

УДК 634.75:581.19

ПЛОДЫ ЗЕМЛЯНИКИ САДОВОЙ (*FRAGARIA* × *ANANASSA DUCH.*) КАК ЦЕННЫЙ ИСТОЧНИК ПИЩЕВЫХ И БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (ОБЗОР)

© М.Ю. Акимов, И.В. Лукьянчук, Е.В. Жбанова*, А.С. Лыжин

Федеральный научный центр им. И.В. Мичурина, ул. Мичурина, 30,
Мичуринск, Тамбовская область, 393774 (Россия),
e-mail: shbanovak@yandex.ru

В последнее время культуре земляники уделяется особое внимание в связи с профилактическими и терапевтическими медицинскими выгодами, связанными с потреблением ее плодов. В работе представлен анализ данных отечественных и зарубежных исследователей по накоплению в плодах земляники основных пищевых компонентов (сахаров, органических кислот), витаминов, минеральных и других ценных веществ, обуславливающих их высокие антиоксидантные свойства. На основе литературных источников составлен витаминный профиль, отражающий накопление специфичных для данной культуры групп витаминов. При всем разнообразии обнаруженных в плодах земляники витаминов, она представляет ценность в качестве источника аскорбиновой кислоты, фолиевой кислоты, полифенольных соединений (антоцианов, эллаговой кислоты), из минеральных элементов – железа. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава земляники, необходима дальнейшая, более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным химическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры. Представленная информация будет служить базой для дальнейших целенаправленных исследований фитохимических соединений плодов и ягод, составляющих неотъемлемую важнейшую часть в здоровом питании человека, а также для созданиянутрицевитических продуктов.

Ключевые слова: *Fragaria* × *ananassa Duch.*, химический состав, сахара, органические кислоты, минеральные элементы, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, антоцианы, фенольные соединения, антиоксидантная активность.

Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ и Тамбовской области в рамках научного проекта №18-416-680002.

Введение

Земляника (*Fragaria* × *ananassa Duch.*) – одна из самых популярных ягодных культур, выращиваемых и потребляемых во всем мире [1–3]. В США и Европе по-прежнему сохраняется тенденция популяризации здорового питания, стимулирующая потребление ягод и фруктов. При этом покупатели часто предпочитают именно землянику другим фруктам. Среди стран с самым высоким уровнем потребления земляники на одного человека в год отмечаются: Турция (5.2 кг), Египет (4.9 кг) и США (4.5 кг). В Российской Федерации, по сравнению с США и странами ЕС, среднедушевое потребление свежей земляники ниже в 2.5–3.5 раза [4].

Акимов Михаил Юрьевич – кандидат сельскохозяйственных наук, директор,
e-mail: info@fnc-mich.ru

Лукьянчук Ирина Васильевна – кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник, e-mail: irinalk@yandex.ru

Жбанова Екатерина Викторовна – доктор сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: shbanovak@yandex.ru

Лыжин Александр Сергеевич – кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник, e-mail: Ranenburzhetc@yandex.ru

Плоды земляники ценятся за высокие вкусовые качества и аромат, диетические и лечебные свойства. Установлена тесная связь между потреблением земляники и здоровьем, что обусловлено подтвержденными антиканцерогенными, противовоспалительными и антинейродегенеративными свойствами ее плодов [4–6]. Эти полезные для здоровья человека свойства связаны с уникальным составом биологически активных соединений, в том числе полифенолов, которые характеризуются

* Автор, с которым следует вести переписку.

сильной антиоксидантной и антипролиферативной активностью [7, 8]. Наличие этих компонентов во многом определяет качество, пищевую ценность и сенсорные свойства плодов земляники [9], а также возможности их использования в качестве средства против воспалительных процессов, окислительного стресса, сердечно-сосудистых заболеваний, некоторых видов рака, диабета 2-го типа, ожирения и нейродегенеративных заболеваний [10, 11]. В условиях дефицита витаминов и микроэлементов в рационе питания большинства населения России оценка плодового и ягодного сырья с позиций потребительских качеств рассматривается в комплексе с вопросами изучения пищевой ценности и лечебно-профилактических свойств. В связи с этим цель настоящего исследования состояла в обобщении информации, отражающей специфику культуры земляники по химическому составу плодов, в частности витаминов и полифенольных соединений.

Пищевая ценность плодов земляники

Общая композиция химического состав плодов земляники по данным отечественных и зарубежных исследователей представлена в таблице 1.

Согласно «Таблицам химического состава и калорийности российских продуктов питания» [16] химический состав плодов земляники включает: воды в съедобной части – 87.4%; белка – 0.8%; жира – 0.4%; суммы моно- и дисахаридов – 7.4%; крахмала – 0.1%; суммы усвояемых углеводов, включая моно-, дисахариды и крахмал – 7,5%; пищевых волокон – 2.2%; органических кислот – 1.3%; золы – 0.4%, что сопоставимо с приведенными данными зарубежных исследований [13–15].

Сенсорные качества плодов земляники представляют сочетание сладости (баланс сахар/кислота), аромата, плотности и внешнего вида, причем все параметры должны составлять оптимальное сочетание. Сахара и кислоты, а также их соотношение, являются основными детерминантами сладкого и кислого вкуса плодов и ягод [17, 18]. Сахара относятся к легкоусвояемым продуктам, представляют быстродействующий источник энергии. Биологическое значение сахаров для человека велико: они являются основой образования гликогена, необходимого для питания сердца, мозга, печени, мышц. В плодах земляники они представлены в основном комплексом глюкозы (1.33–2.66%), фруктозы (2.18–4.18%) и сахарозы (0.06–2.27%) [2].

Органические кислоты не только влияют на вкус, но и играют важную роль в процессах обмена веществ и пищеварения. В зависимости от сорта и зоны выращивания в плодах земляники накапливается 0.4–1.8% органических кислот [19]. В плодах земляники определены лимонная, яблочная, бензойная, щавелевая, салициловая, янтарная, хинная и другие кислоты. Преобладает лимонная кислота, составляющая 55–80% от их общего количества. Винная, щавелевая и фумаровая кислоты присутствуют в незначительных количествах. Примерно 2/3 кислот в плодах земляники находится в свободном состоянии и около 1/3 – в связанном. К концу плодоношения в плодах возрастает количество яблочной и янтарной кислот [20]. Общее содержание кислот еще не в полной мере характеризует степень кислого вкуса плодов и ягод. Существенным образом он зависит от степени диссоциации отдельных кислот, т.е. концентрации водородных ионов в их растворах (рН). Определение рН имеет важное значение не только для общей биохимической характеристики культур и сортов, но и для контроля за происходящими изменениями в растительных материалах в процессе их переработки. Данный показатель в соке плодов земляники варьирует в пределах 3.27–3.43 [21, 22].

Целлюлоза, гемицеллюлозы, лигнин и пектин являются наиболее важными классами пищевых волокон плодов и ягод. Пищевые волокна – это неперевариваемые углеводы и лигнины, которые улучшают состояние желудочно-кишечного тракта человека и способствуют ощущению сытости [23–25]. Физиологическая потребность в пищевых волокнах для взрослого человека составляет 20 г/сутки, для детей – 15–20 г/сутки [26]. Земляника богата диетическими волокнами, их содержание составляет около 2 г на 100 г свежих плодов. Для сравнения: 100 г свежих плодов персиков и сливы (род *Prunus*, *Rosaceae*) содержат 1.5 г и 1.4 г пищевых волокон соответственно; плоды малины (*Rubus idaeus* L., *Rosaceae*) – 3.7 г на 100 г [25, 27–29].

Азотистые вещества плодов земляники представлены в большей части свободными аминокислотами, в том числе незаменимыми, что обуславливает их лечебную ценность. Аминокислотный состав земляники включает (мг на 100 г плодов): изолейцин – 34; лейцин – 54; лизин – 49; метионин – 14; цистин – 5; фенилаланин – 31; тирозин – 31; треонин – 31; триптофан – 11; валин – 39; аргинин – 56; гистидин – 16; аланин – 42; аспарагиновая кислота – 133; глутаминовая кислота – 125; глицин – 35; пролин – 33; серин – 42 [30].

