– ОБЗОРНАЯ СТАТЬЯ –

DOI 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14
УДК 634.71:581.192

ПЛОДЫ МАЛИНЫ *RUBUS IDAEUS* L. КАК ИСТОЧНИК ФУНКЦИОНАЛЬНЫХ ИНГРЕДИЕНТОВ (ОБЗОР)

Е. В. Жбанова

*ФГБНУ «Федеральный научный центр им. И. В. Мичурина»,
393774, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30*

e-mail: info@fnc-mich.ru

Дата поступления в редакцию: 02.03.2018
Дата принятия в печать: 04.04.2018

© Е. В. Жбанова, 2018

Аннотация. В работе представлен сравнительный анализ данных отечественных и зарубежных ученых по содержанию в плодах малины витаминов и других ценных веществ, обусловливающих их высокие антиоксидантные свойства. Цель исследования состояла в обобщении информации, отражающей специфику культуры малины по комплексу витаминов и полифенольных соединений. Показано, что содержание витамина С в плодах малины обыкновенной (*R. idaeus* L.) составляет 5–40 мг/100 г, фолиевой кислоты – 26–44 мкг/100 г. Употребление всего 100 г плодов малины обеспечивает суточную потребность в витамине С (60 мг) на 8,3–66,7 %, в фолатах (200 мкг) на 13–22 %. Суммарное содержание антоцианов в красной малине варьируется в широких пределах – 20–100 мг/100 г, в черной малине – 200–600 мг/100 г. Эллаговой кислоты в плодах культивируемых сортов накапливается от 38 до 270 мг/100 г. В небольших количествах в плодах культивируемых сортов красной малины содержатся: каротиноиды (β-каротин – 9,3 мкг/100 г, зеаксантин – 11 мкг/100 г, лютеин – 320 мкг/100 г), витамин Е – 0,15–0,44 мг/100 г токоферольных эквивалентов, тиамин – 0,020 мг/100 г, рибофлавин – 0,034 мг/100 г, ниацин – 0,036 мг/100 г, пиридоксин – 0,05 мг/100 г, биотин – 5,7 мкг/100 г. Суммарное содержание антиоксидантов в плодах культивируемых сортов малины составляет 1,71 мг/г (стандарт – кверцетин). В результате анализа литературных источников выявлено, что в значительной степени антиоксидантные свойства плодов малины связаны с высоким содержанием полифенолов. Вклад витамина С в общую антиоксидантную активность относительно низкий. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава плодов малины, необходима дальнейшая, более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным биохимическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры. Представленная информация будет служить базой для дальнейших направленных исследований фитохимических соединений плодовых культур, составляющих неотъемлемую важнейшую часть в здоровом питании человека, а также для создания нутрицевтических продуктов.

Ключевые слова. Малина, антиоксидантные свойства, биофлавоноиды, антоцианы, аскорбиновая кислота, фолиевая кислота, эллаготанины

Для цитирования: Жбанова, Е. В. Плоды малины *Rubus idaeus* L. как источник функциональных ингредиентов (обзор) / Е. В. Жбанова // Техника и технология пищевых производств. – 2018. – Т. 48, № 1. – С. 5–14. DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.

FRUIT OF RASPBERRY *RUBUS IDAEUS* L. AS A SOURCE OF FUNCTIONAL INGREDIENTS (REVIEW)

E.V. Zhbanova

*I.V. Michurin Federal Scientific Centre,
30, Michurina Str., Michurinsk, Tambov Region, 393774, Russia*

