

УДК 664.8.022.1:54.062

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА ПЕРЕРАБОТКИ И ХРАНЕНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ АСКОРБИНОВОЙ КИСЛОТЫ В ЯГОДАХ

© *О.С. Анисимова*

*Приднестровский государственный университет им. Т.Г. Шевченко,
ул. 25 Октября, 128, Тирасполь, 3300 (Республика Молдова),
e-mail: anisimova_oksana@mail.ru*

В статье изложены результаты исследования динамики содержания аскорбиновой кислоты в ягодах черной и красной смородины и малины при хранении в замороженном виде и при консервации перетертых с сахаром ягод. В качестве объектов исследования использовали по два сорта красной смородины, черной смородины и малины. Содержание аскорбиновой кислоты служило маркером качества ягод при хранении. Анализ аскорбиновой кислоты проводили йодометрическим методом по стандартной методике. Выявлено, что непосредственно после заморозки потери аскорбиновой кислоты составляют от 6 до 20%, что существенно меньше, чем при перетирании с сахаром (65–97%). Снижение содержания аскорбиновой кислоты в ягодах при хранении происходит неравномерно и через 6 месяцев концентрация стабилизируется. При хранении замороженных ягод дополнительные потери витамина С красной и черной смородиной составили в среднем 83%, малиной – 66%. При хранении ягодного пюре дополнительные потери составили для красной и черной смородины – 32%, для малины – 89%. Наилучшая сохранность аскорбиновой кислоты наблюдалась при хранении в замороженном виде – в опытах с черной смородиной, при хранении ягодного пюре – в опытах с красной смородиной.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, витамин С, ягоды, заморозка, черная смородина, красная смородина, малина, хранение ягод.

Введение

Ягоды являются источником не только питательных компонентов, но различных биологически активных веществ: пищевых волокон, витаминов и витаминоподобных веществ. Хотя доля в потребительской корзине свежих овощей, фруктов и ягод неуклонно растет последние несколько десятилетий [1], нормы потребления этой продукции, рекомендованные ВОЗ, все еще недостижимы даже для жителей Молдовы. Ограничение в употреблении ягод обусловлено сезонностью, недостаточным развитием культивирования ягод в закрытом грунте и сложностью транспортировки свежих ягод на большие расстояния.

Доступным методом сохранения ягод в относительно свежем виде является заморозка, термическая обработка, а также переработка ягод в соки, пюре, желе, конфитюры и тому подобные продукты. Быстрая заморозка и хранение ягод в замороженном виде считается одним из самых экономичных методов сохранения биологически активных компонентов без существенных потерь качества [2, 3].

Срок хранения ягод обычно составляет от 6 до 12 месяцев, в среднем 9 месяцев. Качество исходного продукта оказывает существенное влияние на то, каким образом будут использоваться размороженные ягоды: в нативном виде или как сырье для получения различных кулинарных продуктов. В этот комплексный показатель качества включены как товароведческие характеристики (цвет, масса ягод, целостность оболочек), так и биохимические показатели (содержание сахаров, сухих веществ и другие). Одним из наиболее нестабильных веществ, содержащихся в ягодах, является аскорбиновая кислота (АК), обладающая высокой биологической активностью, именно поэтому аскорбиновая кислота может служить маркером изменения качества как свежей, так и переработанной продукции из ягод [4–6].

Концентрация АК в пищевых продуктах достаточно легко поддается измерению, поэтому этот показатель используется, например, для отбора высококачественных сортов ягод: малины [7–9], красной [10, 11] и черной смородины [12, 13]. Концентрация витамина С в ягодах зависит от многих факторов: от

климатического района выращивания [14], от сезона и погодных условий [8, 15–18], от степени зрелости [4, 19–22], а также от применяемых приемов агротехники и внесения удобрений [23]. Сортная вариабельность признака «содержание аскорбиновой кислоты» может достигать значительных пределов (10–25%) [24].

При нарушении целостности ягод, разрушении клеточных стенок активируются гидролитические ферментные системы и различные оксидоредуктазы, в том числе аскорбатоксидаза, способствующая превращению аскорбиновой кислоты в дегидроаскорбиновую кислоту (ДАК), с последующей деградацией вплоть до щавелевой кислоты [25]. В живой клетке превращение АК в ДАК – процесс обратимый, что и обуславливает биологическую активность данного витамина [26], но в процессе хранения плодов синтез АК или восстановления из ДАК не происходит, а разрушение под воздействием ферментов, света, тепла или расход в процессе поддержания гомеостаза (при замораживании) осуществляется непрерывно.

