УДК 664.8:634.7

Влияние термической обработки на антиоксидантные свойства продуктов из плодов шиповника

Моторин В.В., Фролов Д.И.

Аннотация. Проведена сравнительная оценка влияния параметров термической переработки плодов шиповника на сохранность их антиоксидантного профиля. Исследованы свежие плоды (контроль), образцы конвективной лабораторной сушки и мармелад традиционной варки. Методами спектрофотометрии определены общее содержание фенольных соединений, флавоноидов и антиоксидантная активность (по трем независимым тестам). Установлено, что при сушке потери флавоноидов, фенольных веществ и антиоксидантной активности составили 31,84 %, 22,93 % и 20,69 % (в пересчете на сухое вещество) относительно интактного сырья. В то же время варка мармелада привела к исчерпывающей деструкции биоактивного комплекса: уровень флавоноидов и антиоксидантной активности снизился на 100 %, фенольных соединений — на 99,69 %, что обусловлено сочетанным действием пролонгированного нагрева и аэрации. Научная новизна исследования состоит в установлении количественных масштабов деградации антиоксидантов шиповника в контрастных технологических условиях, что определяет критические точки для пересмотра регламентов переработки сырья в сторону щадящих режимов.

Ключевые слова: сушёный шиповник, мармелад из шиповника, антиоксидантная активность, фенольные соединения, флавоноиды.

Для цитирования: Моторин В.В., Фролов Д.И. Влияние термической обработки на антиоксидантные свойства продуктов из плодов шиповника // Инновационная техника и технология. 2026. Т. 13. № 3. С. 67–71.

Effect of heat treatment on antioxidant properties of rose hip products

Motorin V.V., Frolov D.I.

Abstract. A comparative assessment was conducted regarding the impact of thermal processing parameters on the preservation of the antioxidant profile of rose hips. The study examined fresh rose hips (control), samples subjected to convective laboratory drying, and marmalade produced via traditional boiling. Spectrophotometry was used to determine the total content of phenolic compounds and flavonoids, as well as antioxidant activity (assessed via three independent tests). It was found that drying resulted in losses of flavonoids, phenolic substances, and antioxidant activity amounting to 31.84%, 22.93%, and 20.69% (calculated on a dry matter basis), respectively, compared to the raw material. In contrast, the production of marmalade led to the near-total destruction of the bioactive complex: levels of flavonoids and antioxidant activity dropped by 100%, and phenolic compounds by 99.69%, a result attributed to the combined effects of prolonged heating and aeration. The scientific novelty of this study lies in quantifying the degradation of rose hip antioxidants under contrasting processing conditions, thereby identifying critical points that necessitate a revision of processing protocols in favor of gentler methods.

Keywords: dried rose hip, rose hip marmalade, antioxidant activity, phenolic compounds, flavonoids.

For citation: Motorin V.V., Frolov D.I. Effect of heat treatment on antioxidant properties of rose hip products. Innovative Machinery and Technology [Innovatsionnaya tekhnika i tekhnologiya]. 2026. Vol. 13. No. 3. pp. 67–71. (In Russ.).

Введение

Плоды дикой розы (Rosa canina L.), известные как шиповник, являются предметом многочисленных научных исследований, поскольку содержат биологически активные соединения, оказывающие потенциальное положительное влияние на здоровье человека. Шиповник содержит витамины B1, B2, C, E, каротиноиды, минеральные вещества, аминокислоты, органические кислоты [1, 2], а также фенольные соединения, обладающие антиоксидантными, антиканцерогенными и антимутагенными свойствами [3]. Кроме того, плоды шиповника содержат около 30 % семян, богатых маслом шиповника, которое используется главным образом в фармацевтической и косметической промышленности благодаря соединениям, оказывающим терапевтическое действие при лечении дерматитов и других изменений кожи [4, 5]. В пищевой промышленности плоды шиповника используются в основном для производства джема, желе, сиропа, напитков и мармелада, а в сушёном виде – для производства травяных чаёв, часто в смеси с гибискусом. Большое число растительных материалов содержит биологически активные вещества, такие как фенольные соединения и витамин С, проявляющие антиоксидантные свойства [6, 7, 8]. Измерение общей антиоксидантной способности пищевых продуктов позволяет лучше понять их функциональные свойства [9].

