


БИОФЛАВОНОИДЫ ЯГОД ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ В ПРОЦЕССЕ ИХ ХРАНЕНИЯ

И.В. Ершова 

ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», 656910, Научный городок, 35, г. Барнаул, Россия, niilisavenko20@yandex.ru

Аннотация

Земляника садовая (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) является перспективным и доступным продуцентом биологически активных фенольных соединений – биофлавоноидов, которые являются мощными природными антиоксидантами. Кроме того, они играют большую роль в формировании вкуса и цвета плодов, влияя на эти показатели и в процессе хранения и переработки, обуславливая сроки хранения продукции, ее пищевую ценность и привлекательность для потребителя. В статье представлены результаты исследования суммарного содержания биофлавоноидов, а также – отдельных фракций, антоцианов, флаванов (катехины, процианидины), флавонолов в ягодах земляники, выращенной в условиях лесостепной зоны Алтайского края. Установлены сортовые различия и диапазоны изменчивости соответствующих показателей. Выделены перспективные генотипы, представляющие интерес по данному признаку, с максимальным сохранением исходного уровня биофлавоноидов после хранения ягод в замороженном виде. Исследования осуществлялись в 2017...2019 гг. Объекты исследований – сорта и гибриды земляники селекции института и интродуцированные сорта. Для изучения изменения качества ягод в процессе хранения свежие плоды замораживали и хранили при температуре -18°C в пластиковой таре в течение 5 месяцев. Содержание биофлавоноидов определяли спектрофотометрическими и колориметрическими методами в этанольных экстрактах плодов. Суммарное содержание биофлавоноидов в ягодах земляники составляет в среднем 438,7 мг/100 г с диапазоном варьирования признака 280,0...704,9 мг/100 г. Установлено снижение их содержания в ягодах культуры после 5 месяцев хранения в замороженном виде. Степень снижения зависит от сортовых особенностей и может составлять 11,4...36,3% от первоначального количества. Потери антоцианов в ягодах земляники в процессе хранения варьируют в пределах 4...35%, катехинов – 6,0...39,8%, процианидинов – 3,4...33,2%, флавонолов – 7...56%. Сорта земляники Барабинская, Анастасия, Забелинская, Фестивальная ромашка, ремонтантные формы Р-Л-09-11, Р-Л-08-23 признаны пригодными для хранения в замороженном виде, как наиболее полно сохраняющие исходное качество ягод после их длительного хранения.

Ключевые слова: земляника садовая, сорта, гибриды, плоды, замораживание, химический состав, биофлавоноиды, антоцианы, флаваны, флавонолы

BIOFLAVONOIDS IN STRAWBERRY BERRIES DURING THEIR STORAGE

I.V. Ershova 

Federal Altai Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, 656910, Nauchnii gorodok, 35, Barnaul, Russia, niilisavenko20@yandex.ru

Abstract

Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) is a prospective and affordable producer of biologically active phenol compounds - bioflavonoids, which are powerful natural antioxidants. Furthermore, they play an important role in the formation of taste and color of the fruits, and also influence these

qualities during storage and processing, thus, determining the possible period of storage of strawberries, their nutritional value and attractiveness for the consumer. This article presents the conclusions of research of total content of bioflavonoids, as well as separate fractions, anthocyanins, flavans (catechins, procyanidins) and flavonols in strawberry berries grown in the forest-steppe zone of the Altai Region. Varietal differences and variability range of the above mentioned indicators were determined. Prospective genotypes with the maximum preservation of their initial level of bioflavonoids after the storage of frozen berries were revealed. The research was carried out in 2017—2019. The research objects were fresh and frozen fruits of introduced strawberry cultivars, as well as cultivars and hybrids of M.A. Lisavenko Research Institute's own breeding. In order to study the changes in quality of the berries during storage, fresh berries were frozen and stored in plastic packaging for 5 months at the temperature of 18°C. The content of bioflavonoids was determined by spectrophotometric and colorimetric methods in ethanol extracts of the fruits. The total content of bioflavonoids in strawberry berries was, on average, 438.7 mg/100 g, ranging from 280.0 to 704.9 mg/100 g. Their content decreased in the berries after 5 months of frozen storage. The extent of decrease depends on the varietal features and can be 11—36% of the initial quantity. The decrease in anthocyanins in strawberry berries during storage varied from 4 to 35%, in catechins – from 6 to 39.8%, in procyanidins – from 3.4 to 33.2%, in flavonols – from 7 to 56%. The strawberry cultivars Barabinskaya, Anastasia, Zabelinskaya, Festivalnaya Romashka, and ever-bearing hybrids R-L-09-11 and R-L-08-23 were accepted as suitable for frozen storage, since they preserved the initial quality of the berries after their long-term storage at the highest level.