Исследуя биохимические закономерности снижения концентрации АК в растительной продукции, было выяснено, что наибольшие потери фиксируются при термической обработке [27, 28], а также при механическом повреждении целостности ягод, например, при перетирании в пюре [29–32]. При хранении ягод в замороженном виде содержание АК также постепенно снижается как во время хранения, так и во время размораживания [2, 3]. Это было показано на различных сортах малины [29, 33], а также черной [28, 34] и красной смородины [35]. Помимо абсолютного содержания АК, немаловажное значение имеет динамика изменения этого показателя. С одной стороны, этот показатель влияет на установление сроков годности ягод, с другой – устанавливает определенные ограничения на способы использования ягод после размораживания [4, 27, 36].

Цель наших исследований заключалась в сравнительном анализе динамики содержания АК в ягодах малины, красной и черной смородины в процессе хранения в замороженном виде и в виде пюре после перетирания ягод с сахаром.

Объекты и методы исследования

В исследовании использовали свежие ягоды черной смородины сортов «Перун» и «Изюмная», красной смородины сортов «Мармеладница» и «Нива» и малины сортов «Гусар» и «Рубин». Все ягоды соответствовали первому или высшему сорту согласно требованиям технических условий соответствующих ГОСТов. Степень зрелости плодов – потребительская. Для определения содержания АК в свежих ягодах и коэффициента вариабельности по этому показателю, представительные пробы отбирали не позднее чем через 12 ч после сбора урожая из десяти потребительских упаковок, подготовленных к продаже, масса каждой пробы составляла не менее 100 г. Далее методом квартования доводили массу пробы до 10 г. Анализ АК проводили йодометрическим методом по стандартной методике.

Замораживание ягод производили не позднее чем через 12 ч после сбора урожая. Процесс заморозки осуществляли в морозильной камере с функцией быстрой заморозки при температуре $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, хранение осуществляли в морозильной камере также при $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ в пластиковых коробках с крышками с отверстиями для вентиляции. Отбор проб проводили через 24 ч, а также через 1, 3, 6 и 9 месяцев хранения, каждый раз вскрывая новую коробку. Анализ аскорбиновой кислоты проводили в пяти повторностях после размораживания в течение двух часов при комнатной температуре.

Перетирание ягод проводили не позднее чем через 12 ч после сбора урожая, на электромясорубке, сахар добавляли сразу после перетирания в соотношении по массе 1 : 1. Хранение полученного ягодного пюре осуществляли в герметично закрытых стерилизованных паром стеклянных банках емкостью 100 см^3 в холодильных камерах при температуре $(0...+4)\text{ }^{\circ}\text{C}$. Отбор проб проводили из свежеприготовленного пюре и после хранения в течение 1, 3, 6 и 9 месяцев, каждый раз вскрывая новую банку. Анализ АК проводили в пяти повторностях.

Результаты анализов статистически обрабатывали с помощью программы Microsoft Excel 2016.

Результаты и обсуждение

Содержание АК во всех исследованных образцах, кроме малины сорта «Гусар», где витамина накопилось меньше, соответствовало описанию сорта (табл.). Наибольшее количество наблюдалось в ягодах черной смородины сорта «Изюмная». В пределах одного сорта вариабельность содержания аскорбиновой кислоты незначительная.

Одним из наиболее щадящих способов хранения ягод, позволяющих максимально сохранить биологически активные вещества является быстрая заморозка при температуре -18°C и ниже. Непосредственно после заморозки потери АК в ягодах составляли от 6 до 20% (рис. 1). Количество потерь не было связано ни с количеством АК в свежих ягодах, ни с видовой или сортовой принадлежностью ягод.

В процессе хранения содержание АК постепенно снижалось во всех ягодах, динамика представлена на рисунке 2.

Содержание аскорбиновой кислоты в свежих ягодах, мг/100 г

Объект исследования	Нормативное содержание АК, согласно описанию сорта	Содержание АК в свежих ягодах	Коэффициент вариabilityности, V, %
Смородина черная сорт «Перун»	150	147.9±9.2	6.21
Смородина черная сорт «Изюмная»	193	189.3±11.5	6.07
Смородина красная сорт «Мармеладница»	84	83.1±5.1	6.10
Смородина красная сорт «Нива»	76.2	75.3±3.9	5.23
Малина сорт «Гусар»	27.4	20.9±2.3	11.00
Малина сорт «Рубин»	25.9	25.0±3.7	14.82