Целью настоящего исследования являлось изучение влияния повышенной температуры, применяемой при изготовлении различных продуктов из плодов шиповника, на их антиоксидантную способность по сравнению с антиоксидантной способностью свежих необработанных плодов.

Объекты и методы исследования

Плоды шиповника (Rosa canina L.), использованные в эксперименте, были собраны в г. Пенза. Свежий шиповник (целые плоды с семенами) использовали в качестве контроля (образец А). Шиповник, высушенный конвективным способом в лабораторной сушилке с регулируемым нагревателем мощностью 600 Вт при поддержании заданной температуры воздуха, использовали в качестве образца В. Мармелад из шиповника получали традиционным методом (образец С).

Общее содержание сухих веществ определяли стандартным гравиметрическим методом (AOAC).

Количество общих фенольных соединений (TPC) в образцах определяли по методу Фолина – Чокальтеу. 0,5 мл разбавленных образцов смешивали с 2,5 мл 10-кратно разбавленного фенольного реагента Фолина – Чокальтеу и оставляли для реакции на 5 минут. К смеси добавляли два миллилитра раствора карбоната натрия (75 г/л) и встряхивали. После 2 ч реакции при комнатной температуре измеряли оптическую плотность при 760 нм. Калибровочную кривую готовили по раствору галловой кислоты, результаты выражали в миллиграммах эквивалентов галловой кислоты на грамм образца (мг ГКЭ/г). Измерения проводили в трёхкратной повторности.

Общую концентрацию флавоноидов (TFC) определяли по методу: 0,5 мл соответствующим образом разбавленного образца добавляли к 2 мл дистиллированной воды. В нулевой момент времени добавляли 0,15 мл 5 % $NaNO_2$; через 5 мин добавляли 0,15 мл 10 % $AlCl_3$; через 6 мин добавляли 1 мл 1 М NaOH. Затем общий объём раствора немедленно доводили до 5 мл дистиллированной водой и тщательно перемешивали. Оптическую плотность измеряли при 510 нм относительно соответствующего холостого раствора. Калибровочную кривую готовили по стандартным растворам кверцетина в этаноле, результаты выражали в миллиграммах эквивалентов кверцетина на грамм образца. Измерения проводили в трёхкратной повторности.

Антирадикальную активность образцов в отношении радикала DPPH оценивали по методике. Каждый разбавленный образец (0,2 мл) добавляли к рабочему раствору DPPH (2,8 мл) (смесь $1{,}86 \cdot 10^{-4}$ моль/л DPPH в этаноле и 0,1 М ацетатного буфера (pH 4,3) в соотношении 2:1 (об/об)). Оптическую плотность при 525 нм измеряли после выдерживания раствора в темноте в течение 60 мин. Калибровочную кривую Тролокса строили как функцию процентного ингибирования радикала DPPH. Результаты выражали в миллимолях эквивалентов Тролокса на грамм образца (мМ ТЭ/г). Измерения проводили в трёхкратной повторности.