Таблица 1. Пищевая ценность плодов земляники

Показатель	Содержание, мг/100 г плодов		Рекомендуемый уровень суточного потребления [12]
	[16]	[13–15]	
Вода, г	87.4	90.95	–
Энергетическая ценность, ккал	41	32	2100–4200 – для мужчин; 1800–3050 – для женщин
Белок, г	0.80	0.67	65–117 – для мужчин, 58–87 – для женщин
Зола, г	0.40	0.40	–
Липиды, г	0.40	0.30	83
Углеводы, г	7.50	7.68	257–586
Пищевые волокна, г	2.2	2.0	30
Сумма сахаров, г	7.4	4.89	50
Сахароза, г	–	0.47	–
Глюкоза, г	–	1.99	–
Фруктоза, г	–	2.44	35
Органические кислоты, г	1.3	–	0.5

Земляника отличается от других ягод не только особыми вкусовыми качествами, но и характерным приятным запахом, обусловленным наличием большого количества ароматобразующих летучих соединений: сложных эфиров, фуранонов, альдегидов, терпеноидов, спиртов и др. [18, 25, 31]. В настоящее время идентифицировано около 360 летучих веществ, определяющих аромат земляники [32, 33]. Выявлено, что дикорастущие виды (*F. vesca* L., *F. moschata* Duch., *F. virginiana* Duch.) обладают более интенсивным ароматом по сравнению с сортами земляники садовой. Экстракт *F. virginiana* Duch. содержит летучие вещества в концентрациях примерно в 15 раз выше, чем у *F. × ananassa* Duch. [33, 34]. Известно, что сложные эфиры короткоцепочечных кислот (например, ацетатов, бутаноатов, гексаноатов, 2-метилбутаноатов) вносят важный вклад в характерный аромат земляники [34]. Важным компонентом аромата земляники служит метилантранилат (метилловый эфир антраниловой кислоты). Сладковатое впечатление от метилантранилата является причиной приятного «земляничного» аромата, который предпочитают потребители. Фураноны (фуранеол и мезифуран) также вносят вклад в создание аромата, добавляя сладкие карамелеподобные ноты. Среди терпеновых соединений наибольшее значение для формирования аромата земляники имеют линалоол (0.5–12.0%) и неролидол-2 (0.3–15.7%), причем содержание этих соединений в более зрелых ягодах выше, чем в менее зрелых. Эти соединения являются менее летучими по сравнению со сложными эфирами, поэтому они придают плодам земляники более стойкий цветочный аромат [32].

Минеральный и витаминный состав плодов земляники

Минеральный состав земляники (табл. 2) представлен на основе данных отечественных и зарубежных исследований [15, 16]. Плоды земляники служат хорошими источниками калия (1.55–2.53 г/кг), магния (0.11–0.23 г/кг) и кальция (0.16–0.29 г/кг) [30], которые содержатся в значительном количестве в виде хорошо усвояемых солей. По содержанию кальция и магния земляника превосходит многие плоды, а по количеству железа занимает одно из ведущих мест среди плодовых и ягодных культур. Гематогенное (кровообразующее) действие земляники связано с комплексом соединений, таких как витамины С, В₉ и железо [35]. Железо входит в состав различных по своей функции белков (в том числе ферментов), участвует в транспорте электронов, кислорода, обеспечивает протекание окислительно-восстановительных реакций и активацию перекисного окисления. Недостаточное потребление ведет к гипохромной анемии, миоглобиндефицитной атонии скелетных мышц, повышенной утомляемости, миокардиопатии, атрофическому гастриту. Среднее потребление железа в разных странах составляет 10–22 мг/сут., в Российской Федерации – 17 мг/сут. [26].

По общей витаминности или по количеству содержания витаминов среди ягодных культур земляника стоит на втором месте после смородины черной. На основе литературных источников [14, 16] составлен витаминный профиль, отражающий накопление специфических для данной культуры групп витаминов (табл. 3).

Большой интерес к землянике обусловлен высоким содержанием аскорбиновой кислоты, что делает ее важным источником этого витамина в питании человека. Аскорбиновая кислота обладает антиоксидантными свойствами, способностью препятствовать развитию процессов свободнорадикального окисления, приводящих к негативным последствиям. Витамин С (формы и метаболиты аскорбиновой кислоты) участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа и нормальному кроветворению. Дефицит приводит к рыхлости и кровоточивости десен, носовым кровотечениям вследствие повышенной проницаемости и ломкости кровеносных капилляров [26, 36–39]. Установленный уровень физиологической потребности в витамине С в разных странах составляет 45.0–110.0 мг/сутки

[26]. В плодах земляники аскорбиновой кислоты содержится в пределах 11.4–118.2 мг/100 г, чаще всего С-витаминность изменяется от 40.0 до 80.0 мг/100 г. Таким образом, для удовлетворения суточной потребности организма человека в витамине С достаточно всего 100–150 г свежих плодов земляники [35]. Термин «витамин С», как правило, используется в качестве общего для всех компонентов плодов и ягод, проявляющих биологическую активность аскорбиновой кислоты. Предполагается, что витамин С является суммой содержания аскорбиновой и дегидроаскорбиновой кислот. По сообщению итальянских исследователей [40], содержание собственно аскорбиновой кислоты (АК) в плодах земляники варьировало от 25.74 до 30.36 мг/100 г; дегидроаскорбиновой (ДАК) – от 3.03 до 7.46 мг/100 г. Общее содержание витамина С (АК + ДАК) варьировало от 31.74 до 35.87 мг/100 г при среднем значении 33.32 мг/100 г.

Фолиевая кислота (витамин В₉) играет важную роль в содержании питательных микронутриентов земляники, принимая во внимание, что данная культура входит в число наиболее богатых естественных источников этого витамина, превосходя такие культуры, как смородина, крыжовник, черника, клюква, облепиха (рис. 1) [41]. Существенным считается содержание фолиевой кислоты в диапазоне от 20 до 25 мг/100 г. Например, употребление 250 г земляники (содержание фолиевой кислоты составляет в среднем 60 мг) может обеспечить 30% рекомендуемой суточной нормы в Европе и США [9, 15, 42]. Фолаты в качестве кофермента участвуют в метаболизме нуклеиновых и аминокислот. Дефицит фолатов ведет к нарушению синтеза нуклеиновых кислот и белка, следствием чего является торможение роста и деления клеток, особенно в быстро пролиферирующих тканях: костный мозг, эпителий кишечника и др. Недостаточное потребление фолата во время беременности является одной из причин недоношенности, гипотрофии, врожденных уродств и нарушений развития ребенка. Показана выраженная связь между уровнем фолата, гомоцистеина и риском возникновения сердечно-сосудистых заболеваний. Среднее потребление фолатов в разных странах составляет 210–400 мкг/сутки. Установленный уровень потребности в разных странах – 150–400 мкг/сутки. Верхний допустимый уровень потребления – 1000 мкг/сутки. Уточненная физиологическая потребность для взрослых – 400 мкг/сутки [26].

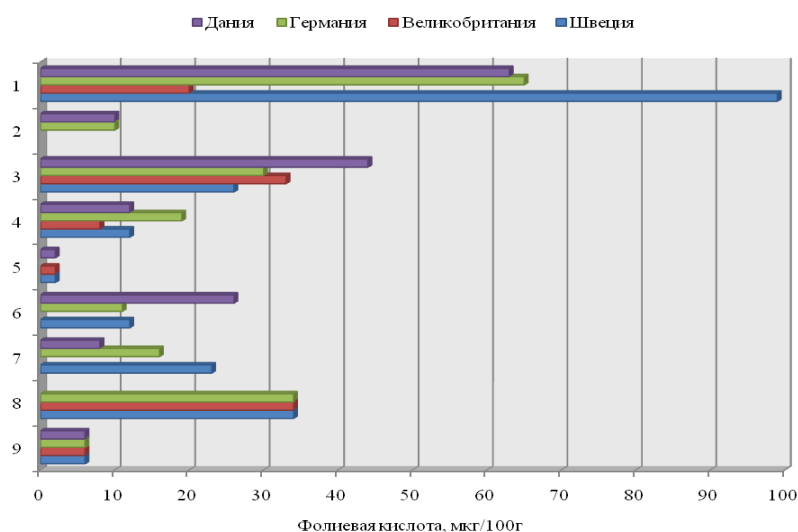
Таблица 2. Минеральный состав плодов земляники

Минеральный элемент	Содержание, мг/100 г плодов		Адекватный уровень потребления (в сутки) [12], мг
	[15]	[16]	
Ca	16	40	1250
Fe	0.41	1.2	15 для женщин; 10 для мужчин
Mg	13	18	400
P	24	23	800
K	153	161 мг	2500
Na	1	18	–
Zn	0.14	–	12
Cu	0.048	–	1
Mn	0.36	–	2.0
Se	0.4 мкг	–	70 мкг

