

УДК 634.18:634.18:615.322

ВЛИЯНИЕ СПОСОБА УПАКОВКИ НА ИЗМЕНЕНИЕ СОДЕРЖАНИЯ ФЕНОЛЬНЫХ СОЕДИНЕНИЙ В ПЛОДАХ *SORBUS AUCUPARIA* ПРИ ХРАНЕНИИ

© К.Н. Нициевская, С.В. Станкевич, Е.В. Бородай*

Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий РАН,
ул. Центральная, 26, Краснообск, 630501, Россия, borodajelena@yandex.ru

В статье представлены результаты изменения содержания фенольных соединений в плодах *Sorbus aucuparia* при разных способах хранения. Период хранения составлял 150 дней, исследования образцов проводились с периодичностью 0 дней, 30, 90 и 150 сут., в температурном режиме 4 °С, влажности воздуха 67±2%. Упаковкой для хранения служили закрытые полиэтиленовые пакеты и вакуумированные. Анализ фенольных соединений выполнен спектрофотометрическим и титриметрическим методами. В работе исследованы мономерные фенольные соединения, представленные флавоноидами и гидроксикоричными кислотами, также полимерные фенольные соединения (танины). Анализ данных исследуемых образцов плодов *Sorbus aucuparia* сорта Невежинская (*Sorbus aucuparia* «Nevezhinskaja») по общему содержанию флавоноидных соединений составлял 53.13 мг/100 г, в конце срока хранения образец №5 с использованием вакуумной упаковки отличался содержанием флавоноидов на уровне 4.27 мг/100 г. Содержание хлорогеновой кислоты на 100 г составляло на начало периода хранения 12.16 мг/100 г, на конец периода хранения – 8.04 мг/100 г. Содержание катехинов на начало исследования составляло 29 мг/100 г, к окончанию срока хранения – 7 мг/100 г на а.с.в. соответственно. Максимальное снижение дубильных веществ установлено на сроке хранения 90 дней, при этом вид упаковки не оказал влияния на исследуемый показатель. Снижение фенольных соединений в исследуемых образцах плодов *Sorbus aucuparia* «Nevezhinskaja» более выражено при хранении в полимерных пакетах. Хранение плодов в вакуумных пакетах при условии удаления воздуха оказывает снижение в меньшей мере на фенольные соединения и увеличивает срок хранения плодов до 150 дней.

Ключевые слова: рябина, хранение, фенольные соединения, флавоноиды, катехины, дубильные вещества.

Для цитирования: Нициевская К.Н., Станкевич С.В., Бородай Е.В. Влияние способа упаковки на изменение содержания фенольных соединений в плодах *Sorbus aucuparia* при хранении // Химия растительного сырья. 2024. №3. С. 219–230. DOI: 10.14258/jcprm.20240313148.

Введение

В настоящее время одной из важнейших задач, стоящих перед пищевой промышленностью, является создание и внедрение технологий производства продуктов с повышенным содержанием биологически активных веществ. В связи с этим особое значение приобретает растительное сырье, которые содержит большое количество витаминов, микро-, макроэлементов и других биологически активных веществ. К их числу можно отнести рябину обыкновенную, плоды которой с древних времен использовались, прежде всего, в пищу. Первые медико-научные данные о целебных свойствах рябины начали публиковаться в российских травниках начиная с 1781 года. Плоды рябины рекомендовали применять при авитаминозе, дизентерии, желчнокаменной болезни, ревматизме, геморрое, при анемии, отеках, диспепсии, подагре, солевом диатезе, а также для нормализации обмена веществ. Рябина содержит сахара (5.9–8%), органические кислоты (1.79–3.6%), пектиновые вещества (0.3–0.65%), биологически активные соединения: каротин, аскорбиновую кислоту, биофлавоноиды, хлорогеновую кислоту. По количеству каротина плоды рябины превосходят ряд сортов моркови, а по содержанию Р-активных веществ ее можно поставить на одно из первых мест среди плодово-ягодных культур. Горький вкус плодов обусловлен моногликозидом парасорбиновой кислоты (до

* Автор, с которым следует вести переписку.

0.8%). Дубильные вещества составляют около 0.3%, а аминокислоты – 235.9 мг%. Обнаружены следы эфирного масла, соли калия, натрия, кальция, магния и др. По литературным данным, на 100 г плодов лесной рябины приходится витамина С 200 мг, каротина – 21 мг, витамина Е (токоферола) – 2 мг, витамина В₂ (рибофлавина) – 2 мг, филлохинона (витамина К) – 1 мг, витамина В₉ (фолиевой кислоты) – 0.25 мг, серотонина – 1 мг, Р-активных соединений: катехинов – до 830 мг, антоцианов и лейкоантоцианов – до 2100 мг, флавонолов – до 520 мг [1].

Количество витаминов, органических кислот и сахаров колеблется в зависимости от места произрастания и степени зрелости плодов. Плоды рябины транспортабельны, лежки и поэтому могут идти на переработку в осенне-зимний период для приготовления соков, напитков, варенья, компота, джема, смоквы, пастилы, мармелада и многого другого [2].

Все изложенное выше и определяет большой интерес к рябине обыкновенной. Однако вопросы, касающиеся технологии комплексной переработки плодов, в частности условия хранения, изучены недостаточно. В статье системно изучено содержание фенольных соединений в плодах рябины обыкновенной *Sorbus Aucuparia* при послеуборочном хранении в различных условиях.

Полифенолы представляют собой обобщенное название целого класса органических соединений растения, молекулы которых содержат фенольные группы. По химической природе это: терпены (терпеноиды, изопреноиды), фенилпропаноиды и их производные (флавоноиды, танины, лигнаны, гликозиды), азотсодержащие соединения (алкалоиды и гетероциклические ароматические молекулы) [3]. Рябина обыкновенная (лат. *Sorbus aucuparia*) — дерево, вид рода Рябина семейства Розовые (*Rosaceae*). Она отличается высоким содержанием Р-витаминной активности, характерной для группы химических соединений флавонолов (рутин, кверцетин, изокверцетин); халконов (гесперидин, метилхалкон) и дигидрохалконов (флоридзин); катехинов; антоцианов; лейкоантоцианов; кумаринов [4, 5]. Природные фенольные антиоксиданты являются вторичными метаболитами растений и определяют ряд свойств: от противовоспалительного и антимикробного до антиоксидантного [6]. Широкий спектр действий биологических эффектов полифенолов реализуется посредством неспецифического взаимодействия с белками, низкомолекулярными веществами, ионами [3].

Механизм действия фенольных соединений сводится к реакции электронов превращать радикал, с которым прореагировали, в молекулярный продукт, при этом превращаясь в слабый феноксил-радикал, не способный участвовать в продолжении цепной реакции [6, 7]. Поэтому фенолы являются единственным источником сырья для получения природных Р-витаминных соединений. Благодаря своим химическим свойствам фенольные соединения применяются в мясоконсервной промышленности для ускорения процессов протеолиза мяса и мясных продуктов, для стабилизации пищевых жиров, могут улучшать вкусовые и потребительские характеристики продуктов питания, а также выступать в качестве заменителей синтетических консервантов [8].