Key words: strawberry, varieties, hybrids, fruits, berries, freezing, chemical composition, bioflavonoids, anthocyanins, flavans, flavonols

Введение

Биофлавоноиды являются представителями обширного класса полифенольных соединений растительного происхождения, одними из наиболее значимых продуктов вторичного метаболизма растений. В большинстве своем они являются биологически активными веществами (БАВ), которые играют важную и разнообразную роль как в жизнедеятельности последних, так и организма человека. Эти метаболиты принимают участие в росте, развитии растений, дыхании, фотосинтезе, а также – защите от действия стрессовых факторов. Их фармакологический потенциал обуславливается противовоспалительными, антимикробными, антиканцерогенными, капилляроукрепляющими, гепато- и нейропротекторными, адаптогенными свойствами (Упадышев, 2008; Тараховский и др., 2013). Кроме того, на сегодняшний день флавоноиды признаны одними из самых мощных антиоксидантов, препятствующих развитию окислительного стресса в клетках, способных активировать природные механизмы клеточной защиты от свободных радикалов (Гудковский, 2001; Es-Safi et al., 2007; Terao, 2009; Fang, 2015). В организме человека флавоноиды не синтезируются, присутствие их в клетках и тканях полностью зависит от потребления в пищу растительных продуктов. Немаловажным является тот факт, что ценные свойства природных фенольных соединений (ФС) не утрачиваются при поступлении их в организм человека, благодаря чему они успешно используются как в пищевом рационе, так и в качестве лекарственных препаратов. Примечательно, что биофлавоноиды обладают меньшей токсичностью, зачастую – большей эффективностью, чем лекарственные препараты аналогичного действия из других источников. Традиционно, в качестве богатейших источников биологически активных ФС рассматривают плодовые и

ягодные культуры, в связи с чем остается актуальной тенденция изучения их в качестве ингредиентов для функционального и диетического питания, получения новых лекарственных препаратов, пигментов, ароматизаторов, биологически активных добавок и т.п. Повышение содержания биофлавоноидов в плодах и связанной с ним антиоксидантной активности приобретает все большее значение в селекционных программах по культурам.

Земляника садовая (*Fragaria × ananassa* Duch.) является перспективным и доступным продуцентом биологически активных ФС. Наряду с превосходными органолептическими свойствами ее ягоды обогащены биоантиоксидантами и полезными макро- и микронутриентами: углеводами, органическими и аминокислотами, пектиновыми веществами, разнообразен их минеральный состав. В эффективных количествах синтезируются витамин С, биофлавоноиды, фолиевая и эллаговая кислоты и др. (Moog, 2005; Rekika, 2005; Seeram, 2006; Стольникова, 2011; Причко, 2016; Акимов, 2020). Флавоноиды ягод культуры в большей степени представлены антоцианами, флаванами (катехины, процианидины), флавонолами. Незначительная часть приходится на флаванолы, фенольные кислоты, танины. Состав и количество флавоноидов во многом определяют биологическую ценность плодов для человека. Установлено, что антиоксидантная активность напрямую коррелирует с содержанием антоцианов, обуславливающих многообразие их окраски (Rekika, 2005; Упадышев, 2008; Тараховский и др., 2013). Кроме этого, они обладают антибактериальными, противовоспалительными, антиканцерогенными свойствами, оказывают положительное влияние на сосудистую систему, зрительный аппарат. Катехины и процианидины также играют большую роль в профилактике различных заболеваний, проявляя ярко выраженную Р-витаминную, антирадикальную активность, антиканцерогенное, нейро- и кардиопротекторное действие. Они поддерживают нативную структуру коллагена, препятствуя его разрушению, обладают целым рядом других бесценных свойств (Arts, 2002). Флавонолы препятствуют развитию атеросклероза, проявляют противовоспалительную и противовирусную активность, антиаллергенное и ряд других действий. Такое многообразие полезных для здоровья человека свойств биофлавоноидов обуславливают ценность ягод земляники как сырьевого источника для получения высококачественных, функциональных продуктов питания.

Как известно, период потребления свежих ягод культуры ограничен малым временным интервалом, они отличаются пониженной транспортабельностью, низкой сохранностью, в то время как для полноценного питания необходимо как можно более длительное (желательно, круглогодичное) наличие их в рационе человека. Одним из доступных и достаточно эффективных способов сохранения в плодах ценных БАВ является замораживание, позволяющее сохранять свойства, структуру и пищевую ценность плодов и ягод, производить их более глубокую переработку, получать качественно новые продукты. Установлено, что в формировании вкуса и цвета плодов большую роль играют также ФС, влияя на эти показатели и в процессе хранения и переработки, обуславливая сроки хранения продукции, ее пищевую ценность и привлекательность для потребителя. Поэтому актуальной задачей, в данном случае, является подбор сортов земляники, пригодных для замораживания, с высоким уровнем биофлавоноидов в ягодах, сохраняющих его в замороженных продуктах.

В связи с вышесказанным, целью данной работы было выявление специфики накопления биологически активных ФС в ягодах земляники, выращенной в условиях лесостепной зоны Алтайского края, выделение перспективных форм с высокими соответствующими показателями, максимальным сохранением исходного уровня БАВ после хранения ягод в замороженном виде.

Материалы и методы

Исследования осуществлялись на базе лаборатории индустриальных технологий и экспериментально-производственных подразделений отдела НИИ садоводства Сибири (НИИСС) ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» в 2017...2019 гг. Объекты исследований – интродуцированные сорта, а также – сорта и два ремонтантных гибрида земляники селекции НИИСС, перспективные по хозяйственно-ценным признакам: Фестивальная ромашка – контроль (Украинский НИИС, г. Киев, здесь и далее указано происхождение сортообразца), Анастасия (НИИСС), Барабинская (НИИСС), Забелинская (НИИСС), Кама (Польша), Крымская ремонтантная (Крымская ОС), Рубиновый кулон (Мичуринск, ЦГЛ), Солнечная полянка (НИИСС), Р-Л-08-23 (НИИСС), Р-Л-09-11 (НИИСС). Ягоды земляники замораживали и хранили при температуре -18°C в пластиковой таре. Суммарное содержание биофлавоноидов и отдельных фракций (антоцианов, флаванов, флавонолов) определяли спектрофотометрическими и колориметрическими методами после их экстракции из ягод 96%-ным этанолом из расчета его 80%-ной конечной концентрации (в случае определения общего содержания ФС и флавонолов) и 96%-ным этанолом, подкисленным 1% HCl (в случае определения катехинов, процианидинов и антоцианов) (Ермаков, 1987; Самородова-Бианки, 1989). Полученные результаты обрабатывали методами математической статистики в программе MS Excel.