e-mail: info@fnc-mich.ru

Received: 02.03.2018
Accepted: 04.04.2018

© E.V. Zhbanova, 2018

Abstract. The article gives a comparative analysis of the data obtained by Russian and foreign scientists considering the content of vitamins and other valuable substances in raspberry fruit. That determines high antioxidant properties of raspberry. The goal of the study was to generalize information which shows specific nature of that plant in relation to the complex of vitamins and polyphenol compounds which it contains. The author shows that fruit of raspberry *R. idaeus* L. consists of 5–40 mg/100 g of vitamin C, folic acid – 26–44 μg/100 g. Consumption of only 100 g of raspberries satisfies daily requirement of vitamin C (60 mg) by 8.3–66.7%, in folates (200 μg) by 13–22%. Total anthocyanin content in red raspberry varies within wide range (20–100 mg/100 g), in black raspberry – form 200 to 600 mg/100 g. Raspberry accumulates from 38 to 270 mg/100 g of ellagic acid. In small amounts the cultivated red raspberry consists of the following substances: carotenoids (β-carotene – 9.3 μg/100 g, zeaxanthin – 11 μg/100 g, lutein – 320 μg /100 g), vitamin E – 0.15–0.44 mg/100 g tocopherol equivalents, thiamine – 0,020 mg/100 g, riboflavin – 0.034 mg/100 g, niacin – 0.036 mg/100 г, pyridoxin – 0.05 mg/100 g, biotin – 5.7 μg/100 g. Total content of antioxidants in the cultivated raspberry fruit is 1.71 mg/g (standard quercetin). As a result of the analysis of different literary sources the author determined that raspberry antioxidant properties are mainly connected with high polyphenol content. Contribution of vitamin C into total antioxidant activity is relatively low. Though raspberry

fruit chemical composition has already been studied quite well it is necessary to perform further more detailed research of different raspberry cultivars considering their total antioxidant activity as well as certain biochemical components which comprise antioxidant complex of raspberry fruit. The obtained results will form the base for further research aimed at investigating phytochemical compounds of fruit crops which have become an essential part of healthy human diet and developing nutraceutical products.

Keywords. Raspberry, antioxidant properties, bioflavonoids, anthocyans, ascorbic acid, folic acid, ellagotannins

For citation: Zhbanova E.V. Fruit of Raspberry *Rubus Idaeus* L. as a Source of Functional Ingredients (Review). *Food Processing: Techniques and Technology*, 2018, vol. 48, no. 1, pp. 5–14 (In Russ.). DOI: 10.21603/2074-9414-2018-1-5-14.

Введение

Малина, наряду с земляникой, смородиной и крыжовником, является одной из основных ягодных культур. По данным FAO (Food and Agriculture Organization) в 2012 г. в мире было произведено свыше 400 тыс. т плодов малины. Производственные посадки малины находятся на территории 37 стран, на площади 184 000 акров (74 465 га). В пятерку стран с самым высоким уровнем производства плодов малины в мире входят: Россия (доля производства составляет 24 %), Сербия и Черногория (23 %), США (13 %), Польша (11 %), Германия (7 %) [1]. В настоящее время в мире выращивают свыше 600 сортов малины, однако всего около 30–40 сортов имеют промышленное значение [2]. Кроме потребления в свежем и замороженном виде ее плоды широко используются в пищевой промышленности для изготовления варенья, джема, конфет, соков, сиропов, ликеров и т. д. Плоды малины – один из перспективных сырьевых источников при получении функциональных продуктов питания. Хотя содержание сахаров и органических кислот, а также их соотношение являются значимыми показателями при определении вкусовых качеств свежих плодов и рекомендаций их использования для переработки, повышенное накопление биологически активных компонентов имеет весьма важное значение. В условиях дефицита витаминов и микроэлементов в рационе питания большинства населения оценка плодового 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 малины по комплексу витаминов и полифенольных соединений.

Объекты и методы исследований

Объектами исследований служили научные публикации, посвященные характеристике биохимического состава и антиоксидантных свойств ягодных культур, в частности малины. Основным методом исследований являлся сравнительный анализ данных отечественных и зарубежных ученых по содержанию витамина С, фолиевой кислоты, антоцианов, других полифенолов, обусловливающих антиоксидантные свойства плодов малины.