Фенольные соединения насчитывают огромное количество соединений, объединенных химической формулой в классы, мономерные соединения (с одним ароматическим ядром (C₆), двумя – C₆-C₃-C₆) и полимерные соединения. Гидроксикоричные кислоты входят в группу фенольных или фенолкарбонновых кислот с одним ароматическим кольцом – с фенилпропаноидной структурой C₆-C₃ (с гидроксильной группой на ароматическом кольце и карбоксильной группы в боковой цепи) [9]. Самым распространенным представителем сложных эфиров гидроксикоричных кислот является 5-О-кофеилхиновая кислота, чаще называемая хлорогеновой кислотой [10, 11]. Гидроксикоричные кислоты благотворно воздействуют на здоровье человека, отмечен их более активный антиоксидантный эффект по сравнению с аскорбиновой кислотой, кофейной и токоферолом (витамин Е) и противомикробный эффекты [12–18].

Флавоноиды, относящиеся к классу полифенольных соединений растительного происхождения, представляют одно из наиболее ключевых соединений, отвечающих за процесс роста и развития растений. Они участвуют в пигментации растений, играют роль в процессах клеточной сигнализации, участвуют в процессах репродукции растений [19, 20]. Флавоноиды в природе встречаются в двух видах: как агликоны в свободном виде и в виде гликозинов (соединенных с сахарной частью или углеродом, с температурой плавления в интервале 100–180 °С – гликозиды, до 300 °С – агликоны), горького вкуса, могут быть бесцветные или окрашенные в желтый, красный или синий цвет. Флавоноидные гликозиды растворимы в воде, агликоны – в ацетоне, этаноле, хлороформе и других гидрофобных растворителях. Рябина содержит флавоноиды: гиперозид, кэмпферол, кверцетин, рутин и лютеолин [21].

Среди растительных веществ фенольной природы большое значение имеют катехины (флаван-3-олы), в растениях встречаются в изомерных формах, соответствующих (+)-катехину и (-)-эпикатехину. Являясь наиболее восстановленными структурами из группы флавоноидов, катехины обладают наибольшим антиоксидантным потенциалом, склонны к аутоокислению и ферментативному окислению [22]. Антиоксидантные свойства флаван-3-олов в 50 раз превышают показатели витамина Е и в 20 раз – витамина С. Кроме того, катехины обладают противовоспалительным, антимикробным, спазмолитическим и нейропротекторным действием [6, 23].

Дубильными веществами являются растительные полифенольные соединения, отличающиеся молекулярной массой. По химической природе эти соединения относятся к полимерным фенольным соединениям и подразделяются на гидролизуемые (таннины) и конденсированные (образующие соединения с катехинами) [24, 25].

Цель работы – изучение влияния вида упаковки на динамику содержания фенольных соединений в плодах *Sorbus aucuparia* в процессе послеуборочного хранения.

Экспериментальная часть

Объект исследования. Образцами для исследования послужили плоды рябины (лат. *Sorbus aucuparia*) сорта Нежежинская (лат. *Sorbus aucuparia* «*Nevezhinskaja*»), произрастающие в Новосибирской области. Сбор растительного сырья проводился в сухую погоду, период сбора – сентябрь 2022 г. Упаковкой для хранения служили закрытые полиэтиленовые пакеты и вакуумированные с помощью вакуумного упаковщика Tinton Life (Tinton Life, Китай) до полного удаления свободного кислорода (визуально). Хранение образцов проводили в температурном режиме $t = 4\text{ }^{\circ}\text{C}$, влажности воздуха $W = 67 \pm 2\%$. Параметры влажности и температуры в течение срока хранения не изменялись, период хранения составлял 150 дней, исследование образцов проводилось с периодичностью 0 дней, 30, 90 и 150 суток (табл. 1).

Химические вещества и реагенты. Этанол, дистиллированная вода, ацетон, индигосульфокислота (ООО Реахим, Россия), стандарт-титр калий марганцевокислый (ООО Уралхиминвест, Россия), хлорное железо (III) и *o*-фенантролин (АО «ЛенРеактив», Россия). Качественное определение фенольных соединений проводили согласно таблице 2.

Количественное определение

Определение содержания гидроксикоричных кислот [29]. 2.0 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу вместимостью 200 мл и добавляли 20 мл воды очищенной. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на водяной бане в течение 15 мин. Экстракцию повторяли дважды. Экстракты объединяли и после охлаждения фильтровали через бумажный фильтр на воронке Бюхнера. Извлечение количественно переносили в мерную колбу вместимостью 200 мл и доводили объем раствора водой до метки (раствор А). В мерную колбу вместимостью 50 мл вносили 3 мл раствора А и доводили объем раствора до метки 20% этанолом. Оптическую плотность полученного раствора измеряли на спектрофотометре при длине волны 327 нм. Раствором сравнения служил 20% этанол. Содержание суммы гидроксикоричных кислот (X, %) в пересчете на хлорогеновую кислоту вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A \cdot 200 \cdot 50 \cdot 100}{\epsilon_{1\text{cm}}^{1\%} \cdot m \cdot 3 \cdot (100 - W)} \quad (1)$$

где А – оптическая плотность испытуемого раствора; m – навеска сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %; $\epsilon_{1\text{cm}}^{1\%}$ – удельный показатель поглощения хлорогеновой кислоты, равный 531.

Таблица 1. Кодирование образцов

Образец	Наименование образцов плодов <i>Sorbus aucuparia</i> в свежем виде со сроком хранения
к	0 сут. $19 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ без упаковки
1	30 сут. при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в вакуумной упаковке
2	30 сут. при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в полимерной упаковке
3	90 сут. при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в вакуумной упаковке
4	90 сут. при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в полимерной упаковке
5	150 сут. при $4 \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$ в вакуумной упаковке

Таблица 2. Методики качественного определения фенольных соединений, основанные на литературных данных [24, 26–28]