Результаты и их обсуждение

Изучению вопроса сохранности биологически активных ФС предшествовали наши исследования суммарного содержания биофлавоноидов в свежих ягодах земляники. Количество их в годы исследований варьировало в весьма широком диапазоне, что свидетельствовало о выраженных генотипических и межсезонных различиях в их накоплении. Дисперсионный анализ полученных данных позволил установить достоверность различий между сортообразцами по уровню аккумуляции ФС (таблица 1).

Таблица 1 – Содержание биофлавоноидов в ягодах земляники, мг/100 г (среднее за 2017...2019 гг.)

Сортообразец	Сумма	Катехины	Антоцианы	Процианидины	Флавонолы
Фестивальная ромашка	420,7	18,9	94,2	252,4	16,0
Анастасия	470,8	27,6	81,9	318,5	18,7
Барабинская	560,7	36,9	107,5	338,5	13,5
Забелинская	429,4	13,3	138,3	213,9	32,1
Кама	423,5	23,2	138,2	156,1	17,6
Крымская ремонтантная	411,0	31,9	95,3	155,7	29,3
Рубиновый кулон	479,3	27,3	103,5	274,7	7,4
Солнечная полянка	326,2	22,0	151,9	105,8	17,3
Р-Л-08-23	500,6	31,6	152,8	240,3	15,9
Р-Л-09-11	336,5	16,6	88,1	203,1	13,6
Среднее	438,7	24,9	115,2	225,9	18,1
НСР ₀₅	51,5	7,0	25,7	49,5	7,0

Их среднее содержание составило 438,7 мг/100 г с диапазоном изменчивости признака по годам 280,0...704,9 мг/100 г. Согласно полученным данным, большая часть изученных сортообразцов в этом отношении характеризуется хорошим потенциалом. Однако наибольшей итоговой степенью проявления признака отличились сорта Барабинская, Рубиновый кулон и ремонтантная форма Р-Л-08-23.

Сорт селекции НИИСС Барабинская выделился максимальным за три года значением среднего показателя содержания ФС – 560,7 мг/100 г и самым высоким уровнем их

накопления – 704,9 мг/100 г (рисунок 1). При этом для него был установлен и повышенный уровень изменчивости признака в зависимости от метеоусловий вегетационного периода ($V = 23,5\%$), о чем свидетельствовало и высокое значение коэффициента регрессии $b_i = 3,13$. Хорошим потенциалом характеризовались интродуцированный сорт Рубиновый кулон и ремонтантная форма Р-Л-08-23. Количество ФС в плодах первого достигало 662 мг/100 г, однако сорт был крайне нестабилен в проявлении признака ($V = 36,6\%$, $b_i = 4,3$). Для формы Р-Л-08-23 установлена средняя степень гомеостаза признака ($V = 20\%$, $b_i = 2,12$) с его максимальным значением 562,5 мг/100 г. Необходимо отметить, что, несмотря на выраженную зависимость значений показателей указанных сортообразцов от средовых факторов, они всегда выделялись высоким уровнем аккумуляции ФС в ягодах, что говорит об их особой ценности. В случае ремонтантной формы появляется возможность существенно продлить употребление в пищу свежей ягоды земляники улучшенного качества.



Рисунок 1 – Суммарное содержание биофлавоноидов в ягодах земляники, наибольшие показатели по сортам

Довольно продуктивными в отношении синтеза биофлавоноидов показали себя сорта селекции НИИСС Анастасия и Забелинская, крымской селекции – Крымская ремонтантная, польский сорт Кама. Первые два сорта отличились высокой степенью гомеостатичности признака ($V = 10,0$ и 5% соответственно, $b_i = 1,2$ и $0,4$ соответственно), что указывает на большую обусловленность его генотипом. В среднем количество ФС в их ягодах было близко к контрольному (сорт Фестивальная ромашка), однако их потенциальные возможности лежат в пределах 450...550 мг/100 г. Является очевидной перспективностью указанных сортообразцов как источников повышенного содержания биофлавоноидов.

Для изучения проблемы сохранности данной группы БАВ в ягодах в процессе хранения в замороженном виде проводился соответствующий анализ через 5 месяцев хранения. Полученные результаты свидетельствовали о снижении уровня содержания биофлавоноидов в процессе хранения (рисунок 2). Степень снижения зависела от сортовых особенностей и составила в среднем 11,4...36,3% от первоначального количества.

Так, для сорта Рубиновый кулон эти потери были наибольшими – 36,3%, с 479 мг/100 г до 305 мг/100 г. На 30,5% снизилось содержание ФС в ягодах сорта Кама, с 424 мг/100 г до 294 мг/100 г. В пределах 20% наблюдалось уменьшение количества биофлавоноидов в ягодах сортов Анастасия, Барабинская, Крымская ремонтантная. Минимальными были

потери ФС у ремонтантной формы Р-Л-09-11 (11,4%), сорта Забелинская (12,5%). Отмечен тот факт, что в большинстве своем, значительными потерями отличались сорта и формы, ягоды которых наиболее богаты биофлавоноидами. Часть из образцов при этом может сохранять в целом их высокий уровень, это ремонтантные формы Р-Л-08-23, Р-Л-09-11, сорта Барабинская Анастасия, Забелинская.