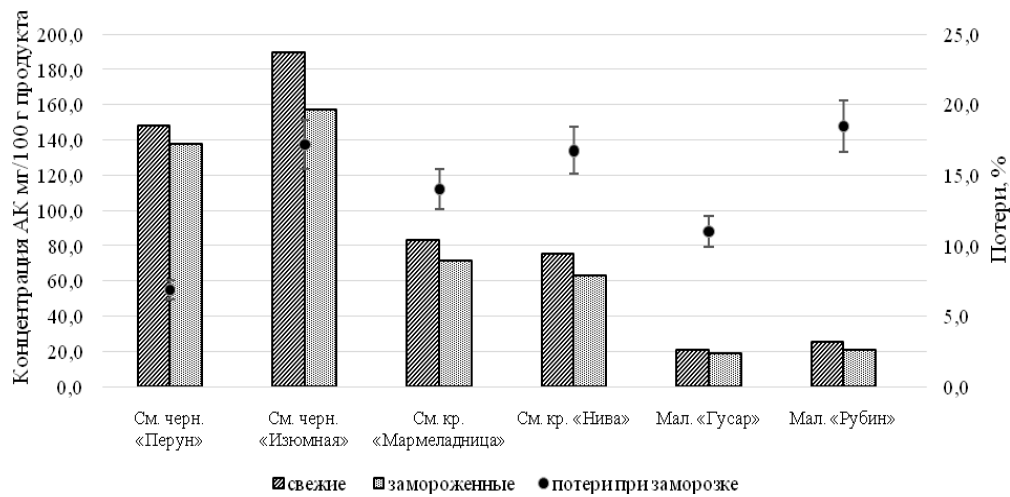


Рис. 1. Содержание АК в свежих ягодах и через 24 ч после заморозки при -18°C

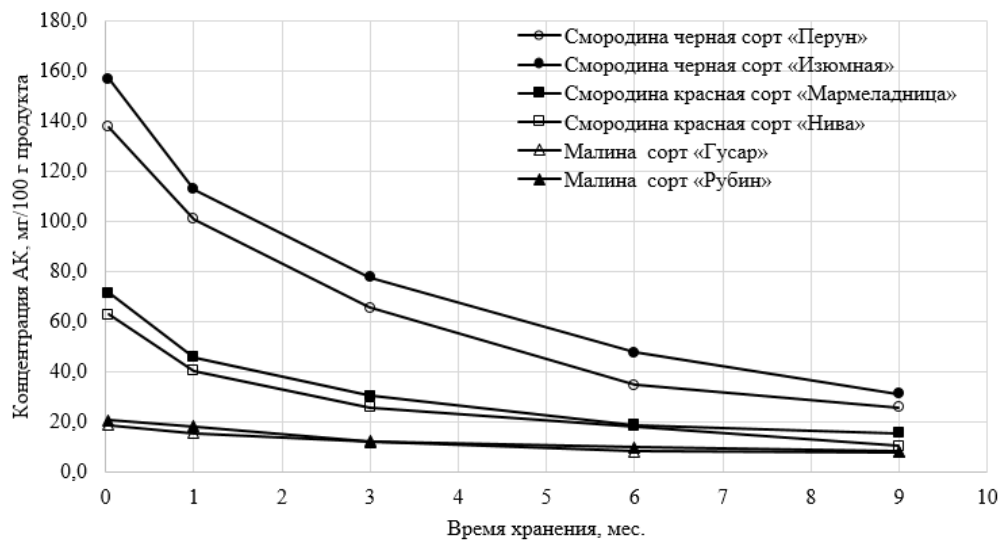


Рис. 2. Содержание аскорбиновой кислоты в ягодах во время хранения при -18°C

Наибольшая скорость снижения АК наблюдалась в первые 3 месяца хранения, после 6 месяцев хранения содержание витамина С стабилизировалось для малины и красной смородины, для черной смородины продолжило незначительно снижаться. При этом дополнительные потери АК в смородине как черной, так и красной за весь период хранения составили в среднем 83%, а в малине чуть меньше – 66%.

Процесс перетирания ягод сопровождался значительными потерями АК (рис. 3).

В свежеприготовленном ягодном пюре потери для черной смородины в среднем составляли 90.7%, для малины – 95.9%, меньше всего для красной смородины – 67.4%. При дальнейшем хранении в условиях без доступа воздуха и при температуре (0...+4) °С сохранность АК в ягодах красной и черной смородины вполне хорошая (рис. 4). Так, за время хранения в течение 9 месяцев дополнительные потери АК для смородины составили в среднем 32.4%, для малины тот же показатель составил 89%.