Результаты и их обсуждение

Общее содержание сухих веществ составило 50,77 %, 91,13 % и 71,75 % для образцов А, В и С соответственно, тогда как содержание общих фенольных соединений составило 45,6 мг/г (89,82 мг в пересчёте на сухую массу), 63,08 мг/г (69,22 мг в

Таблица 1 – Химический состав и антиоксидантная активность продуктов из шиповника

Образец	Содержание сухих веществ, %	TPC, мг/г с.м.	TFC, мг/г с.м.	Антиоксидантная активность, мМ ТЭ/г с.м.	Потери TPC, % с.м.	Потери TFC, % с.м.	Потери антиоксидантной активности, % с.м.
A	50,77	45,6 (89,82)	18,24 (35,93)	0,15 (0,29)	-	-	-
B	91,13	63,08 (69,22)	22,32 (24,49)	0,21 (0,23)	22,93	31,84	20,69
C	71,75	0,20 (0,29)	0	0	99,69	100	100

пересчёте на сухую массу) и 0,20 мг/г (0,28 мг в пересчёте на сухую массу) для образцов A, B и C соответственно. Потери общих фенольных соединений по отношению к их содержанию в свежем образце составили 22,93 % в пересчёте на сухую массу для образца B и даже 99,69 % в пересчёте на сухую массу для образца C (таблица 1).

Свежие плоды высушивали при умеренных температурах (60 °C и 50 °C) в виде целых плодов. Эти температуры не оказали существенного влияния на потери общих фенольных соединений. Плоды высушивали целиком, поэтому растительная ткань не была повреждена, что привело к менее интенсивным окислительным процессам превращения полифенольных соединений в реакционноспособные хиноны. Кроме того, не активировалась полифенолоксидаза, ответственная за окислительные процессы и ферментативное побурение пищевых продуктов. При производстве мармелада применялась повышенная температура (температура варки выше 100 °C), плоды измельчались, а семена удалялись через марлю. Таким образом, растительная ткань была повреждена, а перемешивание во время варки обеспечивало интенсивную аэрацию, что привело к значительной потере общих фенольных соединений.

Общие концентрации флавоноидов составили 18,24 мг/г (35,93 мг в пересчёте на сухую массу) и 22,32 мг/г (24,49 мг в пересчёте на сухую массу) для образцов A и B соответственно, тогда как для образца C она составила 0 мг/г. Потери общих флавоноидов по отношению к их содержанию в свежем образце составили 31,84 % в пересчёте на сухую массу для образца B и даже 100 % для образца C (таблица 1).

Целью было определить влияние флавоноидов, которые составляют лишь часть общих фенольных соединений, на антиоксидантную способность продуктов из шиповника. Исходя из полученных результатов, влияние повышенной температуры на общую концентрацию флавоноидов было значительным по отношению к влиянию температуры на общие фенольные вещества. Учитывая, что флавоноиды являются растительными полифенолами, причины их потерь были теми же, что указаны выше для потерь общих фенольных соединений. При сушке плодов шиповника было потеряно около одной трети общей концентрации флавоноидов.

Полная потеря (100 %) общей концентрации флавоноидов по отношению к свежему образцу была получена в мармеладе исключительно из-за воздействия повышенной температуры, повреждения растительной ткани и интенсивной аэрации, что позволяет предположить, что мармелад, произведённый в лабораторных условиях (или в домашних условиях), обладает пониженной пищевой ценностью. Для сохранения компонентов, влияющих на антиоксидантную способность, необходимо производить мармелад при низкой температуре, что возможно только в промышленных условиях в

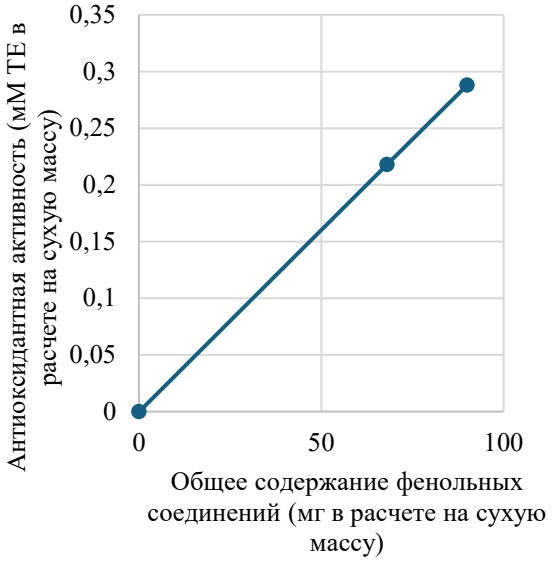

Рис. 1. Корреляция между общим содержанием фенольных соединений и антиоксидантной активностью