Результаты и обсуждение

1. Витаминный состав плодов малины

В целом малина относится к культурам, плоды которых накапливают в эффективных количествах витамин С, Р-активные соединения, богаты фолиевой кислотой [3]. Установлено, что витамин С участвует в окислительно-восстановительных реакциях, функционировании иммунной системы, способствует усвоению железа [4]. Содержание витамина С в плодах различных сортов малины составляет от 5 до 40 мг/100 г, в среднем – 25 мг/100 г [3, 5]. При суточной потребности в витамине С, равной 60 мг [6], всего 100 г плодов обеспечивают ее на 8,3–66,7 %. 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. Показана выраженная связь между уровнем фолата, гомоцистеина и риском возникновения сердечно-сосудистых заболеваний [4]. По содержанию фолиевой кислоты (26–44 мкг/100 г) малина красная мало уступает таким богатым культурам, как виноград, земляника и вишня [7, 8]. Употребление всего 100 г плодов покрывает суточную потребность в фолатах (200 мкг) [6] на 13,0–22,0 %. В плодах культивируемых сортов малины довольно много железа (2,0–3,6 мг/100 г), больше, чем у других культур, за исключением крыжовника и вишни [7]. Комплекс кроветворных веществ представлен микроэлементами (железом и медью) в сочетании с фолиевой кислотой. Кроме того, малина, хотя и в меньшей степени, является источником ряда других витаминов, таких как п-А, B_1, B_2, Е, РР [9, 10]. Содержание витамина Е в плодах различных сортов составило в среднем 0,32 ± 0,05 с варьированием в пределах от 0,15 до 0,44 мг токоферольных эквивалентов в 100 г съедобной части [11]. Витамина B_1 в плодах различных сортов накапливалось в среднем (0,020 ± 0,03) мг/100 г, витамина B_2 – (0,034 ± 0,03) мг/100 г [12]. По данным бельгийских исследователей, группа витамина Е в плодах малины обыкновенной (красной) представлена: α-токоферолом – 4,3 мг/кг, γ-токоферолом – 5,1 мг/кг, δ-токоферолом – 5,8 мг/кг. Каротиноиды плодов малины включают: лютеин – 2,8 мг/кг, β-каротин – менее 0,01 мг/кг, α-каротин – 0,44 мг/кг [13, 14]. По сообщениям болгарских исследователей, каротиноидный комплекс плодов малины красной представлен следующими соединениями: лютеин – (320 ± 37) мкг/100 г, зеаксантин – (11,0 ± 2,6) мкг/100 г, β-криптоксантин – (5,9 ± 1,5) мкг/100 г, α-кароин – (24 ± 1,9) мкг/100 г, β-каротин – (9,3 ± 3,3) мкг/100 г (суммарное содержание 370 мкг/100 г) [13, 15]. По данным австралийских исследователей, плоды малины

обыкновенной (красной) содержат биотин – 5,7 мкг/100 г, пиридоксин – 0,05 мг/100 г, пантотеновую кислоту – 0,39 мг/100 г, ниацин – 0,36 мг/100 г [13]. На основе литературных источников составлен витаминный профиль, отражающий специфику накопления для данной культуры групп витаминов (табл. 1).

2. Эллаговая кислота и эллаготанины

Соединения, содержащие эллаговую кислоту, накапливаются только в некоторых фруктах, малина, наряду с земляникой, является важным источником этих компонентов [17–19]. Суточная потребность в эллаговой кислоте составляет 90 мг [17]. Эллаговая кислота – дилактон гексагидроксидифеновой кислоты, относится к низкомолекулярным фенольным соединениям, принадлежит к группе фенолкарбоновых кислот. В связанном виде является компонентом эллаготанинов. Эллаготанины относятся к классу гидролизуемых танинов, представляют собой сложные эфиры гексагидроксидифеновой кислоты и моносахарида (чаще всего глюкозы). Эллаготанины гидролизуются в пищеварительном тракте, высвобождая молекулу эллаговой кислоты. Их химическая структура определяет физико-химические свойства и биологическую активность. Они обладают противовоспалительной, противоопухолевой, антиоксидантной и противомикробной (антибактериальная, противогрибковая и противовирусная) активностью [19]. Однако опыты по исследованию антиоксидантных свойств эллаговой кислоты были проведены *in vitro*. Исследований по биодоступности эллаговой кислоты в организме человека проведено недостаточно.

M. P. Kahkonen с соавторами (2001) при определении различных классов фенольных соединений в красной малине (данные выражены на сухой вес плодов) сообщают, что эллаготанины (1717 мг/100 г) и антоцианы (230 мг/100 г) являются преобладающими фенольными соединениями с гораздо более низким содержанием флавонолов (23 мг/100 г), гидроксикоричных кислот (25 мг/100 г) и гидроксибензойных кислот (24 мг/100 г) в плодах [20]. K. Viljanen с соавторами (2004) также выявлено, что эллаготанины и антоцианы были основными фенольными компонентами в красной малине, составляя 51 и 31 % соответственно от общего содержания фенолов, определенных методом ВЭЖХ [21]. Процианидины и свободная эллаговая кислота составляли соответственно 8 и 9 % от общего количества фенолов, тогда как на флавонолы приходилось менее 1 % [22].