Реакция с хлоридом железа (III) [26]	
К 1 мл фильтрата добавляют 2–3 капли 1%-го раствора хлорида железа (III)	Образуются окраски от зеленой (флавонолы) до коричневой (флаваноны, халконы, ауруны) и красновато-бурой (флавоны). При наличии веществ с рядовой три-оксигруппировкой в кольце В появляется черно-синее окрашивание и осадок. Эту реакцию дают и другие фенольные соединения
Реакция с раствором аммиака [26]	
К 1 мл фильтрата добавляют 3–5 капель раствора аммиака	Флавоны, флавонолы, флаваноны приобретают желтое окрашивание, при нагревании переходящее в оранжевое или красное. Халконы и ауруны – оранжевое или красное окрашивание. Антоцианы образуют синее или фиолетовое окрашивание
Реакции с ацетатом свинца средним [26]	
К 1 мл фильтрата добавляют 3–5 капель раствора ацетата свинца среднего	Флавоны, халконы, ауруны, содержащие свободные орто-гидроксильные группы в кольце В, образуют осадки, окрашенные в ярко-желтый или красный цвета. Антоцианы образуют осадки, окрашенные в красный или синий цвета. Гидролизующие таниды белый осадок, нерастворимый в кислоте уксусной. Конденсированные таниды (дубильные вещества) белый осадок, растворимый в кислоте уксусной
Реакция с азотнокислым серебром [27]	
Добавляют 1–3 капли 0.1 н раствора серебра азотнокислого и 1–3 капли 5 н аммиака водного (1 : 1)	При комнатной температуре или при нагревании появляется красно-коричневое окрашивание или осадок моментально (орто-диоксизамещенные), через 2–3 мин – пара-диоксизамещенные, только после нагревания – мета-диоксизамещенные)
10% водный раствор щелочи [27]	
Добавляют 1–3 капли 10% раствора щелочи	Желто-оранжевое окрашивание – флавоноиды; красное или ярко-желтое окрашивание – халконы и ауруны
1 % раствор квасцов железоммонийных [24]	
1% раствор квасцов железоммонийных (железа окисного хлорид не используют, т.к. его раствор имеет кислую реакцию среды)	Гидролизующие таниды черно-синее окрашивание или осадок. Конденсированные таниды (дубильные вещества) черно-зеленое окрашивание или осадок
Ванилин (1% раствор в концентрированной HCl [26, 28])	
К 2 мл извлечения прибавляют несколько капель раствора ванилина в кислой среде	При наличии катехинов образуется красное окрашивание раствора

Литературные данные указывают на оптимальное извлечение соединений фенольной природы с применением этанола, поэтому для исследования хлорогеновой кислоты авторами была проведена экстракция в 70% растворе этанола в колбах объемом на 50 мл, продолжительностью 60 мин, затем объем раствора доводили до метки (раствор А). Далее 2 мл раствора А количественно переносили в колбу на 25 мл и доводили объем до метки 95% этанолом, полученный раствор изучали при длине волны $\lambda=315$ нм, раствором сравнения служил 95% этанол.

Массовая доля флавоноидных и других фенольных соединений по ГОСТ 28887-2019. Навеску массой (0.20 ± 0.001) г помещали в коническую колбу вместимостью 50 см³. Пипеткой наливали 4 см³ дистиллированной воды. Пипеткой наливали 20 см³ ацетона, перемешивали, закрывали колбу притертой пробкой и оставляли в темном месте на один час. Затем перемешивали и фильтровали через складчатый бумажный фильтр в коническую колбу вместимостью 50 см³. Измеряли оптическую плотность раствора при длине волны 400 нм. В качестве контроля использовали дистиллированную воду. Массовую долю флавоноидных и других фенольных соединений на абсолютно сухое вещество, мг, вычисляли до первого десятичного знака по формуле:

$$X = \frac{D \cdot 24}{m \cdot 8,37} \cdot \frac{100}{(100 - W)}, \quad (2)$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора; 24 – объем разведения, см³; m – масса навески, г; 8.37 – коэффициент пропорциональности оптической плотности раствора и концентрации флавоноидных и других фенольных соединений для фотоэлектроколориметра при длине волны 400 нм; W – массовая доля влаги, %.

Границы абсолютной погрешности результатов измерений массовой доли флавоноидных и других фенольных соединений – $\pm 0.12 \cdot X$, % при ($P = 0.95$).

Определение содержания катехинов. В основу ванилинового метода определения катехинов (флаван-3-олов) положена реакция взаимодействия ванилинового реактива с катехинами исследуемых растительных экстрактов в кислой среде. Исследования проводили спектрофотометрически, полученные комплексы катехинов с ванилиновым реактивом имеют максимум адсорбции при зеленом светофильтре [6]. Содержание катехинов проводили в соответствии со следующей методикой: навеску растительного сырья около 0.5 г (точная навеска) растирали до гомогенного состояния в присутствии подкисленного 95%-ного этанола (20 : 1), гомогенат центрифугировали при 5000 g в течение 10 мин. В мерную колбу на 5 мл (пикнометр) вносили 1 мл профильтрованного центрифугата и доводили до метки ванилиновым реактивом (5%-й спиртовой раствор ванилина в концентрированной соляной кислоте). Оптическую плотность замеряли через 5 мин после добавления ванилинового реактива к центрифугату. Объем обеих пробирок доводили соляной кислотой до 5 мл. Оптическую плотность растворов замеряли через 5 мин на КФК-2 в зеленом светофильтре. В качестве раствора сравнения использовали раствор спирта с ванилиновым реактивом [22, 23].

Определение содержания дубильных веществ [30] проводили титриметрическим (перманганатометрический) методом в пересчете на танин. Около 2 г (точная навеска) измельченного растительного сырья, просеянного сквозь сито с отверстиями размером 3 мм, помещали в коническую колбу вместимостью 500 мл, заливали 250 мл нагретой до кипения воды и кипятили с обратным холодильником на электрической плитке с закрытой спиралью в течение 30 мин при периодическом перемешивании. Полученное извлечение охлаждали до комнатной температуры и фильтровали через вату в мерную колбу вместимостью 250 мл так, чтобы частицы сырья/препарата не попали в колбу, доводили объем раствора водой до метки и перемешивали, 25 мл полученного водного извлечения помещали в коническую колбу вместимостью 1000 мл, прибавляли 500 мл воды, 25 мл раствора индигокармина и титровали при постоянном перемешивании калия перманганата раствором 0.02 М до золотисто-желтого окрашивания.

Содержание суммы дубильных веществ в пересчете на танин в абсолютно сухом сырье в процентах (X) вычисляют по формуле:

$$X = \frac{(V - V_1) \cdot 0.004157 \cdot 250 \cdot 100 \cdot 100}{a \cdot 25 \cdot (100 - W)}, \quad (3)$$

где V – объем калия перманганата раствора 0.02 М, израсходованного на титрование водного извлечения, мл; V_1 – объем калия перманганата раствора 0.02 М, израсходованного на титрование в контрольном опыте, мл; 0.004157 – количество дубильных веществ, соответствующее 1 мл калия перманганата раствора 0.02 М (в пересчете на танин), г; a – навеска сырья, г; W – влажность сырья, %; 250 – общий объем водного извлечения, мл; 25 – объем водного извлечения, взятого для титрования, мл.

Статистическую обработку результатов осуществляли с использованием программы Excel. Для описания полученных результатов для каждого объекта рассчитывали значение среднего результата (X_{cp}), доверительного интервала среднего (Δx_{cp}) при уровне значимости $\alpha = 0.05$ по результатам трех повторностей измерений.