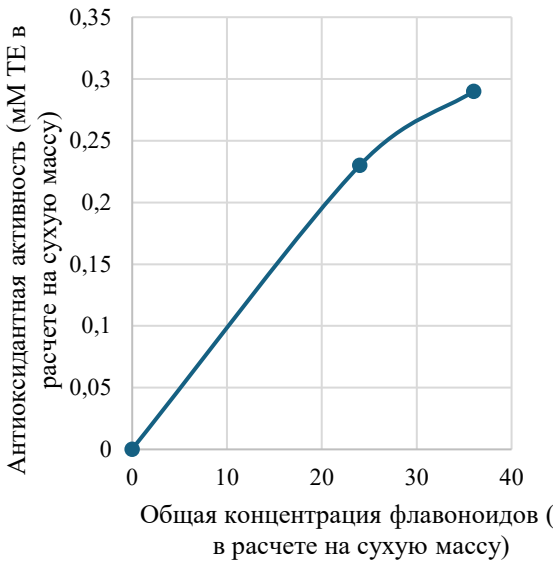

Рис. 2. Корреляция между общей концентрацией флавоноидов и антиоксидантной активностью

вакуумном выпарном аппарате при отсутствии воздуха. Учитывая, что правила о качестве фруктов и овощей допускают использование пектиновой смеси, связывающей воду и позволяющей сократить время варки, рекомендацией было бы применять пектиновые препараты при производстве в домашних условиях [13].

Антиоксидантная активность составила 0,15 мМ ТЭ/г (0,29 мМ ТЭ в пересчёте на сухую массу) и 0,21 мМ ТЭ/г (0,23 мМ ТЭ в пересчёте на сухую массу) для образцов A и B соответственно, тогда как для образца C она составила 0 мМ ТЭ/г. Потери антиоксидантной активности по сравнению с антиоксидантной активностью свежего образца составили 20,69 % в пересчёте на сухую массу для образца B и даже 100 % для образца C (таблица 1).

Антиоксидантная активность сушёных плодов

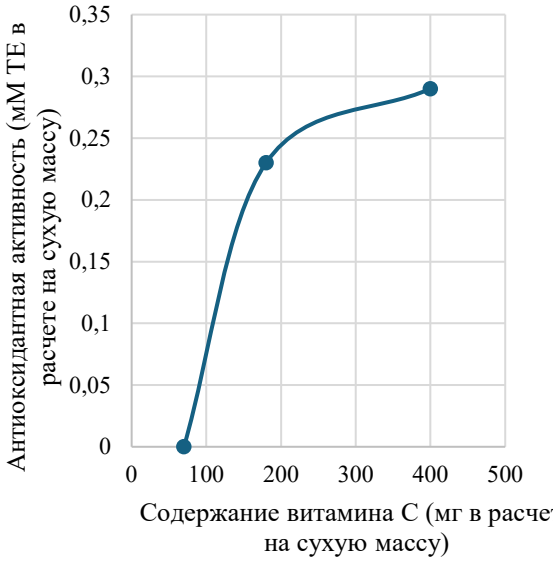

Рис. 3. Корреляция между содержанием витамина С и антиоксидантной активностью

шиповника снизилась примерно на одну пятую по сравнению со свежим образцом, тогда как потери в мармеладе были полными (100 %). Учитывая, что содержание витамина С и общих фенольных соединений вносит вклад в антиоксидантную способность [6, 7, 8], ожидалось, что снижение содержания этих компонентов приведёт к снижению значения антиоксидантной активности. В предыдущем исследовании Паунович и соавторов [13] содержание витамина С составило 395,19 мг, 181,54 мг и 73,59 мг в пересчёте на сухую массу для образцов А, В и С соответственно. Корреляции между общим содержанием фенольных соединений, общей концентрацией флавоноидов, содержанием витамина С и антиоксидантной активностью приведены на рисунках 1, 2 и 3.