Таблица 3. Витаминный профиль плодов земляники

Витамин	Содержание, мг/100 г плодов		Адекватный уровень потребления (в сутки) [12], мг
	[16]	[14]	
Аскорбиновая кислота (витамин С)	60.0	58.8	70
Тиамин (витамин В ₁)	0.03	0.024	1.7
Рибофлавин (флавин-моноклеотид, витамин В ₂)	0.05	0.022	2.0
Ниацин (никотиновая кислота, витамин РР, В ₃)	0.3	0.386	20
Пантотеновая кислота (витамин В ₅)	–	0.125	5
Пиридоксин (витамин В ₆)	–	0.047	2.0
Фолиевая кислота (витамин В ₉)	–	0.024	0.4
Холин (В ₄)	–	5.7	500
Бетаин	–	0.2	–
Витамин Е, α-токоферол	–	0.29	15
β-токоферол	–	0.01	–
γ-токоферол	–	0.08	–
δ-токоферол	–	0.01	–
Витамин К (филлохинон)	–	0.0022	0.120
Витамин А, РАЭ (эквивалент активного ретинола)	0.005	0.001	1
Лютеин + зеаксантин	–	0.026	6
β-каротин	0.030	–	5

Рис. 1. Содержание фолиевой кислоты в плодах ягодных культур: 1 – земляника; 2 – облепиха; 3 – малина; 4 – крыжовник; 5 – клюква; 6 – смородина красная; 7 – смородина черная; 8 – ежевика; 9 – черника [41]



Кроме того, земляника является источником ряда других витаминов: каротина (п-А) – 0.3–0.5 мкг/100 г, К₁ – 0.12 мг/100 г, тиамина (В₁) – 0.03 мг/100 г, рибофлавина (В₂) – 0.1 мг/100 г, никотиновой кислоты – 1.0–1.4 мг/100 г, инозита (В₈) – 60.0 мг/100 г, биотина (В₇) – 4.0 мкг/100 г, D – 0.05 мкг/100 г, пантотеновой кислоты (В₅) – 260 мкг/100 г. Витамина Е в ее плодах обнаружено 0.54–0.78 мг/100 г, что превосходит по этому показателю апельсины, смородину, вишню [43].

В наибольшей мере фитохимические соединения в землянике представлены обширным классом фенольных соединений. Согласно представленной в базе данных Phenol-Explorer обширной информации о содержании 502 полифенольных гликозидов и агликонов в 452 продуктах питания, земляника входит в число 100 богатейших источников полифенолов, обеспечивая более 1 мг полифенолов на порцию [44, 45]. Основным классом фенольных соединений земляники являются флавоноиды (в основном антоцианы), флаванолы и флавонолы обеспечивают незначительный вклад, затем следуют гидролизуемые танины (эллаготанины и галлотанины) и фенольные кислоты (гидроксibenзойные кислоты и гидроксикоричные кислоты), конденсированные танины (проантоцианидины) являются мелкими составляющими [28, 35, 46–48].

Антоцианы – наиболее известные и важные полифенольные соединения в землянике. По химическому составу антоцианы являются гликозидами – веществами, молекулы которых состоят из неуглеводной части (агликона) и углеводного остатка. Агликоны антоцианов называют антоцианидинами. К настоящему времени идентифицировано более тридцати различных антоцианидинов, при этом основная их часть (более 90%) представлена пеларгонидином (Pg), цианидином (Cd), пеонидином (Pn), дельфинидином (Dp), петунидином (Pt) и мальвидином (Mv). Разнообразие антоцианов обусловлено количеством гидроксильных групп, природой и количеством присоединенных к молекуле сахаров, положением гликозилирования, природой и количеством алифатических или ароматических кислот, присоединенных к сахарам. В настоящее время обнаружено более 500 антоцианов различного строения, и число идентифицированных веществ быстро растет по мере совершенствования методов анализа [49, 50]. Возросший в последнее время объем исследований по антоцианам плодов и ягод связан с их использованием в пищевой, фармацевтической, косметической промышленности. Их состав и количество во многом определяют пригодность сортов к замораживанию и технологической переработке. Для пищевой промышленности антоцианы представляют большой интерес, поскольку включают широкий диапазон окраски многих ягод (красный, оранжевый, фиолетовый, синий) и могут использоваться в качестве источников натуральных пищевых красителей как альтернатива синтетическим красителям. В особенности интерес к данной группе флавоноидов увеличился в связи с открытием их антиоксидантных свойств и установлением положительного влияния на здоровье человека (снижение риска сердечно-сосудистых, раковых заболеваний и т.д.). Это весьма мощные антиоксиданты, обладающие большей эффективностью, чем витамины С и Е [9, 51]. Количественное содержание компонентов антоцианового профиля определяется генотипом земляники [52]. Многими исследователями установлено суммарное содержание антоцианов в плодах земляники в пределах 15.0–60.0 мг/100 г, однако их накопление может достигать 80.0 мг/100 г [53–55]. Согласно рекомендациям российских ученых, необходимый уровень потребления антоцианов должен составлять 50.0–150.0 мг в сутки [12]. Всего 100 г плодов земляники темноокрашенных

сортов обеспечивают необходимую суточную норму потребления антоцианов. В землянике идентифицировано более 25 различных антоциановых пигментов, однако в наибольшем количестве накапливается пеларгонидин-3-глюкозид, вне зависимости от генетических факторов и факторов окружающей среды. Второй по распространенности антоциан земляники пеларгонидин-3(малонил)глюкозид. Наличие цианидин-3-глюкозида является постоянным для земляники, хотя содержится он в меньшем количестве, чем пеларгонидин-3-глюкозид и пеларгонидин-3(малонил)глюкозид [54]. Помимо этих основных антоцианов, в плодах земляники также имеются пеларгонидин-3-рутинозид, пеларгонидин-3-арабинозид [2, 54, 56] (табл. 4).

Эллаговая кислота является преобладающей фенольной кислотой в землянике [52, 57]. Она присутствует также в других ягодных культурах (малина, ежевика, морошка, клюква) в виде эллаготанинов, которые высвобождают эллаговую кислоту после гидролиза. Эллаговая кислота представляет собой биологически активное соединение, рассматриваемое как профилактическое средство против различных заболеваний, а также демонстрирующее противораковые и антиоксидантные эффекты [57–59]. Она оказывает гипотензивный эффект, так как вызывает переход гистамина из связанного состояния в свободное и выход его в кровь, что в свою очередь вызывает расширение сосудов и снижение кровяного давления. Эллаговая кислота играет определенную роль в механизме воспалительной реакции, способствуя увеличению активности кининовой системы. Большинству эллаготанинов свойственны антиоксидантная, противовоспалительная, анти-ВИЧ-активности [60, 61]. Уровень накопления эллаговой кислоты у различных сортов земляники может изменяться в широких пределах – от 19.9 до 522 мкг/г сырого веса [62].

Земляника также содержит небольшое количество других фенольных соединений. Содержание и состав флавонолов были предметом многих исследований (табл. 5) [13, 63]. Эти соединения идентифицированы как производные кверцетина и кемпферола, наиболее распространенными являются производные кверцетина. Флавонолы, идентифицированные в плодах земляники, включают: гликозиды кемпферола (кемпферол-3-глюкозид, кемпферол-глюкуронид, кемпферол-3-малонилглюкозид, кемпферол-кумароил-глюкозид); гликозиды кверцетина (кверцетин-3-глюкуронид, кверцетин-3-малонилглюкозид, кверцетин-3-рутинозид = рутин, кверцетин-3-глюкозид) [8, 64, 65].

Земляника содержит также различные фенольные кислоты, являющиеся производными гидроксикоричной кислоты [10, 47, 66, 67]. Содержание гидроксикоричных кислот в плодах земляники составляет 55 мг/100 г, гидроксibenзойных кислот – 33 мг/100 г сухой массы [68, 69].