Обсуждение результатов

Использование способа хранения «под вакуумом», при полном визуальном удалении кислорода при упаковывании позволило снизить порчу плодов до 0%. Наличие свободного кислорода в полимерном пакете оказывало влияние на продолжительность хранения и динамику порчи плодов, отмечена порча плодов на 30-й день хранения 54.10% (образец №2) от всего количества плодов в пакете, на 90-й день – 85.80% (образец №4). Хранение плодов в вакуумных пакетах при условии удаления воздуха увеличивало срок хранения плодов до 150 дней со 100% сохранением плодов при визуальной оценке в образце №5 (табл. 3).

Содержание сухих веществ и влаги в образцах варьировало от способа упаковки и зависело от наличия свободного воздуха в индивидуальной упаковке при хранении. Так, созданное давление в процессе вакуумирования оказало влияние на целостность клеточной стенки растительного сырья и привело к незначительному снижению влаги. В работе исследованы мономерные фенольные соединения, представленные флавоноидами и гидроксикоричными кислотами, также полимерные фенольные соединения (танины).

Спектрофотометрические методы являются одними из относительно простых методов определения растительных биологически активных компонентов, в том числе и фенолов. В таблице 4 показано общее содержание флавоноидов и фенольных соединений при хранении.

Анализ данных исследуемых образцов плодов *Sorbus aucuparia* сорта Невежинская по общему содержанию флавоноидных соединений составлял 53.13 мг на абсолютно сухое вещество (а.с.в.), в процессе хранения снижаются вне зависимости от упаковки, во время хранения, что отражено в проявлении качественной реакции. Так, образцы №1 и №2 со сроком хранения 30 дней характеризуются снижением флавоноидов до 38.95 и 39.18 мг, что составило процент снижения 26.69 и 26.25% соответственно, также снижение отмечено и в качественных реакциях. Дальнейший период в 90 дней исследования отмечен снижением до 15.84 мг (образец №3) и 11.98 мг (образец №4), что соответствовало 70.19 и 77.45% потери от первоначального значения флавоноидов. В конце срока хранения образец №5 с использованием вакуумной упаковки отличался содержанием флавоноидов на уровне 4.27 мг с учетом влаги исследуемого образца.

Исследование фенольных соединений с одним ароматическим кольцом, относящимся к группе C₆-C₃, представлены исследованием гидроксикоричных кислот в пересчете на хлорогеновую кислоту.

Хлорогеновая кислота (C₁₆H₁₈O₉) представляет собой сложный моноэфир кофейной (3,4-диоксикоричной) кислоты и одного из стереоизомеров хинной кислоты: 3-кофеоилхинной, 4-кофеоилхинной или 5-кофеоилхинной кислот [10, 18].

В работе Д.Д. Аптикеевой отмечено увеличение содержания хлорогеновой кислоты осенью, это предположительно связано с накоплением ксенобиотиков и токсических метаболитов в растении в конце периода вегетации, ростом содержания активных форм кислорода и с созреванием тканей растения, как следствие – ускорением ряда клеточных процессов [12].

С участием хлорогеновой кислоты активно включаются и защитные реакции, связанные с утилизацией кислородных и иных радикальных частиц [31].

Хлорогеновая кислота является одним из важнейших веществ фенилпропаноидной цепи метаболизма, синтезируется в растениях из фенилаланина через стадию образования шикимовой кислоты [12, 17, 32]. Наибольшее содержание хлорогеновой кислоты (около 100 мг/кг сухой массы) имеется в кофейных зернах, листьях черники, корне цикория, листьях стевии, при этом в яблоках, барбарисе, щавеле – концентрация соединения колеблется от 5 до 35 г/100 г [12].

В работе использованы плоды полной зрелости, собранные в сентябре 2022 г.

Содержание хлорогеновой кислоты в 100 г на а.с.в. составляло на начало периода хранения в вакуумной упаковке – 12.16 мг/100 г, на конец периода хранения 150 суток – 8.04 мг/100 г. В сравнении с данными исследователя [33] в плодах *Sorbus aucuparia* «*Nevezhinskaja*» содержание этого показателя варьировалось в пределах 15.9–33.2 мг/100г, у [34] – в пределах 16.7–72.8 мг на 100 г в зависимости от сорта. По литературным данным [10], содержание хлорогеновой кислоты в плодах смородины черной составляло 41.2–64.2 мг/100 г, жимолости – 29.3–42.5 мг/100 г, смородины красной – 15.9–29.3 мг/100 г, крыжовника – 8.54–3.27 мг/100 г.

Потери при хранении в зависимости от вида упаковки проиллюстрированы на рисунке 1. При хранении 30 дней в вакуумной упаковке потери хлорогеновой кислоты составили по исследуемому показателю – 5.06% (образец №1), в полимерной упаковке – 16.65% (образец №2). При дальнейшем хранении до 90 дней снижение показателя колебалось – в вакуумной упаковке 30.02% (образец №3), в полимерной – 39.28% (образец №4). При хранении до 150 дней в вакуумной упаковке у образца №5 отмечено снижение хлорогеновой кислоты на конец срока хранения до 33.93%.

Содержание катехинов при хранении в вакуумной упаковке (образец №1) снижалось через 30 дней на 25.52%, через 90 дней – 53.09% (образец №3), и 150 дней – 74.723% (образец №5) на а.с.в. на 100 г относительного контрольного образца. При анализе катехинов во время хранения в полимерной упаковке снижение происходило в следующей последовательности: 30 дней – 35.89% (образец №2), 90 дней – 63.75% (образец №4) на а.с.в. на 100 г относительного контрольного образца. Данные визуализированы на рисунке 2.

Качественные реакции на катехины в присутствии 1% раствора ванилина в концентрированной хлороводородной кислоте в образцах дали светло-розовое окрашивание.

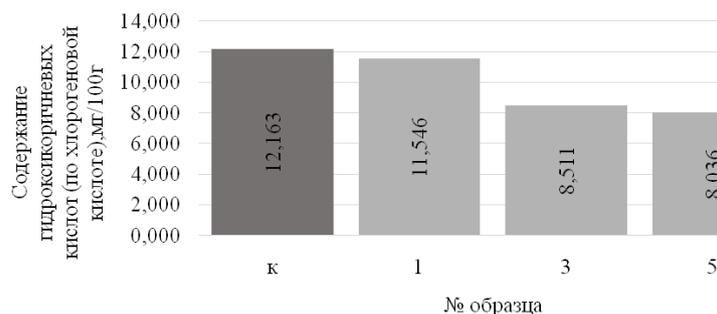
По литературным данным [35], плоды рябины обыкновенной содержат катехины от 9.4 до 85.4 мг/100г. В сравнении с данными других исследователей [36] для сорта «Сеянец Невеженской» содержание свободных катехинов установлено на уровне 7.8–51.7 мг/100 г, в наших исследованиях этот показатель на начало исследования (контрольный образец) составил 29 мг/100 г, к окончанию срока хранения – 7 мг/100 г на а.с.в. соответственно.