Рисунок 2 – Суммарное содержание биофлавоноидов в свежих ягодах земляники и в ягодах после дефростации (5 месяцев хранения)

Нашими исследованиями было установлено, что большая часть комплекса ФС ягод земляники принадлежит лейкоформам антоциановых пигментов – процианидинам (58,8%), в значительной степени представлены антоцианы (30,0%), в меньшей – катехины (6,5%) и флавонолы (4,7%) (таблица 1).

Наиболее значимой для земляники группой биофлавоноидов являются антоцианы, которые в большей степени обеспечивают их высокую антиоксидантную активность (Rekika, 2005; Упадышев, 2008; Тараховский и др., 2013). Они также определяют пригодность сортообразцов к замораживанию и технологической переработке, их товарный вид. Антоцианы представляют большой интерес для пищевой промышленности в качестве природных красителей, поскольку обуславливают широкий диапазон окраски плодов. В соответствии с требованиями селекционной программы по культуре (Зубов, Попова, 1995), содержание антоцианов в ягодах должно составлять не менее 50 мг/100 г, а в ягодах перспективных сортов – более 80 мг/100 г. Количество антоцианов в исследованных нами сортообразцах изменялось в пределах 66,0...201,5 мг/100 г при среднем значении признака 115,2 мг/100 г. Судя по полученным данным, большинство сортообразцов отличается высоким уровнем содержания антоцианов (обеспечивая тем самым необходимую для человека суточную норму их потребления – 50 мг/100 г – при использовании всего лишь 100 г ягод). Максимальная за годы исследований аккумуляция антоцианов была установлена в ягодах сорта Кама – 201,5 мг/100 г при среднем показателе 138,2 мг/100 г. Высоким уровнем содержания антоцианов в ягодах характеризовались ремонтантная форма Р-Л-08-23 (152,8 мг/100 г – среднее за период изучения – здесь и далее), сорта Солнечная полянка (151,9 мг/100 г), Забелинская (138,3 мг/100 г), Кама (138,2 мг/100 г), Барабинская (107,5 мг/100 г), Рубиновый кулон (103,5 мг/100 г) (таблица 1). Таким образом, очевидной является ценность этих сортообразцов, если брать во внимание вышесказанное, а также соответствующие данные других исследователей. Так, в условиях Орловской области максимальные значения показателя содержания антоцианов для культуры достигают лишь 107 мг/100 г с диапазоном варьирования 16...107 мг/100 г (Макаркина, 2017).

Заметно более низкое содержание этой группы ФС установлено для сортов и форм земляники ФНЦ им. И.В. Мичурина – 19,8...108,5 мг/100 г (Жбанова, 2019). Ягоды земляники, произрастающей в условиях Краснодарского края, накапливают от 62,3 до 102,3 мг/100 г антоцианов (Причко, 2012). Повышенный уровень аккумуляции ФС в плодах в более суровых условиях Сибири вполне объясним, если принимать во внимание ту важную роль, которую играют ФС в жизнедеятельности растений, в частности, в адаптации к климатическим условиям, защите от стрессовых факторов.

Показатели потери антоцианов в ягодах земляники в процессе хранения, в зависимости от сорта, составили диапазон 4...35% (рисунок 3). Сохранение фракции в большей степени и ее высокий уровень после дефростации установлены у ремонтантной формы Р-Л-08-23 (потеря составила 4%, в среднем, от 165 до 158,5 мг/100 г), сорта Крымская ремонтантная (8%, от 99,3 до 91,4 мг/100 г), о чем свидетельствовала и окраска ягод после размораживания. А для сорта Рубиновый кулон эти потери были наибольшими – 35%, с 93,4 мг/100 г до 60,7. На 26,5% снизилось содержание ФС в ягодах сорта Кама, со 158,7 мг/100 г до 116,7 мг/100 г, на 21% – сорта Солнечная полянка. В пределах 13% наблюдалось уменьшение количества антоцианов в ягодах сортов Анастасия, Фестивальная ромашка. Таким образом, с точки зрения сохранности фракции антоцианов в ягодах земляники были признаны наиболее подходящими для хранения в замороженном виде сорта Крымская ремонтантная, Анастасия, Фестивальная ромашка, Забелинская, форма Р-Л-08-23.