Дополнительные потери АК при хранении перетертых ягод были ниже, чем при хранении замороженных. При сравнении двух способов переработки ягод, выявлено, что быстрая заморозка способствует лучшей сохранности витамина С, но в процессе хранения его количество сильно снижается, в то же время перетирание с сахаром как весьма разрушающий способ переработки приводит к большим потерям АК непосредственно во время переработки, но в дальнейшем его потери меньше, чем при хранении в замороженном виде (рис. 5).

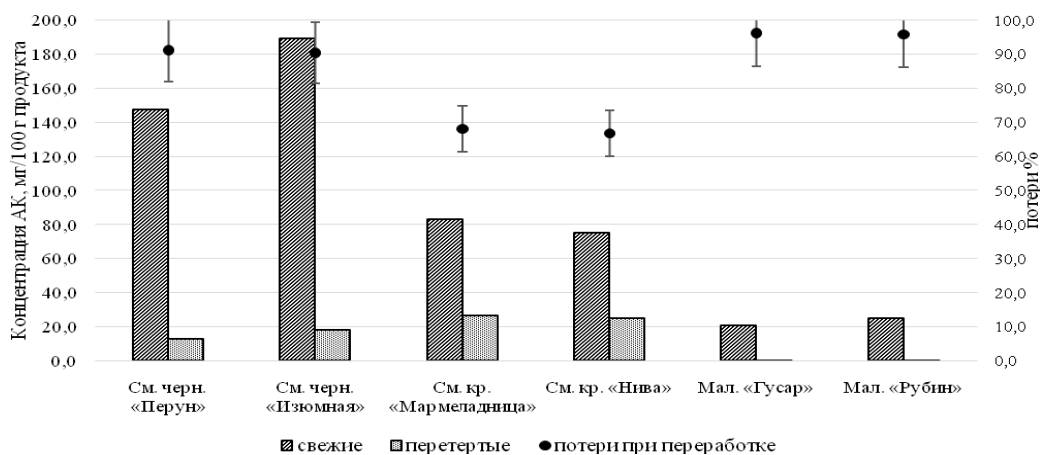


Рис. 3. Содержание АК в свежих ягодах и в свежеприготовленном пюре после перетирания с сахаром

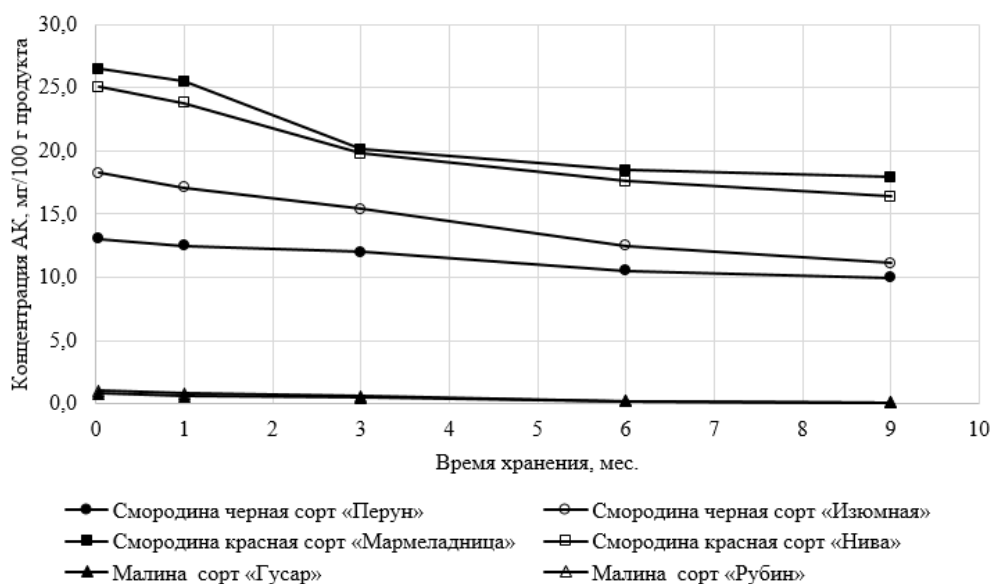


Рис. 4. Содержание аскорбиновой кислоты в ягодном пюре во время хранения после перетирания с сахаром