Эллаготанины являются главными фенольными веществами как в красной, так и в желтой малине, причем общее содержание эллаговой кислоты составляет от 38 до 270 мг/100 г в красных плодах и от 58 до 194 мг/100 г сырого веса у желтоплодных форм [22]. В красной малине в ряде исследований были идентифицированы такие эллаготанины, как sanguiin H-6, lambertianin C [22–24]. Семена красной и черной малины также являются богатым источником эллаготанинов, с содержанием 870 и 670 мг/100 г эллаговой кислоты соответственно. Хотя семена содержат более высокий уровень эллаговой кислоты, чем мякоть, они составляют лишь около 1–5 % массы плодов. Соответственно, 95 % эллаговой кислоты находится в мякоти, а в семенах содержится только 4 % [22]. Другие исследователи также сообщают, что мякоть малины содержала 87,8 % эллаговой кислоты, а семена – 12,2 %. Сок плодов содержал незначительное количество эллаговой кислоты [24]. В табл. 2 на основе литературных источников показан уровень накопления эллаготанинов в плодах малины.

Таблица 1 – Витаминный профиль плодов малины обыкновенной (*Rubus idaeus* L.)

Table 1 – Vitamin profile of raspberry fruit (*Rubus idaeus* L.)

Витамин	Среднее содержание в 100 г плодов		Рекомендуемый уровень суточного потребления, мг [6]
	по [5] (Скурихин, Тутельян, 2007)	по [16] (Saxholt E., 2008)	
Тиамин (витамин B_1), мг	0,02	0,03	1,4
Рибофлавин (витамин B_2, флавин-мононуклеотид), мг	0,05	0,05	1,6
Ниацин (никотиновая кислота, витамин PP), мг	0,6	0,5	18
Витамин B_6 (пиридоксин), мг	–	0,09	2,0
Пантотеновая кислота (витамин B_5), мг	–	0,24	6
Биотин (витамин H, витамин B_7), мг	–	0,002	0,05
Фолацин (витамин B_9), мкг	–	0,044	0,2
Витамин C (аскорбиновая кислота), мг	25	24	60

Таблица 2 – Содержание эллаготанинов в плодах малины (по Quideau, 2009) [25]

Table 2 – Ellagitannins content in raspberry fruit (according to Quideau, 2009) [25]

Культура	Содержание эллаготанинов, мг/кг сухого веса	Источник
Малина обыкновенная (*Rubus idaeus* L.)	1500 ± 100	Daniel et al., 1989 [26]
	510–660	Häkkinen et al., 2000 [27]
	1600	Mattila, Kumpulainen, 2002 [28]
	1900	Määttä-Riihinen et al., 2004 [29]
	380–1180	Anttonen and Karjalainen, 2005 [30]
	2640–3310	Koponen et al., 2007 [31]
	1717	Kahkonen et al., 2001 [20]
Малина обыкновенная, лесная	2700	Määttä-Riihinen et al., 2004 [29]

Таблица 3 – Основные компоненты антоцианового комплекса плодов красной и черной малины

Table 3 – Basis components of anthocyanins complex of red and black raspberry fruit

Гликозид антоциана	Сокращенное название	Малина красная *R. idaeus* L.	Малина черная *R. occidentalis* L.
Цианидин-3-софорозид *cyanidin -3-sophoroside*	Cy-3-Sopho	+	–
Цианидин 3-(2'глюкозил) рутинозид *cyaniding-3-(2'-glucosyl)rutinoside*	Cy-3(2GluRut)	+	–
Цианидин-3-глюкозид *cyanidin -3-glucoside*	Cy-3-Glu	+	+
Цианидин-3-(2'ксилозил) рутинозид *cyanidin-3- (2'xylosyl)rutinoside*	Cy-3(2XylRut)	+	+
Цианидин-3,5-диглюкозид *cyanidin 3,5-diglucoside*	Cy-3,5diGlu	+	–
Цианидин-3-рутинозид *cyanidin-3-rutinoside*	Cy-3-Rut	+	+
Цианидин-3-самбубиозид *cyanidin-3-sambubioside*	Cy-3-Samb	+	+
Пеларгонидин-3-софорозид *pelargonidin-3-sophoroside*	Pgd-3-Sopho	+	–
Пеларгонидин-3-(2'глюкозил) рутинозид *pelargonidin-3-(2'-glucosyl) rutinoside*	Pgd-3(2GluRut)	+	–
Пеларгонидин-3-глюкозид *pelargonidin-3-glucoside*	Pgd-3- Glu	+	–
Пеларгонидин-3-рутинозид *pelargonidin-3-rutinoside*	Pgd-3-Rut	+	+
Пеонидин-3-рутинозид *peonidin-3- rutinoside*	Pnd-3- Rut	–	+