Полученные результаты согласуются с данными ранее опубликованных исследований о влиянии термической обработки на сохранность биологически активных соединений растительного сырья. Установлено, что конвективная сушка плодов при умеренных температурах (50–60 °С) обеспечивает удовлетворительное качество продукта: потери общих фенольных соединений, общих флавоноидов и антиоксидантной активности составили 22,93 %, 31,84 % и 20,69 % соответственно в пересчёте на сухую массу по сравнению со свежими плодами. Это объясняется тем, что при сушке целых плодов растительная ткань остаётся неповреждённой, а полифенолоксидаза, ответственная за ферментативное окисление полифенолов, не активируется.

Иная картина наблюдается при производстве мармелада традиционным методом. Воздействие температуры выше 100 °С, измельчение плодов и удаление семян через марлю приводят к повреждению растительной ткани, а перемешивание во время варки обеспечивает интенсивную аэрацию. Совокупное действие этих факторов обусловливает практически полную потерю фенольных соединений (99,69 % в пересчёте на сухую массу), флавоноидов (100 %) и антиоксидантной активности (100 %). Аналогичные закономерности отмечены в литературе: длительное тепловое воздействие и аэрация способствуют окислительной деградации полифенолов и аскорбиновой кислоты.

Следует отметить, что корреляционный анализ выявил тесную связь между содержанием общих фенольных соединений, флавоноидов, витамина С и антиоксидантной активностью, что подтверждает вклад этих компонентов в формирование антиоксидантного потенциала продуктов из шиповника. Полученные данные указывают на необходимость минимизации продолжительности и температуры термической обработки, а также ограничения аэрации при переработке плодов шиповника с целью сохранения их антиоксидантных свойств. В частности, для домашнего производства мармелада целесообразно применять пектиновые препараты, сокращающие время варки.

Таким образом, результаты проведённого исследования развивают существующие представления о влиянии способов переработки на сохранность антиоксидантных компонентов плодов шиповника и подтверждают необходимость разработки щадящих технологий их переработки.

Выводы

Конвективная сушка плодов для приготовления травяных чаёв может обеспечивать удовлетворительное качество. Сушка при умеренных температурах (60 °С и 50 °С) обеспечила потери 22,93 %, 31,84 % и 20,69 % для общих фенольных соединений, общих флавоноидов и антиоксидантной активности соответственно по сравнению со свежими плодами в пересчёте на сухую массу. С другой стороны, при производстве мармелада потери исследуемых соединений были весьма значительными и составили 99,69 % в пересчёте на сухую массу для общих фенольных соединений, тогда как полная потеря (100 %) была получена для общих флавоноидов и антиоксидантной активности по сравнению со свежим сырьём. На потери исследуемых компонентов повлияли повышенные температуры, продолжительность воздействия повышенных температур, повреждение растительной ткани при измельчении и аэрация. В целом можно заключить, что на антиоксидантную способность исследуемых образцов влияли в первую очередь общие фенольные соединения, а затем содержание витамина С.

Литература

[1] Акимов М. Ю. и др. Биологическая ценность плодов и ягод российского производства //Вопросы питания. – 2020. – Т. 89. – №. 4. – С. 220-232.

[2] Кудайбергенова А. К. Медицинское значение шиповника в укреплении здоровья человека // Вестник Иссык-Кульского университета. – 2015. – №. 39. – С. 15-16.

[3] Ламан Н., Копылова Н. Шиповник-природный концентрат витаминов и антиоксидантов //Наука и инновации. – 2017. – Т. 10. – №. 176. – С. 45-49.