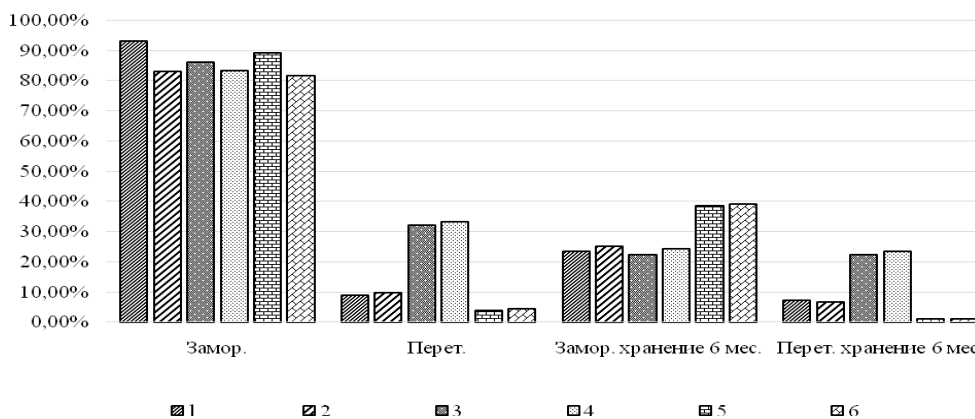


Рис. 5. Содержание АК в ягодах сразу после обработки и через 6 месяцев хранения по отношению к необработанному контролю

Ягоды красной смородины сохраняют больше АК в процессе перетирания, чем ягоды черной смородины или малины, и это привело к тому, что содержание витамина С после полугодового хранения красной смородины в замороженном и перетертом виде практически сравнялись: 18.4 и 18.1 мг/100 г продукта соответственно.

Заключение

Содержание АК использовалось нами как маркер качества ягод и пригодности для дальнейшей кулинарной обработки. При хорошей сохранности витамина С в замороженных ягодах их целесообразно использовать в кулинарии как замену свежих ягод, а именно медленно размораживать и обрабатывать без повышения температуры, чтобы сохранить как полезные компоненты, так и внешний вид ягоды. Низкое содержание витамина С коррелирует со снижением качества ягод и в таком случае ягоды целесообразно использовать с применением высокотемпературной обработки без сохранения целостности ягод.

В результате исследования было выявлено, что для ягод малины и смородины быстрая заморозка способствует лучшей сохранности АК, чем перетирание с сахаром. В то же время дополнительные потери АК в ягодах при хранении в замороженном виде в течение 6 месяцев были выше, чем при хранении в виде ягодного пюре за тот же период. Было выявлено, что при хранении ягодного пюре после перетирания красной смородины общие потери АК сопоставимы с потерями при замораживании при том же сроке хранения.

Таким образом, для целей высокотемпературной кулинарной переработки ягод красной смородины более целесообразно сразу перетирать ягоды в пюре, а при необходимости использовать целые ягоды, хранить в замороженном виде только высококачественные ягоды не более 9 месяцев. Малина и черная смородина лучше, чем красная смородина, переносят быструю заморозку и сохраняют больше АК в замороженном виде, чем в перетертом, поэтому для любых видов кулинарной обработки целесообразно эти ягоды хранить именно в замороженном виде, а не в виде пюре.

Список литературы

1. Ярыгина Л.В. Статистический анализ потребления продуктов питания населением России // Социальные и экономические системы. 2019. №6. С. 123–136.
2. Simakhina G., Naumenko N., Bazhaj-Zhezherun S., Kaminska S. Impact of cryoprotection on minimization of ascorbic acid losses in freezing of berries // Ukrainian food journal. 2019. Vol. 8. N2. Pp. 271–283.
3. Сорокопуд А.Ф., Плотников И.Б., Плотникова Л.В. Совершенствование способа переработки замороженных ягод в аппарате с вибрационной тарелкой // Техника и технология пищевых производств. 2017. Т. 45. №2. С. 93–98.
4. Skrupskis I. et al. Research of half-finished frozen berry products // 11th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food science and technology in a changing world" FOODBALT-2017. Jelgava, 2017. Pp. 102–105. DOI: 10.22616/foodbalt.2017.031.
5. Davey M.W. et al. Plant L-ascorbic acid: chemistry, function, metabolism, bioavailability and effects of processing // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2000. Vol. 80. N7. Pp. 825–860. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<825::AID-JSFA598>3.0.CO;2-6.