Таблица 4. Основные компоненты антоцианового комплекса плодов земляники [45]

Гликозид антоциана	Сокращенное название	Содержание, мг/100 г свежих плодов		
		среднее	минимум	максимум
Цианидин (<i>cyanidin</i>)	<i>Cd</i>	0.50	–	–
Цианидин 3-О-(6"-сукцинилглюкозид) (<i>cyanidin 3-O-(6"-succinyl-glucoside)</i>)	<i>Cd-3 suc-glu</i>	1.22	0.06	2.40
Цианидин 3-О-глюкозид (<i>cyanidin 3-O-glucoside</i>)	<i>Cd-3-glu</i>	2.88	0.63	6.67
Пеларгонидин (<i>pelargonidin</i>)	<i>Pg</i>	4.31	0	6.15
Пеларгонидин 3-О-(6"-малонилглюкозид) (<i>pelargonidin 3-O-(malonyl)glucoside</i>)	<i>Pg-3-mal-glu</i>	4.78	–	–
Пеларгонидин 3-О-(6"-сукцинилглюкозид) (<i>pelargonidin 3-J-(6"-succinyl-glucoside)</i>)	<i>Pg-3-suc-glu</i>	10.44	0	31.31
Пеларгонидин 3-О-арабинозид (<i>pelargonidin 3-O-arabinoside</i>)	<i>Pg-3-ara</i>	0.42	0.23	0.84
Пеларгонидин 3-О-глюкозид (<i>pelargonidin 3-O-glucoside</i>)	<i>Pg-3-glu</i>	47.14	20.28	68.27
Пеларгонидин 3-О-рутинозид (<i>pelargonidin 3-O-rutinoside</i>)	<i>Pg-3-rut</i>	1.32	0	5.54

Антиоксидантная активность плодов земляники

Антиоксидантный потенциал фруктов тесно связан с наличием поглотителей радикалов кислорода, таких как витамин С и фенольные соединения. В группе плодовых культур земляника обладает большей антиоксидантной способностью, чем яблоки, персики, груши, виноград, апельсины, киви [15]. S.Y. Wang, H.S. Lin [70] показана высокая антиоксидантная активность земляники, малины ежевики. Важно не только определение суммарной антиоксидантной способности, но и выявление индивидуального вклада различных фитохимических соединений. В исследованиях S. Tulipani с соавт. [9] установлено, что одним из наиболее

важных компонентов, вклад которого в общую антиоксидантную активность земляники составляет более чем 30%, является аскорбиновая кислота, вклад антоцианов в антиоксидантную активность – от 25 до 40%, остальную часть составляют производные эллаговой кислоты и флавонолов. Эти результаты показывают, что суммарная антиоксидантная активность плодов земляники является показателем общего содержания витамина С и общего содержания фенольных веществ и, следовательно, антоцианов и эллаготанинов.

В ряде зарубежных публикаций приводятся данные по антиоксидантной активности ягодных культур, полученные по методу ORAC (oxygen radical absorbance capacity) (табл. 6). Согласно им, земляника входит в число ягодных культур с высоким антиоксидантным потенциалом.

Антиоксидантная активность плодов земляники была изучена и другими методами: DPPH (основанным на взаимодействии антиоксидантов со стабильным хромоген-радикалом 2,2-дифенирил-1-пикрилгидразилом), ABTS (с использованием диаммониевой соли 2,2'-азино-бис(3-этилбензотиазолин-6-сульфоновой кислоты)), FRAP ((ferric reducing antioxidant power), с реагентом 2,4,6-трипиридил-5-триазином) (табл. 7).

Широкий диапазон цифровых значений и разница в единицах измерения при использовании различных методов при оценке антиоксидантной активности плодов земляники усложняют сравнительный анализ имеющейся информации по данному вопросу в литературе. Однако по сообщению Н.Ю. Чулахиной с соавт. [78], исследования антиоксидантов амперометрически по авторской методике Я.И. Яшина на приборе «Цвет Яуза АА» и методом DPPH позволяют получать результаты, сравнимые между собой.

По данным российских исследователей [77], суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в соке плодов земляники культурных сортов составило 1.58 мг/г (стандарт – кверцетин). По суммарной антиоксидантной активности плодов земляника превосходит такие ягодные культуры, как брусника, ежевика, крыжовник, голубика, облепиха (рис. 2).

Таблица 5. Флавонолы, идентифицированные в плодах земляники [13, 45]

Флавонолы	Содержание, мг/100г свежих плодов		
	среднее	мин.	макс.
Кемпферол 3-о-глюкозид (<i>kaempferol 3-o-glucoside</i>)	0.32	0.08	0.75
Кемпферол 3-о-глюкуронид (<i>kaempferol 3-o-glucoronide</i>)	0.20	0.03	0.61
Кверцетин 3-о-глюкуронид (<i>quercetin 3 o-glucoronide</i>)	1.74
Морин (<i>morin</i>)	0.06

Таблица 6. Антиоксидантная активность ягодных культур

Культура	ORAC, мкмоль тролокс эквивалент/г	Источник
Черника <i>Vaccinium myrtillus</i> L.	44.6	[71]
Ежевика <i>Rubus fruticosus</i> L.	14.8–22.6	[72]
	26.7–78.8	[73]
Смородина черная <i>Ribes nigrum</i> L.	36.9–93.1	[73]
Голубика <i>Vaccinium corymbosum</i>	10.0–42.3	[71]
Клюква <i>Vaccinium macrocarpa</i>	8.2–14.1	[74]
	10.4±1.9	[55]
Малина <i>Rubus idaeus</i> L.	13.1–45.2	[73]
Арония <i>Aronia melanocarpa</i> (Michx.) Elliott	159.2±1.0	[55]
Ежевика <i>Rubus caesius</i> L.	55.7±14.7	[55]
Виноград <i>Vitis vinifera</i> L.	красный 7,4±0,5	[55]
	белый 4,5±1,9	[55]
Земляника <i>Fragaria</i> × <i>ananassa</i> Duch.	12.2–17.4	[70]
	20.6±2.3	[55]

Таблица 7. Антиоксидантная активность плодов земляники, измеренная различными методами

Метод определения антиоксидантной активности	Содержание антиоксидантов в плодах земляники	Источник
ABTS, ммоль/г	7.87±0.87	[75]
DPPH EC ₅₀ , мг/мл	3778.94±333.88	[75]
ORAC, мкмоль тролокс эквивалент/г	20.6±2.3	[55]
FRAP, ммоль Fe ²⁺ /кг	7.68±0.55	[76]
	9.73±1.05	[76]
Амперометрический, мг/100 г	1.58	[77]

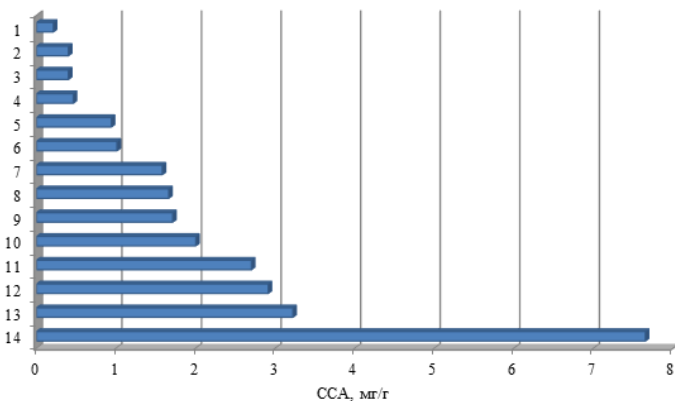


Рис. 2. Суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в соке культивируемых ягодных культур: 1 – смородина белая; 2 – облепиха; 3 – голубика; 4 – крыжовник; 5 – ежевика; 6 – брусника; 7 – земляника садовая; 8 – земляника лесная; 9 – малина; 10 – смородина красная; 11 – клюква; 12 – черника; 13 – калина; 14 – смородина черная [76]

Таким образом, результаты отечественных и зарубежных исследований показывают высокий антиоксидантный потенциал земляники, обусловленный повышенным накоплением в ее плодах антоцианов, эллаговой, аскорбиновой, фолиевой кислот и других биоактивных соединений. Вместе с тем важно отметить, что пищевая ценность земляники, как и других ягодных культур, не ограничивается содержанием витаминов. Ее плоды служат богатым источником сахаров, органических кислот, минеральных веществ, пектина и других компонентов. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава плодов земляники, необходима дальнейшая более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным биохимическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры, выявление богатых фитонутриентами сортов и форм, что будет стимулировать интерес к нутрицевтическим и функциональным аспектам питания и потребления свежих плодов земляники.