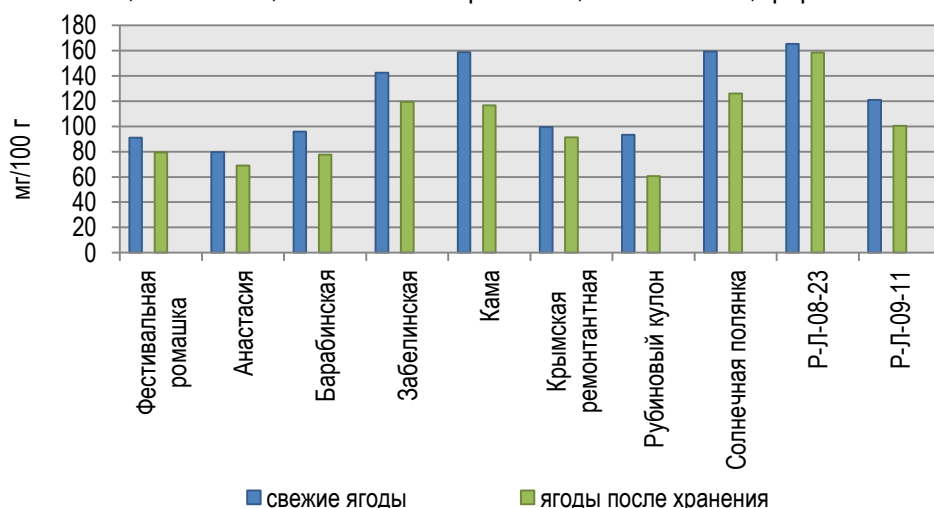


Рисунок 3 – Содержание антоцианов в свежих ягодах земляники и ягодах после хранения

Средний по сортообразцам уровень накопления катехинов составил 24,9 мг/100 г (таблица 1) с диапазоном варьирования показателя от 12,3 до 78,8 мг/100 г (рисунок 4). В данном случае явно выделяется ремонтантная форма Р-Л-08-23 с максимальной степенью проявления признака – 78,8 мг/100 г, богаты катехинами ягоды сортов Крымская ремонтантная, Барабинская с соответствующими показателями 50,7 и 38,5 мг/100 г. И как можно видеть на рисунке 4, в процессе хранения для ягод сорта Крымская ремонтантная установлена наибольшая потеря данной фракции – почти 40% от первоначального количества. У остальных сортов потери были не столь существенны, для большинства из них – менее 18%. У сорта Барабинская они были минимальны – всего 6% от исходного количества, у сортов Фестивальная ромашка, Анастасия, Забелинская формы Р-Л-09-11 – от 8 до 14%.

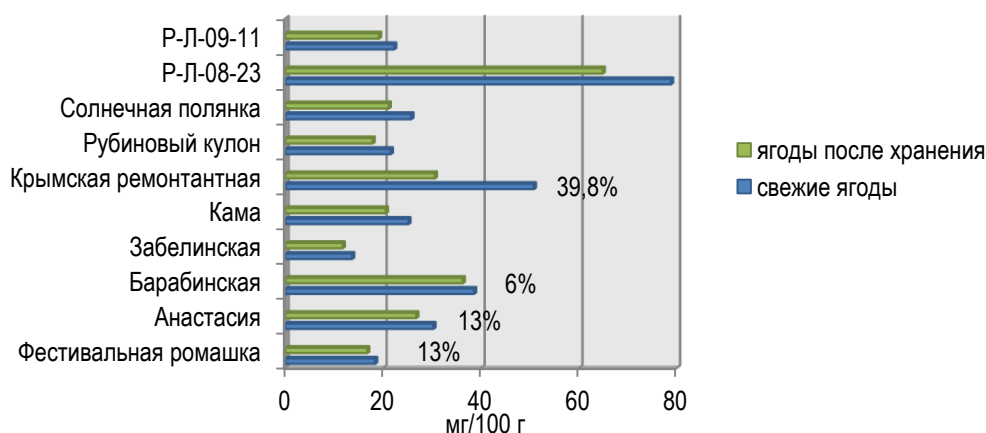


Рисунок 4 – Содержание катехинов в свежих ягодах земляники и ягодах после хранения

Схожая картина наблюдалась при изучении сохранности данной фракции ФС после 3 месяцев хранения в замороженном виде ягод земляники, выращенной в условиях Краснодарского края (Причко, 2012). В свежих ягодах уровень катехинов был несколько выше установленного нами (57,2...127 мг/100 г), потери же их при хранении составили от 2 до 20% в зависимости от сорта.

Фракция процианидинов, как было выявлено в ходе исследований, является количественно ведущей группой в комплексе биофлавоноидов ягод земляники. Содержание их варьировало в диапазоне 101,4...318,0 мг/100 г при среднем показателе 225,9 мг/100 г, как демонстрирует рисунок 5. Группу сортов с повышенной концентрацией в плодах процианидинов – от 200 до 300 мг/100 г – составили сорта Барабинская, Анастасия, Рубиновый кулон, гибридная форма P-Л-08-23. Высокой степенью сохранности фракции при хранении ягод в замороженном виде отличилась ремонтантная форма P-Л-09-11, для нее потери составили 3,4%. Для сорта Забелинская установлено 94% сохранности, 92% – для сортов Анастасия, Барабинская, Рубиновый кулон. 33% от первоначального количества утратили плоды сорта Кама.