6. Nascimento Nunes M.C. et al. Improvement in fresh fruit and vegetable logistics quality: berry logistics field studies // *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*. 2014. Vol. 372. N2017. P. 2022. DOI: 10.1098/rsta.2013.0307.
7. Подгаецкий М.А. Оценка отборных форм малины по биохимическому составу плодов // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2017. Т. 48. №1. С. 191–194.
8. Жбанова Е.В., Ознобкина Е.И. Сравнительная биохимическая оценка сортового фонда малины в разных регионах // *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*. 2013. №6. С. 127–132.
9. Евдокименко С.Н. Селекционные возможности улучшения качественных показателей плодов ремонтантных форм малины // *Известия Оренбургского государственного аграрного университета*. 2012. Т. 33. №1. С. 26–28.
10. Макаркина М.А., Голяева О.Д. Химический состав ягод красной смородины сортов селекции ВНИИСПК и возможности его улучшения // *Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук*. 2005. №3. С. 14–17.
11. Голяева О.Д. Приоритетные направления и совершенствование сортимента смородины красной // *Селекция и сорторазведение садовых культур*. 2014. С. 212–223.
12. Каньшина М.В. Селекция и генетико-статистический анализ наследуемости признаков ягод черной смородины // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2009. Т. 22. №2. С. 73–79.
13. Макаркина М.А., Янчук Т.В., Соколова С.Е. Оценка генофонда ВНИИСПК смородины черной и некоторые результаты селекции на повышенное содержание аскорбиновой кислоты в ягодах // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2012. Т. 31. №2. С. 36–44.
14. Магназарова Д.И. Биохимическая оценка ягод малины – начальный этап селекции на улучшение химического состава плодов // *Вестник аграрной науки*. 2019. №6 (81). С. 166–170.
15. Евдокименко С.Н., Никулин А.Ф., Бохан И.А. Оценка сортов ремонтантной малины по биохимическим показателям ягод // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2008. №3. С. 49–53.
16. Джураева Ф.К., Иванова Е.А., Мурсалимова Г.Р. Потенциал продуктивности и биохимический состав красной смородины в условиях Оренбуржья // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014. Т. 39. С. 71–75.
17. Салтыкова Т.И., Вахрушева Н.С., Софронов А.П. Влияние погодных условий на качественные показатели ягод элитных форм смородины черной селекции Федерального аграрного научного центра Северо-Востока // *Садоводство и виноградарство*. 2019. №2. С. 5–9.
18. Ali L. et al. Late season harvest and storage of Rubus berries – Major antioxidant and sugar levels // *Scientia Horticulturae*. 2011. Vol. 129. N3. Pp. 376–381. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.03.047.
19. Белосохов Ф.Г., Белосохова О.А. Способ определения срока созревания плодов жимолости синей на основе анализа изменений их биохимического состава // *Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Естественные науки*. 2011. №15-2 (104). С. 203–208.
20. Жбанова Е.В. Зависимость химического состава ягод земляники от погодных условий периода вегетации // *Плодоводство и ягодоводство России*. 2014. Т. 38. №1. С. 150–157.
21. Сабарайкина С.М. и др. Динамика аскорбиновой кислоты в плодах древесных растений в условиях Якутии // *Современные проблемы науки и образования*. 2011. №6. С. 248–248.
22. Новрузов А.Р. Содержание и динамика накопления аскорбиновой кислоты в плодах *Rosa canina* L // *Химия растительного сырья*. 2014. №3. С. 221–226.
23. Горохова О.Г., Чевычелов А.П., Коробкова Т.С. Влияние удобрений на урожайность и содержание аскорбиновой кислоты в ягодах черной смородины, произрастающей в Якутии // *Садоводство и виноградарство*. 2010. №1. С. 39–43.
24. Макаркина М.А., Янчук Т.В. Оценка сортов плодовых и ягодных культур, выращенных в условиях ЦЧР РФ, по биохимическим показателям плодов // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №10. С. 26–29.
25. Жбанова Е.В. Витамины плодов и ягод (аналитический обзор литературы) // *Избранные вопросы современной науки*. 2017. С. 5–34.
26. Тимирханова Г.А., Абдуллина Г.М., Кулагина И.Г. Витамин С: классические представления и новые факты о механизмах биологического действия // *Вятский медицинский вестник*. 2007. №4. С. 158–161.
27. Verbeyst L. et al. Modelling of vitamin C degradation during thermal and high-pressure treatments of red fruit // *Food and Bioprocess Technology*. 2013. Vol. 6. N4. Pp. 1015–1023. DOI: 10.1007/s11947-012-0784-y.
28. Мясничева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // *Техника и технология пищевых производств*. 2013. №3 (30). С. 36–40.
29. Сазонова И.Д. Ягодные культуры как сырье для технической переработки // *Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия*. 2018. Т. 20. С. 125–134.
30. Артемова Е.Н., Макаркина Н.В. Физико-химические свойства желе из красной смородины // *Пищевая промышленность*. 2006. №7. С. 58–59.
31. Сазонов Ф.Ф., Никулин А.Ф. Сравнительная оценка качества ягод черной смородины и продуктов переработки // *Вестник Брянской государственной сельскохозяйственной академии*. 2008. №4. С. 15–21.
32. Богданова О.А. Разработка инновационного сокодержательного напитка на основе выжимок малины, черной и красной смородины // *Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов*. 2012. С. 16.
33. Сазонова И.Д., Васькина Т.И. Биохимический состав и вкус ягод ремонтантной малины после хранения в замороженном виде // *Пища. Экология. Качество*. 2016. С. 150–154.