Таблица 3. Исследование физико-химических показателей в процессе хранения (при $p \leq 0.05$)

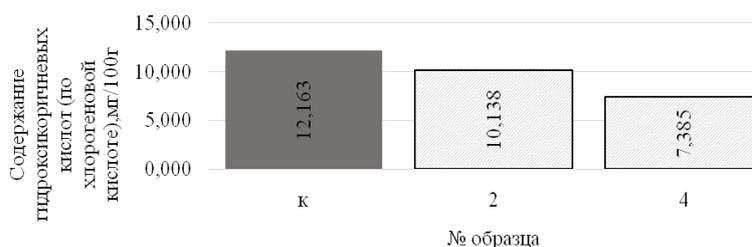
Образец	Отношение кожуры от целой ягоды, %	Отношение косточки от целой ягоды, %	Динамика порчи, %	Влага, %	Сухое вещество, %
к			–	79.760	20.240
1	11.298	4.644	0.0	77.912	22.088
2			54.10	79.875	20.125
3			0.0	73.750	26.250
4			85.80	74.870	25.130
5			0.0	67.802	32.198

Таблица 4. Общее содержание флавоноидов и фенольных соединений при хранении плодов рябины, % (при $p \leq 0.05$)

Наименование исследования	Наименование образцов						
	к	1	2	3	4	5	
Качественные реакции							
с хлоридом железа (III)	интенсивный розовый		розовый	светло-розовый			
с раствором аммиака	зелено-коричневый		коричневый	светло-коричневый			
с ацетатом свинца средним	белый аморфный осадок						
с азотнокислым серебром	насыщенный коричневый		коричневый	коричнево-зеленый			
с раствором щелочи	насыщенный зеленый		зеленый	желто-зеленый			
Количественные реакции							
Массовая доля флавоноидных и других фенольных соединений (в пересчете на а.с.в.), мг/100 г	53.13		38.95	39.18	15.84	11.98	4.27
% снижения при хранения			26.69	26.25	70.19	77.45	91.97



а



б

Рис. 1. Исследования содержания хлорогеновой кислоты в образцах плодов *Sorbus aucuparia* «Nevezhinskaja» при хранении в разных видах упаковки, мг на а.с.в.: а – вакуумная упаковка; б – полимерная упаковка, (при $p \leq 0.05$)

Полимерные фенольные соединения плодов *Sorbus aucuparia* «Nevezhinskaja» представлены исследованием таннидов, дубильных веществ в исследуемых образцах в процессе хранения. Анализируя качественные реакции с ацетатом свинца средним, сделаны выводы о присутствии в образцах гидролизуемых таннидов. Реакция с раствором квасцов железоаммонийных результат на присутствие различных таннидов отсутствовал (табл. 5).

Более наглядно динамическое изменение количественного содержания дубильных веществ представлено на рисунке 3.

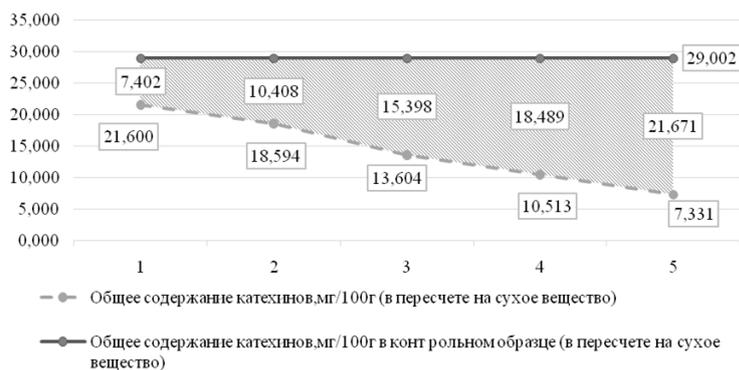


Рис. 2. Исследование содержания катехинов и потери при хранении, мг/100 г (в пересчете на сухое вещество), (при $p \leq 0.05$)

Таблица 5. Качественные исследования

Наименование исследования	Наименование образцов				
	к	1	2	3	4
с ацетатом свинца средним с 1% р-ром квасцов железоаммонийных	Качественные реакции				
	белый аморфный осадок нерастворимый светло-розовый, без осадка				

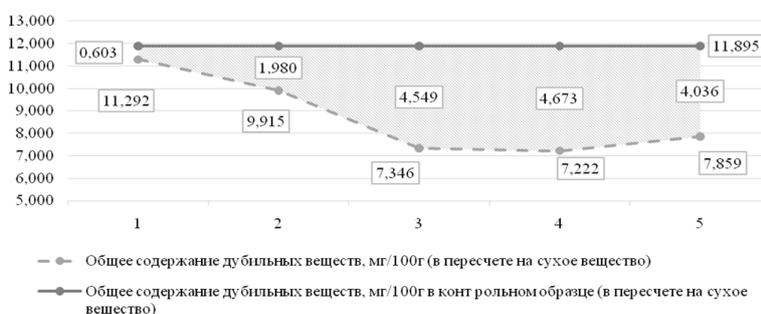


Рис. 3. Исследование содержания дубильных веществ в пересчете на танин и потери при хранении, мг/100 г (на сухое вещество), (при $p \leq 0.05$)

Титриметрическим методом установлено количественное содержание дубильных веществ в образцах, где в качестве упаковочного материала использовали вакуумные пакеты, находится в соотношении 11.292 мг/100 г на 30-й день хранения (образец №1), 7.346 мг/100 г – 90-й день хранения (образец №3), 7.859 мг/100 г – 150-й день хранения (образец №5). Учитывая погрешность измерения при $p \leq 0,05$, максимальное снижение содержания дубильных веществ установлено на сроке хранения 90 дней, при этом вид упаковки не оказал влияния на исследуемый показатель.

Выводы

Проведены количественный и качественный анализ образцов плодов рябины красной сорта Невежинская по отдельным показателям. Установлено снижение цветовых характеристик протекания качественной реакции и снижение количественного содержания флавоноидов на период начала послеуборочного хранения и в конце периода хранения. Отмечена зависимость выбранного упаковочного материала на динамику фенольных соединений при хранении плодов рябины красной.