Список литературы

1. FAO [Электронный ресурс]. URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
2. Zhao Y. Berry fruit: Value added products for health promotion. CRC Press Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, 2007. 430 p.
3. Жбанова Е.В., Лукьянчук И.В., Лыжин А.С. Возможности селекционного улучшения параметров биохимического состава плодов земляники // Генетические основы селекции сельскохозяйственных культур: материалы международной научно-практической конференции, посвященной памяти Н.И. Савельева. Мичуринск; Воронеж: Кварта, 2017. С. 111–119.
4. FruitNews [Электронный ресурс]. URL: <https://fruitnews.ru/analytics/49610-indexbox-mirovoj-rynok-zemlyaniki-v-stoimostnom-vyrazhenii-dostig-15-9-mlrd.html>.
5. Afrin S., Gasparrini M., Tamara Y., Forbes-Hernandez T.J., Reboledo-Rodriguez P., Mezzetti B., Varela-López A., Giampieri F., Battino M. Promising Health Benefits of the Strawberry: A Focus on Clinical Studies // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2016. Vol. 64(22). Pp. 4435–4449. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00857.
6. Michalska A., Carlen C., Heritier J., Andlauer W. Profiles of bioactive compounds in fruits and leaves of strawberry cultivars // Journal of Berry Research. 2017. Vol. 7. Pp. 71–84. DOI: 10.3233/JBR-160146.
7. Meyers K.J., Watkins C.B., Pritts M.P., Liu R.H. Antioxidant and antiproliferative activities of strawberries // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003. Vol. 51(23). Pp. 6887–6892. DOI: 10.1021/jf034506n.
8. 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. Pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.047.
9. Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., de Vos C.H.R., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. Antioxidants, phenolic compounds, and nutritional quality of different strawberry genotypes // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2008. Vol. 56(3). Pp. 696–704. DOI: 10.1021/jf0719959.
10. Giampieri F., Forbes-Hernandez T.Y., Gasparrini M., Afrin S. The healthy effects of strawberry bioactive compounds on molecular pathways related to chronic diseases // Annals of the New York Academy of Sciences. 2017. Vol. 1398(1). Pp. 62–71. DOI: 10.1111/nyas.13373.
11. Fredericks C.H., Fanning K.J., Gidley M.J., Netzel G., Zabarás D., Herrington M., Netzel M. High-anthocyanin strawberries through cultivar selection // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2013. Vol. 93. Pp. 846–852. DOI: 10.1002/jsfa.5806.
12. МР 2.3.1.1915-04. Рекомендуемые уровни потребления пищевых и биологически активных веществ: методические рекомендации. М., 2004. 28 с.

13. Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits. Nova Science Publishers, Incorporated, 2014. 429 p.
14. USDA National Nutrient Database for Standard Reference [Электронный ресурс]. URL: <http://www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/ndl.2015>.
15. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J.M., Quiles J.L., Mezzetti B., Battino M. The strawberry: Composition, nutritional quality, and impact on human health // Nutrition. 2012. Vol. 28(1). Pp. 9–19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
16. Скурихин И.М., Тутельян В.А. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания: справочник. М.: ДеЛиПринт, 2007. 276 с.
17. Ornelas-Paz Jd.J., Yahia E.M., Ramírez-Bustamante N., Pérez-Martínez J.D., Escalante-Minakata Md.P., Ibarra-Junqueira V., Acosta-Muñiz C., Guerrero-Prieto V., Ochoa-Reyes E. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit *Fragaria* × *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening // Food Chemistry. 2013. Vol. 138(1). Pp. 372–381. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.006.
18. Schwieterman M.L., Colquhoun T.A., Jaworski E.A., Bartoshuk L.M., Gilbert J.L., Tieman D.M., Odabasi A.Z., Moskowitz H.R., Folta K.M., Klee H.J., Sims C.A., Whitaker V.M., Clark D.G. Strawberry flavor: diverse chemical compositions, a seasonal influence, and effects on sensory perception // PloS One. 2014. Vol. 9. N2. e88446. DOI: 10.1371/journal.pone.0088446.
19. Макаркина М.А., Павел А.Р. Биологически активные вещества в ягодах земляники, выращенной в условиях Орловской области // Современное садоводство. 2017. №2(22). С. 10–16.
20. Sturm K., Koron D., Stampar F. The composition of fruit of different strawberry varieties depending on maturity stage // Food Chemistry. 2003. Vol. 83(3). Pp. 417–422. DOI: 10.1016/s0308-8146(03)00124-9.
21. Kafkas E., Koşar M., Paydaş S., Kafkas S., Başer K.H.C. Quality characteristics of strawberry genotypes at different maturation stages // Food Chemistry. 2007. Vol. 100(3). Pp. 1229–1236. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.005.
22. De Souza V.R., Pereira P.A.P., da Silva T.L.T., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits // Food Chemistry. 2014. Vol. 156. Pp. 362–368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.125.
23. Nawirska A., Kwaśniewska M. Dietary fibre fractions from fruit and vegetable processing waste // Food Chemistry. 2005. Vol. 91. Pp. 221–225. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.10.005.
24. Броневец И.В. Пищевые волокна – важная составляющая сбалансированного здорового питания // Медицинские новости. 2015. №10. С. 46–48.
25. Kårlund A. The Impact of Genetic Background and Cultivation Methods on the Bioactive Compounds and Sensory Properties of Strawberries. Dissertations in Health Sciences 377. Kuopio, 2016. 71 p.
26. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. М., 2009. 36 с.
27. Vicente E., Varela P., de Saldamando L., Ares G. Evaluation of the sensory characteristics of strawberry cultivars throughout the harvest season using projective mapping // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. Vol. 94. Pp. 591–599. DOI: 10.1002/jsfa.6307.
28. Giampieri F., Alvarez-Suarez J.M., Battino M. Strawberry and human health: Effects beyond antioxidant activity // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2014. Vol. 62(18). Pp. 3867–3876. DOI: 10.1021/jf405455n.
29. Fineli: the National Food Composition Database in Finland. Strawberry, *Fragaria* × *ananassa* [Электронный ресурс] URL: <https://fineli.fi/fineli.fi/elintarvikkeet/447?q=mansikka&foodType=ANY&portionUnit=G&portionSize=100&sortByColumn=name&sortOrder=asc&component=2331&>.
30. Lim T.K. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits. Publisher: Springer, 2012. 1038 p.
31. Du X., Plotto A., Baldwin E., Rouseff R. Evaluation of Volatiles from Two Subtropical Strawberry Cultivars Using GC–Olfactometry, GC–MS Odor Activity Values, and Sensory Analysis // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2011. Vol. 59(23). Pp. 12569–12577. DOI: 10.1021/jf2030924.
32. Почичкая И.М., Субач В.П. Состав летучих ароматобразующих компонентов земляники, выращиваемой в Беларуси // Пищевая промышленность: наука и технологии. 2016. №1(31). С. 89–97.
33. Ulrich D., Komes D., Olbricht K., Hoberg E. Diversity of aroma patterns in wild and cultivated *Fragaria* accessions // Genet. Resources Crop Evol. 2007. Vol. 54. Pp. 1185–1196. DOI: 10.1007/s10722-006-9009-4.
34. Bianchi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Fagherazzi A.F., Baruzzi G. Analysis of aroma compounds in new strawberry advanced genotypes // Acta Horticulturae. 2017. Vol. 1156. Pp. 673–678. DOI: 10.17660/actahortic.2017.1156.98.
35. Лукьянчук И.В., Жбанова Е.В. Биологически активный комплекс плодов земляники // Плодоводство: сборник научных трудов. Минск: Изд. дом Белорусская наука, 2017. Т. 29. С. 150–159.
36. Пастушкова Е.В., Заворохина Н.В., Вяткин А.В. Растительное сырье как источник функционально-пищевых ингредиентов // Вестник ЮУрГУ. Серия «пищевые и биотехнологии». 2016. Т. 4. С. 105–113. DOI: 10.14529/food160412.
37. Чупахина Г.Н., Масленников П.В., Скрыпник Л.Н., Чупахина Н.Ю., Федуряев П.В. Антиоксидантные свойства культурных растений Калининградской области: монография. Калининград, 2016. 145 с.
38. Шарова Е.И. Антиоксиданты растений: учебное пособие. СПб., 2016. 140 с.
39. Bastías M.J.M., Cepero B.Y. La vitamina C como un eficaz micronutriente en la fortificación de alimentos // Revista Chilena de Nutrición. 2016. Vol. 43(1). Pp. 81–86. DOI: 10.4067/s0717-75182016000100012.