[4] Токсанбаева Ж. С., Калманбаева А. Н. Лекарственные растения, применяемые в дерматологии //Вестник ЮКГФА. – 2011. – №. 2. – С. 152-154.

[5] Моураова Д. Б., Бароева З. Р., Кусова Р. Д. Фармакогностический анализ лекарственного сбора для профилактики дерматита //Современные наукоемкие технологии. – 2014. – №. 7-2.

[6] Лютикова М. Н., Ботиров Э. Х. Химический состав и практическое применение ягод брусники и клюквы //Химия растительного сырья. – 2015. – №. 2. – С. 5-27.

[7] Акимов М. Ю., Макаров В. Н., Жбанова Е. В. Роль плодов и ягод в обеспечении человека жизненно важными биологически активными веществами // Достижения науки и техники АПК. – 2019. – Т. 33. – №. 2. – С. 56-60.

[8] Гончарова Ю. К. и др. Антиоксиданты растительного происхождения и их нетрадиционные источники (обзор) //Сельскохозяйственная биология. – 2024. – Т. 59. – №. 1. – С. 39-53.

[9] Котенкова Е. А., Лукинова Е. А., Купаева Н. В. Обзор методов оценки антиоксидантных свойств растительных экстрактов //Все о мясе. – 2018. – №. 2. – С. 36-40.

References

[1] Akimov M. Yu. et al. Biological value of Russian-produced fruits and berries // Voprosy Pitaniya (Problems of Nutrition). – 2020. – Vol. 89. – No. 4. – P. 220-232.

[2] Kudaibergenova A. K. Medical significance of rose hips in promoting human health // Bulletin of Issyk-Kul University. – 2015. – No. 39. – P. 15-16.

[3] Laman N., Kopylova N. Rose hips: a natural concentrate of vitamins and antioxidants // Science and Innovations. – 2017. – Vol. 10. – No. 176. – P. 45-49.

[4] Toksanbayeva Zh. S., Kalmanbayeva A. N. Medicinal plants used in dermatology // Bulletin of SKSPA (South Kazakhstan State Pharmaceutical Academy). – 2011. – No. 2. – P. 152-154.

[5] Mouraova D. B., Baroeva Z. R., Kusova R. D. Pharmacognostic analysis of a medicinal herbal blend for dermatitis prevention // Modern High Technologies. – 2014. – No. 7-2.

[6] Lyutikova M. N., Botirov E. Kh. Chemical composition and practical application of lingonberries and cranberries // Chemistry of Plant Raw Material. – 2015. – No. 2. – P. 5-27.

[7] Akimov M. Yu., Makarov V. N., Zhbanova E. V. The role of fruits and berries in supplying humans with vital biologically active substances // Achievements of Science and Technology of AIC. – 2019. – Vol. 33. – No. 2. – P. 56-60.

[8] Goncharova Yu. K. et al. Plant-derived antioxidants and their unconventional sources (review) // Agricultural Biology. – 2024. – Vol. 59. – No. 1. – P. 39-53.

[9] Kotenkova E. A., Lukinova E. A., Kupaeva N. V. Review of methods for assessing the antioxidant properties of plant extracts // Vse o myase. – 2018. – No. 2. – P. 36-40.

Сведения об авторах | **Information about the authors**

Моторин Владимир Владимирович магистрант кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 **E-mail:**	**Motorin Vladimir Vladimirovich** undergraduate of the department «Food productions» Penza State Technological University **E-mail:**
Фролов Дмитрий Иванович кандидат технических наук доцент кафедры «Пищевые производства» ФГБОУ ВО «Пензенский государственный технологический университет» 440039, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11 **Тел.:** +7(937) 408-35-28 **E-mail:** surr@bk.ru	**Frolov Dmitriy Ivanovich** PhD in Technical Sciences associate professor at the department of «Food productions» Penza State Technological University **Phone:** +7(937) 408-35-28 **E-mail:** surr@bk.ru