Анализ изложенных выше сведений приводит к выводу о том, что плоды рябины красной предпочтительнее хранить при упаковывании в вакуумные пакеты, так как при этих условиях обеспечивается минимальное снижение фенольных соединений различной природы в течение длительного срока, что немало важно при круглогодичной их переработке.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Сибирского федерального научного центра агроботехнологий. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Мустафаева Л.А. Р-витаминноактивные вещества и витамин с в свежих плодах, ягодах и в продуктах их переработки // Химия растительного сырья. 2014. №3. С. 215–220. DOI: 10.14258/jcrpm.1403215.
2. Блиникова О.М. Товароведная оценка плодов рябины обыкновенной как источника ценных микронутриентов при производстве продуктов функционального назначения // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2013. №1. С. 89–93.
3. Демина Н.В., Кочетов А.А., Шевченко Я.А., Сметанская И.Н., Канарский А.В., Канарская З.А. Полифенольные вещества экстрактов стевии // Вестник Казанского технологического университета. 2013. №16. С. 124–126.
4. Писарев Д.И., Новиков О.О. и др. Химическое изучение биологически активных полифенолов некоторых сортов рябины обыкновенной – *Sorbus aucuparia* // Научные ведомости. Медицина. Фармация. 2010. №22 (93). С. 123–128.
5. Зиннер Н.С., Высочина Г.И., Кукушкина Т.А., Свиридова Т.П. Биологически активные вещества *Hedysarum alpinum* L. и *H. theinum* Krasnob. (*fabaceae*), интродуцируемых в Томскую область // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2010. №4 (12). С. 116–122.
6. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н. Природные антиоксиданты (экологический аспект): монография. Калининград, 2011.
7. Кукушкина Т.А., Седелникова Л.Л. Динамика накопления запасных веществ в клубнелуковицах *Srocus Alatavicus* и *Gladiolus Hybridus* // Химия растительного сырья. 2010. №2. С. 123–126.
8. Масленников П.В., Чупахина Г.Н., Скрыпник Л.Н., Федурев П.В., Селедцов В.И. Экологический анализ активности накопления биофлавоноидов в лекарственных растениях // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. 2014. Вып. 7. С. 110–120.
9. Марчишин С.М., Козачок С.С. Определение гидроксикоричных кислот в антиаллергическом сборе методом ВЭЖХ // Медицина и образование в Сибири. 2013. №4. С. 70.
10. Кольцов В.А., Миронов А.М. Содержание хлорогеновой кислоты в ягодной продукции // Материалы I Международной научно-практической конференции «Нетрадиционное растительное сырье – резерв в решении проблемы создания пищевых продуктов разной функциональной направленности» (на платформе ЦКП «Эксперт»). Майкоп, 2022. С. 85–89.
11. Медведев Ю.В., Передеряев О.И., Арзамасцев А.П. и др. Определение гидроксикоричных кислот в лекарственном растительном сырье и объектах растительного происхождения // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2010. №3. С. 25–31.
12. Аптикеева Д.Д. Хлорогеновая кислота как биологически активное соединение: анализ содержания в хмеле вьющимся (*HUMULUS LUPULUS*) // Материалы XV Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2023. URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033595>.
13. Pchelkin V.P. Natural phenolic and lipophilic complexes of chlorogenic acid // ChemInform. 2003. Vol. 34(19). Pp. 27–29. DOI: 10.1002/chin.200319277.
14. Häusler M., Ganzera M., Abel G., Popp M. Determination of caffeoylquinic acids and flavonoids in *Cynara scolymus* L. by high performance liquid chromatography // Chromatographia. 2002. Vol. 56(7). Pp. 407–411. DOI: 10.1007/BF02492002.
15. Храмов В.А., Дмитренко Н.В. Хлорогеновая кислота в листьях и лиофилизированных экстрактах стевии // Химико-фармацевтический журнал. 2000. №11. С. 34–35.
16. Шаповалова И.Е., Федякина З.П. Хлорогеновая кислота – антиоксидантный потенциал семян подсолнечника // Современные проблемы науки, производства и образования. 2013. URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-contentofconferences/archives-of-individual-conferences/june-2013>.
17. Дейнека В.И., Хлебников В.А., Сорокопудов В.Н., Анисимович И.П. Хлорогеновая кислота плодов и листьев некоторых растений семейства *Berberidaceae* // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 57–61.
18. Zhao Y., Wang J., Balleve O., Luo H., Zhang W. Antihypertensive effects and mechanisms of chlorogenic acids // Hypertens Res. 2012. Vol. 35(4). Pp. 370–374. DOI: 10.1038/hr.2011.195.
19. Саруханов А.В., Морозова А.И., Васильева Н.А., Крыленкин Д.В. Определение содержания флавоноидов в облученных образцах посредством спектрофотометрического анализа // Бюллетень науки и практики. 2019. Т. 5, №10. С. 32–39. DOI: 10.33619/2414-2948/47.
20. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchronbook, 2013. 310 с.
21. Жангазиева И.Т., Калганова Н.В., Полотнянко Н.А. Определение флавоноидных комплексов в составе рябины обыкновенной (литературный обзор) // Материалы X Международной студенческой научной конференции «Студенческий научный форум». 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006788?ysclid=li3yxqwi7f343823794>.

22. Иванова Е.В., Лукша Е.А., Калинин Г.И., Погодин И.С., Корнеева И.Н., Савченко И.А., Степанов А.Ф. Количественная оценка катехинов и лейкоантоцианов в растении *Aconogonon divaricatum* L. // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2017. Т. 20, №3. С. 3–6.
23. Иванова Е.В., Лукша Е.А., Калинин Г.И., Погодин И.С. Определение катехинов и лейкоантоцианов в надземной и подземной частях *Aconogonon divaricatum* L. // Вестник ВолгГМУ. 2016. №4 (60). С. 118–120.
24. Федосеева Л.М. Изучение дубильных веществ подземных и надземных вегетативных органов бадана толстолистного (*Bergenia crassifolia* (L.) fitch.), произрастающего на Алтае // Химия растительного сырья. 2005. №3. С. 45–50.
25. Червоная Н.М., Андреева О.А., Харченко И.И. О содержании дубильных веществ в соцветиях бархатцев распростертых // Научные ведомости. Серия Медицина. Фармация. 2016. №26 (247). С. 147–151.
26. Коренская И.М., Ивановская Н.П., Измалкова И.Е. Лекарственные растения и лекарственное растительное сырье, содержащее флавоноиды, кумарины и хромоны: учебное пособие. Воронеж, 2007. 78 с.
27. Хисматуллина Д.И., Нигматьянов А.А. Содержание флавоноидов в растительном сырье и их сохранность после термической обработки // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2017. №5(67). С. 222–224.
28. Михайлова И.В., Кузьмичева Н.А., Иванова Е.В., Воронкова И.П., Филиппова Ю.В., Шостак Е.И., Винокурова Н.В., Огурцова В.С., Таренкова И.В. Сравнительный анализ суммарного содержания флавоноидов в различных видах сырья боярышника кроваво-красного (*Crataegus sanguinea*) // Оренбургский медицинский вестник. 2019. Т. 7, №2 (26). С. 48–51.
29. Тринеева О.В., Сливкин А.И., Сафонова Е.Ф. Определение гидроксикоричных кислот, каротиноидов и хлорофилла в листьях крапивы двудомной (*Urtica dioica* L.) // Химия растительного сырья. 2015. №3. С. 105–110. DOI: 10.14258/jcrpm.201503522.
30. ОФС.1.5.3.0008.15 Определение содержания дубильных веществ в лекарственном растительном сырье и лекарственных растительных препаратах.
31. Загоскина Н.В. Полифенолы высших растений: структура, биосинтез, экологическая роль // Актуальные проблемы биологической и химической экологии: материалы V международной научно-практической конференции. М., 2016. С. 228–230.
32. Mikulič-Petkovšek M., Usenik V., Štampar F. The role of chlorogenic acid in the resistance of apples to apple scab (*Venturia inaequalis* (Cooke) G. Wind. Aderh.) // Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj. Kmet. 2003. Vol. 81. Pp. 233–242.
33. Троянов А.Г. Изучение содержания гидроксикоричных кислот в плодах рябины обыкновенной // Материалы I Международной научно-практической конференции «Нетрадиционное растительное сырье – резерв в решении проблемы создания пищевых продуктов разной функциональной направленности» (на платформе ЦКП «Эксперт»). Майкоп, 2022. С. 183–187.
34. Гостищев И.А., Дейнека В.И., Анисимович И.П., Третьяков М.Ю., Мясникова П.А., Дейнека Л.А., Сорокопудов В.Н. Каротиноиды, хлорогеновые кислоты и другие природные соединения плодов рябины // Научные ведомости. Серия Естественные науки. 2010. №3 (74). С. 83–92.
35. Исайкина Н.В., Калинин Г.И., Разина Т.Г., Зуева Е.П., Рыбалкина О.Ю., Ульрих А.В., Фёдорова Е.П., Шилова А.Б. Плоды рябины обыкновенной (*Sorbus aucuparia* L.) как источник средства для повышения эффективности химиотерапии опухолей // Химия растительного сырья. 2017. №4. С. 165–173. DOI: 10.14258/jcrpm.2017041839.
36. Стрельцина С.А., Бурмистров Л.А., Никитина Е.В. Питательные и биологически активные вещества в плодах рябины (*Sorbus* L.) в условиях Северо-Западной зоны садоводства России // Аграрная Россия. 2010. №3. С. 10–17.

