnologiya caharistyh produktov: krahmal i krahmaloprodukty: ucheb. posobie. M.: Izd-vo MGUTU, 2012. 230 s.
13. *Mashanov A.I., Velichko N.A., Tashlykova E.E.* Biokonversiya rastitel'nogo syr'ya: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2014. 223 s.
14. *Buharina I.L., Lyubimova O.V.* Biohimiya rastenij: ucheb.-metod. posobie / Izhevskaya GSHA. Izhevsk, 2009. 50 s.
15. *Alov N.V., Barbalatov Yu.A., Garmash A.V.* Osnovy analiticheskoy himii. Metody himicheskogo analiza: ucheb. dlya vuzov. M.: Vyssh. shk., 2002. 494 s.
16. *Iberla K.* Faktornyj analiz. M.: Statistika, 1980. 398 s.
17. *Pollard Dzh.* Spravochnik po vychislitel'nyh metodam statistiki. M.: Finansy i statistika, 1982. 344 s.
18. *Hizhnyak S.V., Puchkova E.P.* Matematicheskie metody v agro`ekologii i biologii: ucheb. posobie / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2019. 240 s.
19. *Demidenko G.A., Titova E.V.* `Ekologicheskij analiz sostoyaniya agro`ekosistem: laboratornyj praktikum / Krasnoyar. gos. agrar. un-t. Krasnoyarsk, 2003. 88 s.