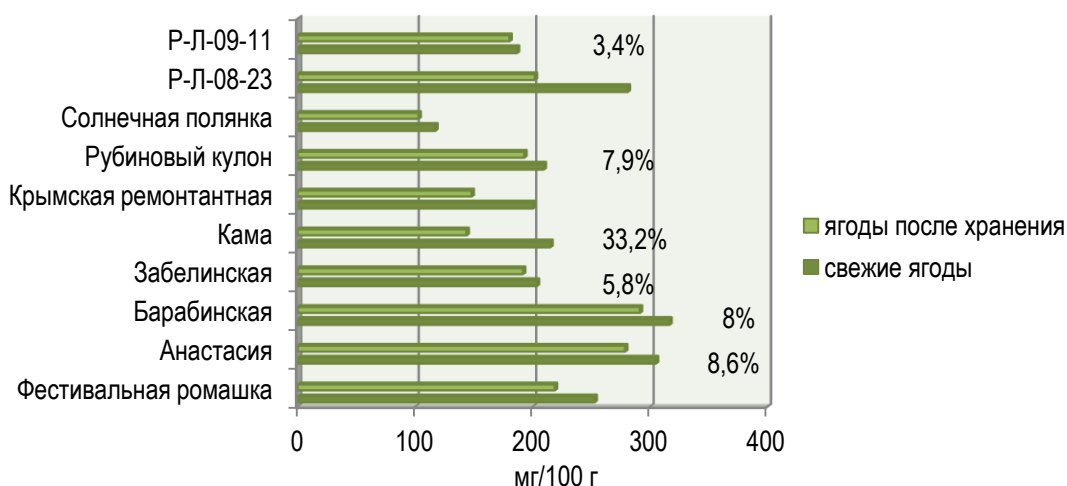


Рисунок 5 – Содержание процианидинов в свежих ягодах земляники и ягодах после хранения

Незначительный количественный вклад в комплекс биофлавоноидов ягод культуры, но не менее функционально значимый, обеспечивают флавонолы, накопление которых

достигает в среднем 18,1 мг/100 г и изменяется в зависимости от сорта от 11,6 до 38,6 мг/100 г (рисунок 6). Максимальные значения показателя, около 40 мг/100 г, в разные годы были установлены для сорта Крымская ремонтантная, 30-ти мг/100 г – для формы Р-Л-08-23 и сорта Забелинская. Для остальных объектов область значений лежала ниже 20 мг. Потери флавонолов в процессе хранения ягод, в зависимости от сорта, достигали 56% у сорта Крымская ремонтантная, 48,9% – у сорта Кама, 41% – у сорта Рубиновый кулон. Наибольшую сохранность данной фракции – от 93 до 86% – имели сорта Фестивальная ромашка, Барабинская, Забелинская, Солнечная полянка, форма Р-Л-09-11.

Таким образом, наиболее лабильной фракцией при хранении ягод оказались флавонолы, менее подвержены количественным изменениям антоцианы и процианидины, что очевидно положительно сказывается на товарном виде замороженной продукции.

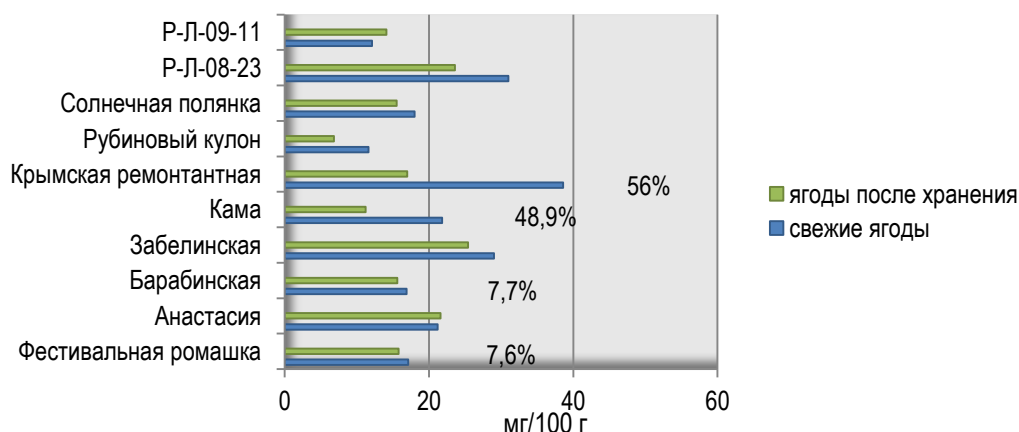


Рисунок 6 – Содержание флавонолов в свежих ягодах земляники и ягодах после хранения

Заключение

Резюмируя итоги данных исследований, следует отметить большой потенциал сортообразцов земляники садовой, выращенной в условиях лесостепной зоны Алтая, в отношении синтеза биофлавоноидов, среди которых есть перспективные генотипы, наиболее полно сохраняющие исходное качество ягод после их длительного хранения в замороженном виде. К таковым можно отнести сорта селекции НИИСС Барабинская, Анастасия, Забелинская, ремонтантные формы Р-Л-09-11, Р-Л-08-23, а также интродуцированный сорт Фестивальная ромашка.

Суммарное содержание биофлавоноидов в ягодах земляники составляет в среднем 438,7 мг/100 г с диапазоном варьирования признака 280,0...704,9 мг/100 г. Перспективными источниками высокого содержания биофлавоноидов следует признать сорта Барабинская, Рубиновый кулон, Анастасия, ремонтантную форму Р-Л-08-23. Установлено снижение содержания биофлавоноидов в ягодах земляники после 5 месяцев хранения в замороженном виде. Степень снижения зависит от сортовых особенностей и может составлять 11,4... 36,3% от первоначального количества.