Поступила в редакцию 22 июня 2023 г.

После переработки 7 ноября 2023 г.

Принята к публикации 13 марта 2024 г.

Nitsievskaya K.N., Stankevich S.V., Boroday E.V.* THE EFFECT OF THE PACKAGING METHOD ON THE CHANGE IN THE CONTENT OF PHENOLIC COMPOUNDS IN SORBUS AUCUPARIA FRUITS DURING STORAGE

Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology RAS, Centralnaya st., 2b, Krasnoobsk, 630501, Russia, borodajelena@yandex.ru

In the article there are presented changes in concentrations of phenolic compounds caused by applied methods of preservation in fruits of a rowan (*Sorbus aucuparia*). Samples have been preserved for 150 days with analyses having been done at 30, 90 and 150 days of preservation in 4 °C with the humidity of 67±2%. Preservation was carried out in shut polyethylene and vacuum package. Spectrophotometrically and by titrimetric (volumetric) analysis, there were detected concentrations of following phenolic compounds: monomeric such as flavonoids and polymeric (tannins). Analysis of the data of the studied samples of fruits of *Sorbus aucuparia* variety Nevezhinskaya (*Sorbus aucuparia* "Nevezhinskaja") in terms of the total content of flavonoid compounds was 53.126 mg/100g of absolutely dry substances., at the end of the storage period, sample No. 5 using vacuum packaging differed in the content of flavonoids at the level of 4.268 mg/100 g. Chlorogenic acid's concentration in 100 g of a natural product was examined to be 12.16 mg/100g at the beginning and 8.04 mg/100 g at the end of the preservation. Catechins concentration at the beginning of preservation equaled 29 mg/100g and lowered to 7 mg/100 g absolutely dry substances. The most tannins concentration loss during preservation was measured to be at 90 days of preservation, however there was believed to not to be any connection to the type of package samples were preserved in. On the other hand, total phenolic compounds' concentration in fruits of *Sorbus aucuparia* «Nevezhinskaja» diminished more in samples that were preserved in polyethylene, which is due to the presence of molecular oxygen during the preservation (sample #2, #4 at 90 days of preservation).. Preservation in vacuum package allows minimizing phenols' concentrations decrease for the period of up to 150 days.

Keywords: rowan, preservation, phenolic compounds, flavonoids, catechins, tannins.

For citing: Nitsievskaya K.N., Stankevich S.V., Boroday E.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 3, pp. 219–230. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240313148.

References

1. Mustafayeva L.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 3, pp. 215–220. DOI: 10.14258/jcprm.1403215. (in Russ.).
2. Blinnikova O.M. *Vestnik Michurinskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2013, no. 1, pp. 89–93. (in Russ.).
3. Demina N.V., Kochetov A.A., Shevchenko Ya.A., Smetanskaya I.N., Kanarskiy A.V., Kanarskaya Z.A. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2013, no. 16, pp. 124–126. (in Russ.).
4. Pisarev D.I., Novikov O.O. i dr. *Nauchnyye vedomosti. Meditsina. Farmatsiya*, 2010, no. 22 (93), pp. 123–128. (in Russ.).
5. Zinner N.S., Vysochina G.I., Kukushkina T.A., Sviridova T.P. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo universiteta. Biologiya*, 2010, no. 4 (12), pp. 116–122. (in Russ.).
6. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N. *Prirodnyye antioksidanty (ekologicheskiy aspekt): monografiya*. [Natural antioxidants (ecological aspect): monograph]. Kaliningrad, 2011. (in Russ.).
7. Kukushkina T.A., Sedel'nikova L.L. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2010, no. 2, pp. 123–126. (in Russ.).
8. Maslennikov P.V., Chupakhina G.N., Skrypnik L.N., Fedurayev P.V., Seledtsov V.I. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta*, 2014, no. 7, pp. 110–120. (in Russ.).
9. Marchishin S.M., Kozachok S.S. *Meditsina i obrazovaniye v Sibiri*, 2013, no. 4, p. 70. (in Russ.).
10. Koltsov V.A., Mironov A.M. *Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Netraditsionnoye rastitel'noye syr'ye – rezerv v reshenii problemy sozdaniya pishchevykh produktov raznoy funktsional'noy napravlenosti» (na platforme TSKP «Ekspert»)*. [Proceedings of the I International scientific and practical conference “Non-traditional plant raw materials – a reserve in solving the problem of creating food products of different functional orientation” (on the platform of the CCU “Expert”). Maykop, 2022, pp. 85–89. (in Russ.).
11. Medvedev Yu.V., Perederyayev O.I., Arzamastsev A.P. i dr. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2010, no. 3, pp. 25–31. (in Russ.).
12. Aptikeyeva D.D. *Materialy XV Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum»*. [Proceedings of the XV International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"]. 2023. URL: <https://scienceforum.ru/2023/article/2018033595>. (in Russ.).
13. Pchelkin V.P. *ChemInform*, 2003, vol. 34(19), pp. 27–29. DOI: 10.1002/chin.200319277.
14. Häusler M., Ganzera M., Abel G., Popp M. *Chromatographia*, 2002, vol. 56(7), pp. 407–411. DOI: 10.1007/BF02492002.
15. Khranov V.A., Dmitrenko N.V. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2000, no. 11, pp. 34–35. (in Russ.).
16. Shapovalova I.Ye., Fedyakina Z.P. *Sovremennyye problemy nauki, proizvodstva i obrazovaniya*, 2013. URL: <http://www.sworld.com.ua/index.php/ru/conference/the-contentofconferences/archives-of-individual-conferences/june-2013>. (in Russ.).
17. Deyneka V.I., Khlebnikov V.A., Sorokopudov V.N., Anisimovich I.P. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 1, pp. 57–61. (in Russ.).
18. Zhao Y., Wang J., Balleve O., Luo H., Zhang W. *Hypertens Res.*, 2012, vol. 35(4), pp. 370–374. DOI: 10.1038/hr.2011.195.
19. Sarukhanov A.V., Morozova A.I., Vasil'yeva N.A., Krylenkin D.V. *Byulleten' nauki i praktiki*, 2019, vol. 5, no. 10, pp. 32–39. DOI: 10.33619/2414-2948/47. (in Russ.).