Антоцианы

Антоцианы являются второй после эллаготанинов по величине группой фенольных антиоксидантов, обнаруженных в плодах красной малины [29, 32]. Возросший в последнее время объем исследований по антоцианам плодов и ягод связан с их использованием в пищевой, фармацевтической, косметической промышленностях. 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 установления 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 [33, 34]. В этой связи ягодные культуры, в частности малина, представляют значительную ценность. По содержанию антоцианов малина обыкновенная (красная) сходна со смородиной красной, немного превышает землянику, но уступает ежевике (в 2,5 раза) и смородине черной (примерно в 6 раз) [35]. Антоциановая композиция плодов красной малины разнообразна (выявлено 11 различных антоцианидинов). Наиболее распространенными пигментами в зависимости от сорта являются цианидин-3-софорозид, цианидин-3-глюкозилрутинозид и цианидин-3-рутинозид. Установлено, что основной антоциан, отвечающий за окраску плодов малины, – цианидин-3-софорозид. Второй по значению антоциан плодов красной малины – цианидин-3-глюкозид [36–39]. В работе L. Wada, B. Ou (2002) сообщается об обнаружении в плодах малины красной наряду с цианидин-3-глюкозидом другого антоциана – 3,5-диглюкозида [40]. По данным финских исследователей (Heinonen, 2007), цианидин-3-глюкозид составляет 15,6 %, цианидин-3-софорозид – 5,3 %, цианидин-3-арабинозид – 59,4 %, пеларгонидин-3-глюкозид – 0,9 %, пеларгонидин-3-рутинозид – 0,7 %, пеларгонидин-3-софорозид – 2,5 % суммарного количества антоцианидинов красной малины [13, 41]. Антоцианы в черной малине представлены в основном (до 90 %) цианидин-3-рутинозидом и цианидин-3-ксилозилрутинозидом. Цианидин-3-самбубиозид и пеларгонидин-3-рутинозид обнаружены в гораздо меньших количествах, примерно 1–5 % от общего количества антоцианинов [42–45]. На основе обобщения литературных данных [34, 36, 37, 39, 42–47] показан антоциановый профиль плодов красной и черной малины (табл. 3).

По сообщению литовских исследователей (Viskelis et al., 2012), количество антоцианов составляло 47,9 % от общего количества фенолов в черной малине, тогда как в красной малине отмечено гораздо меньшее процентное их соотношение – от 9,9 до 21,1 % [42]. Это указывает на то, что антоцианы не являются основными фенольными соединениями, содержащимися в красной малине. Уровни накопления антоцианов в красной малине находятся под влиянием генотипа, условий окружающей среды, в которых выращиваются плоды, степени спелости во время сбора и условий хранения после сбора урожая. Концентрация антоцианов в начале созревания плодов (зеленые плоды) низкая, с присутствием только цианидин-3-глюкозида и некоторых следов цианидин-3-рутинозида. Когда плоды малины становятся розовыми, образуются небольшие количества цианидин-3-софорозида и цианидин-3-глюкозилрутинозида. К тому времени, когда плоды становится красными, количество этих антоцианов резко возрастает и начинают формироваться гликозиды пеларгонидина [32, 43]. Содержание антоцианов заметно варьируется в зависимости от сорта. В целом суммарное содержание антоцианов в красной малине составило от 20 до 100 мг в 100 г свежих ягод, в черной малине – от 200 до 600 мг в 100 г свежих ягод [3, 43, 48–52]. Из-за присутствия

рецессивных генов, подавляющих образование антоциановых пигментов, сорта желтой малины содержат незначительное их количество. Так, в Литве содержание антоцианов в сортах желтой малины Poranna Rosa и Beglianka составило 3,5 и 2,0 мг/100 г соответственно. У сорта черной малины Bristol накапливалось антоцианов в количестве 330,8 мг/100 г [42].