Преобладающей фракцией комплекса ФС ягод изученных сортообразцов земляники являются процианидины (58,8%), в значительной степени представлены антоцианы (30%), в меньшей – катехины (6,5%) и флавонолы (4,7%). Их количественное содержание составляет: антоцианы – 66,0...201,5 мг/100 г (115,2 мг/100 г в среднем), катехины – 12,3...78,8 мг/100 г (24,9 мг/100 г в среднем), процианидины – 101,4...318,0 мг/100 г (225,9 мг/100 г в среднем), флавонолы – 11,6...38,6 мг/100 г (18,1 мг/100 г в среднем). Повышенным уровнем накопления антоцианов отличаются ремонтантная форма Р-Л-08-23, сорта Солнечная полянка, Забелинская, Кама, Барабинская, Рубиновый кулон. Катехинами

богаты ягоды ремонтантной формы Р-Л-08-23, сортов Крымская ремонтантная, Барабинская. Значительным количеством процианидинов в ягодах отличаются сорта Барабинская, Анастасия, Рубиновый кулон, форма Р-Л-08-23, флавонолов – сорта Крымская ремонтантная, Забелинская, и также гибрид Р-Л-08-23.

Потери антоцианов в ягодах земляники в процессе хранения, в зависимости от сорта, составили диапазон 4...35%, катехинов – 6,0...39,8%, процианидинов – 3,4...33,2%, флавонолов – 7...56%.

Установленный нами уровень содержания биофлавоноидов в ягодах выделенных ценных сортообразцов земляники определяет их высокий антиоксидантный статус, они могут использоваться в селекционных программах, служить основой для получения функциональных продуктов питания, препаратов фармацевтики и т.п.

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Литература

1. Акимов М.Ю., Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В., Лыжин А.С. Плоды земляники садовой (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) как ценный источник пищевых и биологически активных веществ (обзор) // Химия растительного сырья. 2020. № 1. С. 5-18. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015511>. EDN: **IWNOKH**
2. Гудковский В.А. Антиокислительный комплекс плодов и ягод и его роль в защите живых систем (человек, растение, плод) от окислительного стресса и заболеваний // Основные итоги и перспективы научных исследований ВНИИСС им. И.В.Мичурина (1931-2001 гг.) Сб. науч. трудов. Тамбов, 2001, Т.1. С.76-88. EDN: **VWINTU**
3. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Миронов А.М. Витаминная и антиоксидантная ценность плодов сортов и отборных форм земляники селекции ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина» // Известия ТСХА. 2019. № 6. С. 36-48. <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-36-48>. EDN: **HFXKHC**
4. Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2017. № 2. С. 10-16. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00021>. EDN: **URNGPI**
5. Ермаков А.И., Арасимович В.В., Ярош Н.П., Перуанский Ю.В., Луковникова Г.А., Иконникова М.И. Методы биохимического исследования растений / Под ред. А.И. Ермакова. Л.: Агропромиздат, 1987. 430 с.
6. Причко Т.Г., Германова М.Г. Сорта земляники, рекомендуемые для быстрого замораживания // Плодоводство. 2012. Т. 24. С. 293-300. EDN: **RSOUTL**
7. Причко Т.Г., Германова М.Г. Пищевая и биологическая ценность ягод перспективных сортов земляники, произрастающих на юге России // Плодоводство и ягодоводство России. 2016. Т. 45. С. 137-144. EDN: **WDGDMN**
8. Зубов А.А., Попова И.В. Селекция земляники // Программа и методика селекции плодовых, ягодных и орехоплодных культур / под общ. ред. Е.Н. Седова. Орел: ВНИИСПК, 1995. 387-416 с. EDN: **HFAUWB**
9. Самородова-Бианки Г.Б., Стрельцина С.А. Исследования биологически активных веществ плодов: Методические указания. Л.:ВИР, 1989. 47 с.
10. Стольникова Н.П., Ершова И.В. Анализ коллекции земляники по биохимическому составу ягод в условиях колочной степи Алтайского края // Плодоводство. 2011. Т. 23. С. 307-313.
11. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М.: Изд. Дом МСП, 2008. 320с. EDN: **QKZJWR**

12. Тараховский Ю. С., Ким Ю. А., Абдрасилов Б. С., Музафаров Е. Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино: Synchrobook, 2013. 310 с.
13. Arts M., Haenen G., Wilms L.C. et al. Interactions between flavonoids and proteins: Effect on the total antioxidant capacity // *J. Agric. Food Chem.* 2002. Vol. 50, N 5. P. 1184-1187. <https://doi.org/10.1021/jf010855a>
14. Es-Safi, N.E., Ghidouche S., Ducrot P.H. Flavonoids: hemisynthesis, reactivity, characterization and free radical scavenging activity // *Molecules.* 2007. 12. P. 2228-2258. <https://doi.org/10.3390/12092228>
15. Fang J. Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects // *Nutrition.* 2015. Vol. 31, N11-12. P. 1301-1306. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.04.015>
16. Moor U., Karp K., Poldma P., Pae A. Cultural systems affect content of anthocyanins and vitamin C in strawberry fruits // *Europ. J. Hort. Sci.* 2005. Vol. 70, N 4. P. 195-201.
17. Rekika D., Khanizadeh S., Deschenes M., Lévassieur A., Charles M.T., Tsao R., Yang R. Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes // *HortScience.* 2005. Vol. 40, N 6. P. 1777-1781. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1777>
18. Seeram N.P., Lee R., Scheuller S., Heber D. Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy (LC-ESI-MS) // *Food Chemistry.* 2006. Vol. 97, N 1. P. 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.047>
19. Terao, J. Dietary flavonoids as antioxidants, *Forum Nutr.* 2009. 61. P. 87-94. <https://doi.org/10.1159/000212741>