34. Цветкова Е.Э., Скиданова М.А., Биньковская О.В. Изменение химического состава ягод черной смородины в процессе быстрого замораживания // Приоритетные направления развития науки и образования. 2016. №2. С. 112–114.
35. Мясищева Н.В., Артемова Е.Н. Замораживание – эффективный способ консервирования ягод красной смородины // Пищевая промышленность. 2007. №12. С. 50–51.
36. Lang S., Ozcelik M., Kulozik U., Steinhaus M. Processing of raspberries to dried fruit foam: impact on major odorants // European Food Research and Technology. 2020. Vol. 246(12). Pp. 2537–2548. DOI: 10.1007/s00217-020-03595-9.

Поступила в редакцию 29 августа 2020 г.

После переработки 3 марта 2021 г.

Принята к публикации 1 февраля 2022 г.

Для цитирования: Анисимова О.С. Влияние способа переработки и хранения на содержание аскорбиновой кислоты в ягодах // Химия растительного сырья. 2022. №2. С. 157–164. DOI: 10.14258/jcrpm.2022028341.

Anisimova O.S. EFFECT OF PROCESSING METHODS AND STORAGE TIME ON THE CONTENT OF ASCORBIC ACID IN BERRIES

Pridnestrovian State University named after T.G. Shevchenko, ul. 25 Oktyabrya, 128, Tiraspol, 3300 (Republic of Moldova), e-mail: anisimova_oksana@mail.ru

The article presents the results of a study of the dynamics of the content of ascorbic acid in berries of black and red currants and raspberries during storage in a frozen form and during conservation of berries grated with sugar. As objects of research, we used two varieties of red currant, black currant and raspberry. The ascorbic acid content served as a marker of the berry quality during storage. The analysis of ascorbic acid was carried out by the iodometric method according to the standard method. It was found that immediately after freezing, the loss of ascorbic acid is from 6 to 20%, which is significantly less than when grinding with sugar (65–97%). The decrease in the content of ascorbic acid in berries during storage occurs unevenly and after 6 months the concentration stabilizes. When storing frozen berries, additional losses of vitamin C in red and black currants averaged 83%, and in raspberries – 66%. During storage of berry puree, additional losses were 32% for red and black currants, and 89% for raspberries. The best preservation of ascorbic acid was observed when stored frozen – in experiments with black currants, while storing berry puree – in experiments with red currants.

Keywords: ascorbic acid, vitamin C, berries, freezing, black currant, red currant, raspberry, berry storage.