40. Donno D., Cavanna M., Beccaro G.L., Mellano M.G., Torello Marinoni D., Cerutti A.K., Bounous G. Currants and strawberries as bioactive compounds source: determination of antioxidant profile with HPLC-DAD/MS system // Journal of Applied Botany and Food Quality. 2013. Pp. 1–10. DOI: 10.5073/JABFQ.2013.086.001.
41. Strålsjö L. Folates in berries – evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing. Doctoral dissertation. Uppsala, 2003. 58 p.
42. Strålsjö L.M., Witthöft C.M., Sjöholm I.M., Jägerstad M.I. Folate Content in Strawberries (*Fragaria × ananassa*): Effects of Cultivar, Ripeness, Year of Harvest, Storage, and Commercial Processing // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2003. Vol. 51. N1. Pp. 128–133. DOI: 10.1021/jf020699n.
43. Ширко Т.С., Ярошевич И.В. Биохимия и качество плодов. Минск, 1991. 294 с.
44. P'erez-Jim'enez J., Neveu V., Vos F., Scalbert A. Identification of the 100 richest dietary sources of polyphenols: An application of the phenexplorer database // European journal of clinical nutrition. 2010. Vol. 64. Pp. 112–120. DOI: 10.1038/ejcn.2010.221.
45. Phenol-Explorer: Database on Polyphenol Content in Food [Электронный ресурс]. URL: <http://www.phenol-explorer.eu>.
46. Forbes-Hernandez T.Y., Gasparrini M., Afrin S., Bompadre S., Mezzetti B., Quiles J.L., Giampieri F., Battino M. The Healthy Effects of Strawberry Polyphenols: Which Strategy behind Antioxidant Capacity? Critical Reviews // Food Science and Nutrition. 2015. Vol. 56(1). Pp. 46–59. DOI: 10.1080/10408398.2015.1051919.
47. Määttä-Riihinen K.R., Kamal-Eldin A., Törrönen A.R. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family *Rosaceae*) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2004. Vol. 52(20). Pp. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.
48. Aaby K., Skrede G., Wrolstad R.E. Phenolic composition and antioxidant activities in flesh and achenes of strawberries (*Fragaria ananassa*) // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2005. Vol. 53(10). Pp. 4032–4040. DOI: 10.1021/jf048001o.
49. Макаревич А.М., Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Решетников В.Н. Функции и свойства антоцианов растительного сырья // Труды БГУ. 2010. Т. 4, вып. 2. С. 1–11.
50. Тараховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушчино: Synchronbook, 2013. 310 с.
51. Fredes C., Gloria Montenegro G., Zoffoli J.P., Santander F., Robert P. Comparison of the total phenolic content, total anthocyanin content and antioxidant activity of polyphenol-rich fruits grown in Chile // Ciencia e investigación agraria. 2014. Vol. 41(1). Pp. 49–60. DOI: 10.4067/s0718-16202014000100005.
52. Tokuşoğlu Ö., Hall III C. Fruit and Cereal Bioactives: Sources, Chemistry, and Applications. CRC Press, 2013. 473 p.
53. Лукъянчук И.В., Жбанова Е.В. Оценка генетической коллекции земляники по содержанию в плодах антоцианов // Вестник ТГУ. Серия Биология. 2017. №38. С. 134–148. DOI: 10.17223/19988591/38/8.
54. Da Silva F.L., Escribano-Bailón M.T., Pérez Alonso J.J., Rivas-Gonzalo J.C., Santos-Buelga C. Anthocyanin pigments in strawberry // LWT – Food Science and Technology. 2007. Vol. 40(2). Pp. 374–382. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.018.
55. Olas B. Berry Phenolic Antioxidants – Implications for Human Health? // Frontiers in Pharmacology. 2018. Vol. 9(78). Pp. 1–14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
56. Buendía B., Gil M.I., Tudela J.A., Gady A.L., Medina J.J., Soria C., Lopez J.M., Tomás-Barberán F.A. HPLC-MS analysis of proanthocyanidin oligomers and other phenolics in 15 strawberry cultivars // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2010. Vol. 58(7). Pp. 3916–3926. DOI: 10.1021/jf9030597.
57. Muthukumaran S., Tranchant C., Shi J., Ye X., Xue S.J. Ellagic acid in strawberry (*Fragaria* spp.): Biological, technological, stability, and human health aspects // Food Quality and Safety. 2017. Vol. 1(4). Pp. 227–252. DOI: 10.1093/fqsafe/fyx023.
58. Wojarska J.E., Zadernowski R., Czaplicki S. Ellagic acid content in fruits of selected strawberry // Polish journal of natural sciences. 2011. Vol. 26(2). Pp. 171–177.
59. Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. Bioaccessibility and potential bioavailability of phenolic compounds from achenes as a new target for strawberry breeding programs // Food Chemistry. 2018. Vol. 248. Pp. 155–165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
60. Мушкина О.В., Гурина Н.С. Получение эллаговой кислоты // Вестник ВГМУ. 2008. Т. 7. №4. С. 81–86.
61. Lipińska L., Klewicka E., Sójka M. The structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: A general review // Acta Sci. Pol., Technol. Aliment. 2014. Vol. 13(3). Pp. 289–299. DOI: 10.17306/J.AFS.2014.3.7.
62. Clifford M.N., Scalbert A. Ellagitannins – nature, occurrence and dietary // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2000. Vol. 80. Pp. 1118–1125. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1118::AID-JSFA570>3.0.CO;2-9.
63. Rekika D., Khanizadeh S., Deschenes M., Levasseur A., Charles M.T., Tsao R., Yang R. Antioxidant capacity and phenolic content of selected strawberry genotypes // HortScience. 2005. Vol. 40 (6). Pp. 1777–1781.
64. Gündüz K., Ozdemir E. The effects of genotype and growing conditions on antioxidant capacity, phenolic compounds, organic acid and individual sugars of strawberry // Food Chemistry. 2014. Vol. 155. Pp. 298–303. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.064.
65. Aaby K., Wrolstad R.E., Ekeberg D., Skrede G. Polyphenol composition and antioxidant activity in strawberry purees; impact of achene level and storage // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55(13). Pp. 5156–5166. DOI: 10.1021/jf070467u.

66. Mattila P., Hellstrom J., Törrönen R. Phenolic acids in berries, fruits, and beverages // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2006. Vol. 54(19). Pp. 7193–7199. DOI: 10.1021/jf0615247.
67. Aaby K., Ekeberg D., Skrede G. Characterization of phenolic compounds in strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) fruits by different HPLC detectors and contribution of individual compounds to total antioxidant capacity // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2007. Vol. 55(11). Pp. 4395–4406. DOI: 10.1021/jf0702592.
68. Упадышев М.Т. Роль фенольных соединений в процессах жизнедеятельности садовых растений. М., 2008. 320 с.
69. Kähkönen M.P., Hopia A.I., Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49(8). Pp. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.
70. Wang S.Y., Lin H.S. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000. Vol. 48(2). Pp. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.
71. Prior R.L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O'Brien C., Lischner N., Ehlenfeldt M., Kalt W., Krewer G., Mainland C.M. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 1998. Vol. 46(7). Pp. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.
72. Jiao H.J., Wang S.Y. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2000. Vol. 48(11). Pp. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.
73. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstad R.E. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes* // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2002. Vol. 50(3). Pp. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.
74. Wang Sh., Stretch A. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature // Journal of Agricultural and Food Chemistry. 2001. Vol. 49(2). Pp. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.
75. de Souza V.R., Pereira P.A., da Silva T.L., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. Determination of the bioactive compounds, antioxidant activity and chemical composition of Brazilian blackberry, red raspberry, strawberry, blueberry and sweet cherry fruits // Food Chemistry. 2014. Vol. 156. Pp. 362–368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.125.
76. Dragović-Uzelac V., Levaj B., Bursać D., Pedisić S., Radojčić I., Biško A. Total Phenolics and Antioxidant Capacity Assays of Selected Fruits // Agriculturae Conspectus Scientificus. 2007. Vol. 72(4). Pp. 279–284.
77. Яшин А.Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках // Российский химический журнал. 2008. Т. LII. №2. С. 130–135.
78. Чупахина Н.Ю., Тынутае Т., Моор У. Сравнение методов анализа суммарной антиоксидантной активности // Вестник Балтийского федерального университета им. И. Канта. Серия: Естественные и медицинские науки. 2012. Вып. 1. С. 69–74.

Поступила в редакцию 30 апреля 2019 г.

После переработки 28 октября 2019 г.

Принята к публикации 30 октября 2019 г.

Для цитирования: 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. DOI: 10.14258/jcrpm.2020015511.