References

1. Akimov, M.Yu., Lukyanchuk, I.V., Zhananova, E.V., & Lyzhin, A.S. (2020). The fruits of strawberry (*Fragaria* × *Ananassa* Duch.) as a valuable source of alimentary and biologically active substances (review). *Chemistry of plant raw materials*, 1, 5-18. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015511>. EDN: IWNOKH. (In Russian, English abstract).
2. Gudkovskiy, V.A. (2001). Antioxidant complex of fruits and berries and its role in the protection of living systems (human, plant, fruit) from the oxidative stress and diseases. In *The main conclusions and perspectives of research of I.V. Michurin All-Russian Research Institute of Horticulture (1931-2001)* (Vol 1, pp. 76-88). EDN: VWINTU. (In Russian).
3. Zhananova, E.V., Lukyanchuk, I.V., & Mironov, A.M. (2019). The vitamin and antioxidant value of fruits of varieties and selected forms of strawberry selected by FSBRI "FRC named after I.V. Michurin". *Izvestiya TSHA*, 6, 36-48. <https://doi.org/10.34677/0021-342x-2019-6-36-48>. EDN: HFXKHC. (In Russian, English abstract).
4. Makarkina M.A., & Pavel, A.R. (2017). Biologically active substances in strawberry berries grown in Orel region. *Contemporary horticulture*, 2, 10-16. <https://doi.org/10.24411/2218-5275-2017-00021>. EDN: URNGPI. (In Russian, English abstract).
5. Ermakov, A.I., Arasimovich, V.V., Yarosh, N.P., Peruanskii, Yu.V., Lukovnikova, G.A. & Ikonnikova, M.I. (1987). *Methods of biochemical research of plants*. A.I. Ermakov (Ed.). Leningrad: Agropromizdat, (In Russian).
6. Prichko, T.G., & Germanova, M.G. (2012). Strawberry varieties recommended for fast freezing. *Fruit-growing*, 24, 293-300. EDN: RSOUTL. (In Russian, English abstract).
7. Prichko, T.G., & Germanova, M.G. (2016). Alimentary and biological value of berries of prospective strawberry varieties grown in the South of Russia. *Pomiculture and small fruits culture in Russia*, 45, 137-144. EDN: WDGDMN. (In Russian, English abstract).
8. Zubov, A.A., & Popova, I.V. (1995). Strawberry breeding. In E.N. Sedov (Ed.), *Program and methods fruit, berry and nut crop breeding* (pp. 387-416). Orel: VNIISPK. EDN: HFAUWB. (In Russian).

9. Samorodova-Bianki, G.B., & Streltsina, S.A. (1989). *The research of biologically active substances in fruits: methodological guidelines*. VIR. (In Russian).
10. Stolnikova, N.P., & Ershova, I.V. (2011). The analysis of biochemical compounds in strawberry collection in the conditions of the forest steppe of Altai region. *Fruit-growing*, 23, 307-313. (In Russian, English abstract).
11. Upadishev, M.T. (2008). *The role of phenolic compounds in the process of life activity of garden plants*. Publishing House of SME. EDN: QKZJWR. (In Russian).
12. Tarakhovskiy, Yu.S., Kim, Yu.A., Abdrasilov, B.S., & Muzafarov, E.N. (2013). *Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine*. Synchrobook. (In Russian).
13. Arts, M., Haenen, G., Wilms, L.C. et al. (2002). Interactions between flavonoids and proteins: Effect on the total antioxidant capacity. *J. Agric. Food Chem.*, 50(5), 1184-1187. <https://doi.org/10.1021/jf010855a>
14. Es-Safi, N.E., Ghidouche, S., & Ducrot, P.H. (2007). Flavonoids: hemisynthesis, reactivity, characterization and free radical scavenging activity. *Molecules*, 12, 2228-2258. <https://doi.org/10.3390/12092228>
15. Fang, J. (2015). Classification of fruits based on anthocyanin types and relevance to their health effects. *Nutrition*, 31(11-12), 1301-1306. <https://doi.org/10.1016/j.nut.2015.04.015>
16. Moor, U., Karp, K., Poldma, P., & Pae, A. (2005). Cultural systems affect content of anthocyanins and vitamin C in strawberry fruits. *Europ. J. Hort. Sci.*, 70(4), 195-201.
17. Rekika, D., Khanizadeh, S., Deschenes, M., Levasseur, A., Charles, M.T., Tsao, R., & Yang, R. (2005). Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes. *HortScience*, 40(6), 1777-1781. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.40.6.1777>
18. Seeram, N.P., Lee, R., Scheuller, S., & Heber, D. (2006). Identification of phenolic compounds in strawberries by liquid chromatography electrospray ionization mass spectroscopy (LC-ESI-MS). *Food Chemistry*, 97(1), 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2005.02.047>
19. Terao, J. (2009). Dietary flavonoids as antioxidants, *Forum Nutr.*, 61, 87-94. <https://doi.org/10.1159/000212741>

Автор:

Инесса Васильевна Ершова, кандидат биологических наук, доцент, ведущий научный сотрудник, руководитель лаборатории промышленных технологий отдела НИИ садоводства Сибири им. М.А. Лисавенко ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий», inessers@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3200-6020

Author details:

Inessa Ershova, PhD in Biology, associate professor, lead researcher, head of the laboratory of industrial technologies at the M.A. Lisavenko Research Institute branch of Federal Altai Scientific Centre of Agro-Biotechnologies, inessers@yandex.ru
ORCID: 0000-0003-3200-6020