References

1. Yarygina L.V. *Sotsial'nyye i ekonomicheskiye sistemy*, 2019, no. 6, pp. 123–136. (in Russ.).
2. Simakhina G., Naumenko N., Bazhaj-Zhezherun S., Kaminska S. *Ukrainian food journal*, 2019, vol. 8, no. 2, pp. 271–283.
3. Sorokopud A.F., Plotnikov I.B., Plotnikova L.V. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2017, vol. 45, no. 2, pp. 93–98. (in Russ.).
4. Skrupskis I. et al. *11th Baltic Conference on Food Science and Technology "Food science and technology in a changing world" FOODBALT-2017*. Jelgava, 2017, pp. 102–105. DOI: 10.22616/foodbalt.2017.031.
5. Davey M.W. et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol. 80, no. 7, pp. 825–860. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<825::AID-JSFA598>3.0.CO;2-6.
6. Nascimento Nunes M.C. et al. *Philosophical Transactions of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Science*, 2014, no. 372, p. 2022. DOI: 10.1098/rsta.2013.0307.
7. Podgayetskiy M.A. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2017, vol. 48, no. 1, pp. 191–194. (in Russ.).
8. Zhbanova Ye.V., Oznobkina Ye.I. *Izvestiya Timiryazevskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2013, no. 6, pp. 127–132. (in Russ.).
9. Yevdokimenko S.N. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2012, vol. 33, no. 1, pp. 26–28. (in Russ.).
10. Makarkina M.A., Golyayeva O.D. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk*, 2005, no. 3, pp. 14–17. (in Russ.).
11. Golyayeva O.D. *Selektsiya i sortorazvedeniye sadovykh kul'tur*, 2014, pp. 212–223. (in Russ.).
12. Kan'shina M.V. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2009, vol. 22, no. 2, pp. 73–79. (in Russ.).
13. Makarkina M.A., Yanchuk T.V., Sokolova S.Ye. *Plodovodstvo i yagodo-vodstvo Rossii*, 2012, vol. 31, no. 2, pp. 36–44. (in Russ.).
14. Matnazarova D.I. *Vestnik agrarnoy nauki*, 2019, no. 6 (81), pp. 166–170. (in Russ.).
15. Yevdokimenko S.N., Nikulin A.F., Bokhan I.A. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*, 2008, no. 3, pp. 49–53. (in Russ.).
16. Dzhurayeva F.K., Ivanova Ye.A., Mursalimova G.R. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2014, vol. 39, pp. 71–75. (in Russ.).
17. Saltykova T.I., Vakhrusheva N.S., Sofronov A.P. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2019, no. 2, pp. 5–9. (in Russ.).
18. Ali L. et al. *Scientia Horticulturae*, 2011, vol. 129, no. 3, pp. 376–381. DOI: 10.1016/j.scienta.2011.03.047.
19. Belosokhov F.G., Belosokhova O.A. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Yestestvennyye nauki*, 2011, no. 15-2 (104), pp. 203–208. (in Russ.).
20. Zhbanova Ye.V. *Plodovodstvo i yagodovodstvo Rossii*, 2014, vol. 38, no. 1, pp. 150–157. (in Russ.).
21. Sabaraykina S.M. i dr. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2011, no. 6, pp. 248–248. (in Russ.).
22. Novruzov A.R. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 221–226. (in Russ.).
23. Gorokhova O.G., Chevychelov A.P., Korobkova T.S. *Sadovodstvo i vinogradarstvo*, 2010, no. 1, pp. 39–43. (in Russ.).
24. Makarkina M.A., Yanchuk T.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2010, no. 10, pp. 26–29. (in Russ.).
25. Zhbanova Ye.V. *Izbrannyye voprosy sovremennoy nauki*, 2017, pp. 5–34. (in Russ.).
26. Timirkhanova G.A., Abdullina G.M., Kulagina I.G. *Vyatskiy meditsinskiy vestnik*, 2007, no. 4, pp. 158–161. (in Russ.).
27. Verbeyst L. et al. *Food and Bioprocess Technology*, 2013, vol. 6, no. 4, pp. 1015–1023. DOI: 10.1007/s11947-012-0784-y.
28. Myasishcheva N.V., Artemova Ye.N. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2013, no. 3 (30), pp. 36–40. (in Russ.).
29. Sazonova I.D. *Nauchnyye trudy Severo-Kavkazskogo federal'nogo nauchnogo tsentra sadovodstva, vinogradarstva, vinodeliya*, 2018, vol. 20, pp. 125–134. (in Russ.).
30. Artemova Ye.N., Makarkina N.V. *Pishhevaya promyshlennost'*, 2006, no. 7, pp. 58–59. (in Russ.).
31. Sazonov F.F., Nikulin A.F. *Vestnik Bryanskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii*. 2008, no. 4, pp. 15–21. (in Russ.).
32. Bogdanova O.A. *Tekhnologiya i tovarovedeniye innovatsionnykh pishchevykh produktov*, 2012, p. 16. (in Russ.).
33. Sazonova I.D., Vas'kina T.I. *Pishcha. Ekologiya. Kachestvo*, 2016, pp. 150–154. (in Russ.).
34. Tsvetkova Ye.E., Skidanova M.A., Bin'kovskaya O.V. *Prioritetnyye napravleniya razvitiya nauki i obrazovaniya*, 2016, no. 2, pp. 112–114. (in Russ.).
35. Myasishcheva N.V., Artemova Ye.N. *Pishhevaya promyshlennost'*, 2007, no. 12, pp. 50–51. (in Russ.).
36. Lang S., Ozcelik M., Kulozik U., Steinhaus M. *European Food Research and Technology*, 2020, vol. 246(12), pp. 2537–2548. DOI: 10.1007/s00217-020-03595-9.

Received August 29, 2020

Revised March 3, 2021

Accepted February 1, 2022