*Akimov M.Yu., Luk'yanchuk I.V., Zhanova E.V.**, Lyzhin A.S. STRAWBERRY FRUIT (*FRAGARIA* × *ANANASSA* DUCH.) AS A VALUABLE SOURCE OF NUTRITIONAL AND BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES (REVIEW)

*I.V. Michurin Scientific Center, ul. Michurina, 30, Michurinsk, Tambovskaya obl., 393774 (Russia),
e-mail: shbanovak@yandex.ru*

For the last time a lot of attention has been paid to strawberry as a garden crop. All this thanks to its preventive and medical benefits related to the consumption of its fruit. The paper presents the data analysis of foreign and domestic researchers on the accumulation of basic food components (sugars, organic acids), vitamins, mineral substances and other valuable ones in. Which determine the high antioxidant properties of strawberries. On the basis of scientific literature sources, the vitamin profile was compiled which reflects the accumulation of vitamin groups, specific for a given crop. With all diversity of vitamins found in strawberry fruits, the fruits of this plant are primarily good as a valuable source of ascorbic acid, folic acid, polyphenolic compounds (anthocyanins, ellagic acid). As for mineral substances, the presence of iron amount confirms the fact. In spite of fact that the strawberry composition is studied enough, the further detailed characterization of genetic resources is necessary both by total antioxidant activity and by definite chemical components, the last ones, obviously, present the antioxidant complex of strawberry fruits. The given information will be a base for future related investigations of phytochemical compounds of fruits and berries. They are extraordinary important in healthy food of humans as well as in creation of nutraceutical products.

Keywords: *Fragaria* × *ananassa* Duch., chemical composition, sugars, organic acids, mineral elements, ascorbic acid, folic acid, anthocyanins, phenolic compounds, antioxidant activity.

References

1. FAO [Electronic resource]. URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
2. Zhao Y. *Berry fruit: Value added products for health promotion*, CRC Press Taylor and Francis Group, LLC, Boca Raton, FL, 2007, 430 p.
3. Zhanova Ye.V., Luk'yanchuk I.V., Lyzhin A.S. *Geneticheskiye osnovy seleksii sel'skokhozyaystvennykh kul'tur: materialy mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy pamyati N.I. Savelyeva*. [Genetic principles of crop selection: materials of an international scientific and practical conference dedicated to the memory of N.I. Savelyeva]. Michurinsk; Voronezh, 2017, pp. 111–119 (in Russ.).
4. *FruitNews* [Electronic resource]. URL: <https://fruitnews.ru/analytics/49610-indexbox-mirovoj-rynok-zemlyaniki-v-stoimostnom-vyrazhenii-dostig-15-9-mlrd.html> (in Russ.).
5. Afrin S., Gasparrini M., Tamara Y., Forbes-Hernandez T.J., Reboredo-Rodriguez P., Mezzetti B., Varela-López A., Giampieri F., Battino M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2016, vol. 64(22), pp. 4435–4449. DOI: 10.1021/acs.jafc.6b00857.
6. Michalska A., Carlen C., Heritier J., Andlauer W. *Journal of Berry Research*, 2017, vol. 7, pp. 71–84. DOI: 10.3233/JBR-160146.
7. Meyers K.J., Watkins C.B., Pritts M.P., Liu R.H. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, vol. 51(23), pp. 6887–6892. DOI: 10.1021/jf034506n.
8. Seeram N.P., Lee R., Scheuller S., Heber D. *Food Chemistry*, 2006, vol. 97, pp. 1–11. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.02.047.
9. Tulipani S., Mezzetti B., Capocasa F., Bompadre S., Beekwilder J., de Vos C.H.R., Capanoglu E., Bovy A., Battino M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2008, vol. 56(3), pp. 696–704. DOI: 10.1021/jf0719959.
10. Giampieri F., Forbes-Hernandez T.Y., Gasparrini M., Afrin S. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 2017, vol. 1398(1), pp. 62–71. DOI: 10.1111/nyas.13373.
11. Fredericks C.H., Fanning K.J., Gidley M.J., Netzel G., Zabarás D., Herrington M., Netzel M. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2013, vol. 93, pp. 846–852. DOI: 10.1002/jsfa.5806.
12. *MR 2.3.1.1915-04. Rekomenduyemye urovni potrebleniya pishchevykh i biologicheskii aktivnykh veshchestv: Metodicheskkiye rekomendatsii*. [MR 2.3.1.1915-04. Recommended levels of intake of food and biologically active substances: Methodological recommendations]. Moscow, 2004, 28 p. (in Russ.).
13. *Strawberries: Cultivation, Antioxidant Properties and Health Benefits*, Nova Science Publishers, Incorporated, 2014, 429 p.
14. *USDA National Nutrient Database for Standard Reference* [Electronic resource]. URL: <http://www.ars.usda.gov/nea/bhnrc/ndl.2015>.
15. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J.M., Quiles J.L., Mezzetti B., Battino M. *Nutrition*, 2012, vol. 28(1), pp. 9–19. DOI: 10.1016/j.nut.2011.08.009.
16. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. *Tablitsy khimicheskogo sostava i kaloriynosti rossiyskikh produktov pitaniya. Spravochnik*. [Tables of the chemical composition and calories of Russian food. Directory]. Moscow, 2007, 276 p. (in Russ.).
17. Ornelas-Paz Jd.J., Yahia E.M., Ramírez-Bustamante N., Pérez-Martínez J.D., Escalante-Minakata Md.P., Ibarra-Junquera V., Acosta-Muñiz C., Guerrero-Prieto V., Ochoa-Reyes E. *Food Chemistry*, 2013, vol. 138(1), pp. 372–381. DOI: 10.1016/j.foodchem.2012.11.006.
18. Schwieterman M.L., Colquhoun T.A., Jaworski E.A., Bartoshuk L.M., Gilbert J.L., Tieman D.M., Odabasi A.Z., Moskowitz H.R., Foltá K.M., Klee H.J., Sims C.A., Whitaker V.M., Clark D.G. *PloS One*, 2014, vol. 9, no. 2, e88446. DOI: 10.1371/journal.pone.0088446.
19. Makarkina M.A., Pavel A.R. *Sovremennoye sadovodstvo*, 2017, no. 2(22), pp. 10–16 (in Russ.).
20. Sturm K., Koron D., Stampar F. *Food Chemistry*, 2003, vol. 83(3), pp. 417–422. DOI: 10.1016/s0308-8146(03)00124-9.

* Corresponding author.