* Corresponding author.

20. Tarakhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov Ye.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina*. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino, 2013, 310 p. (in Russ.).
21. Zhangaziyeva I.T., Kalganova N.V., Polotnyanko N.A. *Materialy X Mezhdunarodnoy studencheskoy nauchnoy konferentsii «Studencheskiy nauchnyy forum»*. [Proceedings of the X International Student Scientific Conference "Student Scientific Forum"]. 2018. URL: <https://scienceforum.ru/2018/article/2018006788?ysclid=li3yxqwi7f343823794>. (in Russ.).
22. Ivanova Ye.V., Luksha Ye.A., Kalinkina G.I., Pogodin I.S., Korneyeva I.N., Savchenko I.A., Stepanov A.F. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2017, vol. 20, no. 3, pp. 3–6. (in Russ.).
23. Ivanova Ye.V., Luksha Ye.A., Kalinkina G.I., Pogodin I.S. *Vestnik VolgGMU*, 2016, no. 4 (60), pp. 118–120. (in Russ.).
24. Fedoseyeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 3, pp. 45–50. (in Russ.).
25. Chervonnaya N.M., Andreyeva O.A., Kharchenko I.I. *Nauchnyye vedomosti. Seriya Meditsina. Farmatsiya*, 2016, no. 26 (247), pp. 147–151. (in Russ.).
26. Korenskaya I.M., Ivanovskaya N.P., Izmalkova I.Ye. *Lekarstvennyye rasteniya i lekarstvennoye rastitel'noye syr'ye, sodержashcheye flavonoidy, kumariny i khromony: uchebnoye posobiye*. [Medicinal plants and medicinal plant materials containing flavonoids, coumarins and chromones: a textbook]. Voronezh, 2007, 78 p. (in Russ.).
27. Khismatullina D.I., Nigmat'yanov A.A. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2017, no. 5(67), pp. 222–224. (in Russ.).
28. Mikhaylova I.B., Kuz'micheva N.A., Ivanova Ye.V., Voronkova I.P., Filippova Yu.V., Shostak Ye.I., Vinokurova N.V., Ogurtsova V.S., Tarenkova I.V. *Orenburgskiy meditsinskiy vestnik*, 2019, vol. 7, no. 2 (26), pp. 48–51. (in Russ.).
29. Trineyeva O.V., Slivkin A.I., Safonova Ye.F. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 3, pp. 105–110. DOI: 10.14258/jcprm.201503522. (in Russ.).
30. OFS.1.5.3.0008.15. *Opredeleniye sodержaniya dubil'nykh veshchestv v lekarstvennom rastitel'nom syr'ye i lekarstvennykh rastitel'nykh preparatakh*. [OFS.1.5.3.0008.15. Determination of the content of tannins in medicinal plant materials and medicinal plant preparations]. (in Russ.).
31. Zagoskina N.V. *Aktual'nyye problemy biologicheskoy i khimicheskoy ekologii: materialy V mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Actual problems of biological and chemical ecology: materials of the V international scientific and practical conference]. Moscow, 2016, pp. 228–230. (in Russ.).
32. Mikulič-Petkovšek M., Usenik V., Štampar F. *Zb. Bioteh. Fak. Univ. Ljublj. Kmet.*, 2003, vol. 81, pp. 233–242.
33. Troyanov A.G. *Materialy I Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Netraditsionnoye rastitel'noye syr'ye – rezerv v re-shenii problemy sozdaniya pishchevykh produktov raznoy funkcional'noy napravlenosti» (na platforme TSKP «Ekspert»)*. [Proceedings of the I International scientific and practical conference "Non-traditional plant raw materials - a reserve in solving the problem of creating food products of different functional orientation" (on the platform of the CCU "Expert")]. Maykop, 2022, pp. 183–187. (in Russ.).
34. Gostishchev I.A., Deyneka V.I., Anisimovich I.P., Tret'yakov M.Yu., Myasnikova P.A., Deyneka L.A., Sorokopu-dov V.N. *Nauchnyye vedomosti Seriya Yestestvennyye nauki*, 2010, no. 3 (74), pp. 83–92. (in Russ.).
35. Isaykina N.V., Kalinkina G.I., Razina T.G., Zuyeva Ye.P., Rybalkina O.Yu., Ul'rikh A.V., Fodorova Ye.P., Shilova A.B. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 165–173. DOI: 10.14258/jcprm.2017041839. (in Russ.).
36. Strel'tsina S.A., Burmistrov L.A., Nikitina Ye.V. *Agrarnaya Rossiya*, 2010, no. 3, pp. 10–17. (in Russ.).

Received June 22, 2023

Revised November 7, 2023

Accepted March 13, 2024

Сведения об авторах

Нициевская Ксения Николаевна – кандидат технических наук, доцент, ведущий научный сотрудник отдела пищевых систем и биотехнологий, nitsievskayakn@sfscs.ru

Станкевич Светлана Владимировна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник отдела пищевых систем и биотехнологий, stankevichsv@sfscs.ru

Бородай Елена Валерьевна – старший научный сотрудник отдела пищевых систем и биотехнологий, borodajelena@yandex.ru

Information about authors

Nitsievskaya Kseniya Nikolaevna – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, nitsievskayakn@sfscs.ru

Stankevich Svetlana Vladimirovna – Candidate of Agricultural Sciences, Senior researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, stankevichsv@sfscs.ru

Boroday Elena Valerievna – Senior researcher, Department of Food Systems and Biotechnology, borodajelena@yandex.ru