21. Kafkas E., Koşar M., Paydaş S., Kafkas S., Başer K.H.C. *Food Chemistry*, 2007, vol. 100(3), pp. 1229–1236. DOI: 10.1016/j.foodchem.2005.12.005.
22. De Souza V.R., Pereira P.A.P., da Silva T.L.T., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. *Food Chemistry*, 2014, vol. 156, pp. 362–368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.125.
23. Nawirska A., Kwaśniewska M. *Food Chemistry*, 2005, vol. 91, pp. 221–225. DOI: 10.1016/j.foodchem.2003.10.005.
24. Bronovets I.V. *Meditsinskiye novosti*, 2015, no. 10, pp. 46–48 (in Russ.).
25. Kårlund A. *The Impact of Genetic Background and Cultivation Methods on the Bioactive Compounds and Sensory Properties of Strawberries. Dissertations in Health Sciences 377*, Kuopio, 2016, 71 p.
26. MR 2.3.1.2432-08. *Normy fiziologicheskikh potrebnoyey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii*. [MR 2.3.1.2432-08. Norms of physiological needs for energy and nutrients for various groups of the population of the Russian Federation]. Moscow, 2009, 36 p. (in Russ.).
27. Vicente E., Varela P., de Saldamando L., Ares G. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2014, vol. 94, pp. 591–599. DOI: 10.1002/jsfa.6307.
28. Giampieri F., Alvarez-Suarez J.M., Battino M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2014, vol. 62(18), pp. 3867–3876. DOI: 10.1021/jf405455n.
29. *Fineli: the National Food Composition Database in Finland. Strawberry, Fragaria × ananassa* [Electronic resource] URL: <https://fineli.fi/fineli/fi/elintarvikkeet/447?q=mansikka&foodType=ANY&portionUnit=G&portionSize=100&sortByColumn=name&sortOrder=asc&component=2331&>.
30. Lim T.K. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits*. Publisher: Springer, 2012, 1038 p.
31. Du X., Plotto A., Baldwin E., Rouseff R. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2011, vol. 59(23), pp. 12569–12577. DOI: 10.1021/jf2030924.
32. Pochitskaya I.M., Subach V.P. *Pishhevaya promyshlennost': nauka i tekhnologii*, 2016, no. 1(31), pp. 89–97 (in Russ.).
33. Ulrich D., Komes D., Olbricht K., Hoberg E. *Genet. Resources Crop Evol.*, 2007, vol. 54, pp. 1185–1196. DOI: 10.1007/s10722-006-9009-4.
34. Bianchi G., Lucchi P., Maltoni M.L., Fagherazzi A.F., Baruzzi G. *Acta Horticulturae*, 2017, vol. 1156, pp. 673–678. DOI: 10.17660/actahortic.2017.1156.98.
35. Luk'yanchuk I.V., Zhanova Ye.V. *Plodovodstvo: Sbornik nauchnykh trudov*. [Fruit growing: Collection of scientific papers]. Minsk, 2017, vol. 29, pp. 150–159 (in Russ.).
36. Pastushkova Ye.V., Zavorokhina N.V., Vyatkin A.V. *Vestnik YuUrGU. Seriya «pishchevye i biotekhnologii»*, 2016, vol. 4, pp. 105–113. DOI: 10.14529/food160412 (in Russ.).
37. Chupakhina G.N., Maslennikov P.V., Skrypnik L.N., Chupakhina N.Yu., Fedurayev P.V. *Antioksidantnyye svoystva kul'turnykh rasteniy Kaliningradskoy oblasti: monografiya*. [Antioxidant properties of cultivated plants of the Kaliningrad region: monograph]. Kaliningrad, 2016, 145 p. (in Russ.).
38. Sharova Ye.I. *Antioksidanty rasteniy: uchebnoye posobiye*. [Plant Antioxidants: A Study Guide]. St. Petersburg, 2016, 140 p. (in Russ.).
39. Bastias M.J.M., Cepero B.Y. *Revista Chilena de Nutrición*, 2016, vol. 43(1), pp. 81–86. DOI: 10.4067/s0717-75182016000100012.
40. Donno D., Cavanna M., Beccaro G.L., Mellano M.G., Torello Marinoni D., Cerutti A.K., Bounous G. *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 2013, pp. 1–10. DOI: 10.5073/JABFQ.2013.086.001.
41. Strålsjö L. *Folates in berries – evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing. Doctoral dissertation*, Uppsala, 2003, 58 p.
42. Strålsjö L.M., Witthöft C.M., Sjöholm I.M., Jägerstad M.I. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2003, vol. 51, no. 1, pp. 128–133. DOI: 10.1021/jf020699n.
43. Shirko T.S., Yaroshevich I.V. *Biokhimiya i kachestvo plodov*. [Biochemistry and fruit quality]. Minsk, 1991, 294 p. (in Russ.).
44. P'erez-Jim'enez J., Neveu V., Vos F., Scalbert A. *European journal of clinical nutrition*, 2010, vol. 64, pp. 112–120. DOI: 10.1038/ejcn.2010.221.
45. *Phenol-Explorer: Database on Polyphenol Content in Food* [Electronic resource]. URL: <http://www.phenol-explorer.eu>.
46. Forbes-Hernandez T.Y., Gasparini M., Afrin S., Bompadre S., Mezzetti B., Quiles J.L., Giampieri F., Battino M. *Food Science and Nutrition*, 2015, vol. 56(1), pp. 46–59. DOI: 10.1080/10408398.2015.1051919.
47. Määttä-Riihinen K.R., Kamal-Eldin A., Törrönen A.R. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 52(20), pp. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.
48. Aaby K., Skrede G., Wrolstad R.E. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53(10), pp. 4032–4040. DOI: 10.1021/jf048001o.
49. Makarevich A.M., Shutova A.G., Spiridovich Ye.V., Reshetnikov V.N. *Trudy BGU*, 2010, vol. 4, no. 2, pp. 1–11 (in Russ.).
50. 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.).
51. Fredes C., Gloria Montenegro G., Zoffoli J.P., Santander F., Robert P. *Ciencia e investigación agrarian*, 2014, vol. 41(1), pp. 49–60. DOI: 10.4067/s0718-16202014000100005.
52. Tokuşoğlu Ö., Hall III C. *Fruit and Cereal Bioactives: Sources, Chemistry, and Applications*. CRC Press, 2013, 473 p.
53. Luk'yanchuk I.V., Zhanova Ye.V. *Vestnik TGU. Seriya Biologiya*, 2017, no. 38, pp. 134–148. DOI: 10.17223/19988591/38/8 (in Russ.).

54. Da Silva F.L., Escribano-Bailón M.T., Pérez Alonso J.J., Rivas-Gonzalo J.C., Santos-Buelga C. *LWT – Food Science and Technology*, 2007, vol. 40(2), pp. 374–382. DOI: 10.1016/j.lwt.2005.09.018.
55. Olas B. *Frontiers in Pharmacology*, 2018, vol. 9(78), pp. 1–14. DOI: 10.3389/fphar.2018.00078.
56. Buendía B., Gil M.I., Tudela J.A., Gady A.L., Medina J.J., Soria C., Lopez J.M., Tomás-Barberán F.A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58(7), pp. 3916–3926. DOI: 10.1021/jf9030597.
57. Muthukumaran S., Tranchant C., Shi J., Ye X., Xue S.J. *Food Quality and Safety*, 2017, vol. 1(4), pp. 227–252. DOI: 10.1093/fqsafe/fyx023.
58. Bojarska J.E., Zadernowski R., Czaplicki S. *Polish journal of natural sciences*, 2011, vol. 26(2), pp. 171–177.
59. Ariza M.T., Reboredo-Rodríguez P., Cervantes L., Soria C., Martínez-Ferri E., González-Barreiro C., Cancho-Grande B., Battino M., Simal-Gándara J. *Food Chemistry*, 2018, vol. 248, pp. 155–165. DOI: 10.1016/j.foodchem.2017.11.105.
60. Mushkina O.V., Gurina N.S. *Vestnik VGMU*, 2008, vol. 7, no. 4, pp. 81–86 (in Russ.).
61. Lipińska L., Klewicka E., Sójka M. *Acta Sci. Pol., Technol. Aliment.*, 2014, vol. 13(3), pp. 289–299. DOI: 10.17306/J.AFS.2014.3.7.
62. Clifford M.N., Scalbert A. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 2000, vol. 80, pp. 1118–1125. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1118::AID-JSFA570>3.0.CO;2-9.
63. Rekika D., Khanizadeh S., Deschenes M., Levasseur A., Charles M.T., Tsao R., Yang R. *HortScience*, 2005, vol. 40(6), pp. 1777–1781.
64. Gündüz K., Ozdemir E. *Food Chemistry*, 2014, vol. 155, pp. 298–303. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.064.
65. Aaby K., Wrolstad R.E., Ekeberg D., Skrede G. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55(13), pp. 5156–5166. DOI: 10.1021/jf070467u.
66. Mattila P., Hellstrom J., Törrönen R. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2006, vol. 54(19), pp. 7193–7199. DOI: 10.1021/jf0615247.
67. Aaby K., Ekeberg D., Skrede G. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55(11), pp. 4395–4406. DOI: 10.1021/jf0702592.
68. Upadyshev M.T. *Rol' fenol'nykh soyedineniy v protsessakh zhiznedeyatel'nosti sadovykh rasteniy*. [The role of phenolic compounds in the life processes of garden plants]. Moscow, 2008, 320 p. (in Russ.).
69. Kähkönen M.P., Hopia A.I., Heinonen M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49(8), pp. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.
70. Wang S.Y., Lin H.S. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48(2), pp. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.
71. Prior R.L., Cao G., Martin A., Sofic E., McEwen J., O'Brien C., Lischner N., Ehlenfeldt M., Kalt W., Krewer G., Mainland C.M. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1998, vol. 46(7), pp. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.
72. Jiao H.J., Wang S.Y. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48(11), pp. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.
73. Moyer R.A., Hummer K.E., Finn C.E., Frei B., Wrolstad R.E. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50(3), pp. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.
74. Wang Sh., Stretch A. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49(2), pp. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.
75. de Souza V.R., Pereira P.A., da Silva T.L., de Oliveira Lima L.C., Pio R., Queiroz F. *Food Chemistry*, 2014, vol. 156, pp. 362–368. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.01.125.
76. Dragović-Uzelac V., Levaj B., Bursać D., Pedisić S., Radojčić I., Biško A. *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 2007, vol. 72(4), pp. 279–284.
77. Yashin A.Ya. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal*, 2008, vol. LII, no. 2, pp. 130–135 (in Russ.).
78. Chupakhina N.Yu., Tynutare T., Moor U. *Vestnik Baltiyskogo federal'nogo universiteta im. I. Kanta. Seriya: Yestestvennyye i meditsinskiye nauki*, 2012, no. 1, pp. 69–74 (in Russ.).

Received April 30, 2019

Revised October 28, 2019

Accepted October 30, 2019

For citing: Akimov M.Yu., Luk'yanchuk I.V., Zhanova E.V., Lyzhin A.S. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 5–18 (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprn.2020015511.