3. Другие фенольные соединения

Суммарное содержание фенольных соединений в плодах малины сходно с земляникой, составляет около половины их количества, в сравнении с ежевикой, в четыре раза меньше, чем в чернике. Красная и черная смородина характеризуются в 2,5–3 раза более высоким накоплением фенолов, чем малина обыкновенная (красная) [35].

Фенольные кислоты, выделенные в красной малине, включают: п-кумаровую, кофейную, феруловую, галловую, 5-кофеилхинную (хлорогеновую), п-гидроксибензойную, ванилиновую и протокатехиновую кислоты. Флавонолы можно рассматривать как незначительные фенольные составляющие плодов малины, независимо от цвета, со значениями от менее 1 до 19 мг/100 г сырого веса [22]. В табл. 4 представлен комплекс флавоноловых гликозидов плодов красной малины. Эпикатехин является преобладающим флаван-3-олом в красной малине с концентрацией от 2 до 5 мг/100 г, в то время как желтые плоды содержат низкие уровни (менее 1 мг/100 г сырого веса) как катехина, так и эпикатехина. Флаван-3-олы обнаруживаются преимущественно в семенах, которые накапливают в четыре раза более высокие уровни эпикатехина, чем целые плоды [22, 29].

4. Антиоксидантная активность малины в сравнении с другими ягодными культурами

В результате многочисленных исследований выявлена наибольшая суммарная антиокислительная способность для таких ягодных культур, как голубика, клюква, ежевика – свыше 20 ммоль/г. У малины красной она составляет 10–20 ммоль/г, что значительно превышает данный показатель для других плодов и ягод [34, 48, 54]. Т. Г. Причко и Н. В. Дрофичевой (2015) отмечено, что высокая антиоксидантная активность плодов малины обыкновенной (красной) обусловлена накоплением ресвератрола, аскорбиновой, хлорогеновой, никотиновой, оротовой, кофейной, салициловой, протокатехиновой кислот [10]. Многие исследователи подчеркивают, что в значительной степени антиоксидантные свойства плодов красной малины связаны с высоким содержанием полифенолов [49]. По сообщениям J. Beekwilder с соавторами (2005), G. Borges с соавторами (2010), вклад антоцианов достигает 16–25 % антиоксидантного потенциала плодов красной малины, эллаготанинов – 55 %, витамина С – 11–20 % [32, 51]. Так, в плодах черники и черной смородины основными составляющими антиоксидантной способности являются антоцианы (84 и 73 % соответственно), в красной малине и красной смородине их вклад не превышал 21 % [35]. Другие исследователи (Kalt et al., 1999; Remberg et al., 2010) также указывают, что наиболее распространенными фенольными соединениями в красной малине являются антоцианы и производные эллаговой кислоты (эллаготанины и гликозиды эллаговой кислоты). Эти соединения – основные источники высокой антиоксидантой активности малины, в то время как на витамин С приходится всего 6 % суммарной антиоксидантной способности [18, 55]. Однако общая антиоксидантная активность плодов малины красной может быть оценена путем понимания взаимосвязи различных биоактивных соединений, работающих аддитивно или синергически [35]. В ряде зарубежных публикаций приводятся следующие данные по антиоксидантной активности ягодных культур по методу ORAC (oxygen radical absorbance capacity) (табл. 5).

Таблица 4 – Флавонолы плодов красной малины [22, 53]

Table 4 – Flavonols of red raspberry fruit [22, 53]

Наименование флавоноловых гликозидов	
кверцетин 3-рутинозид (рутин)	quercetin 3-rutinoside (rutin)
кверцетин 3-глюкозид	quercetin 3-glucoside
кверцетин 3-глюкуронид	quercetin 3-glucuronide
кемпферол глюкуронид	kaempferol glucuronide
кверцетин 3,4-диглюкозид	quercetin 3,4-diglucoside
кверцетин-галактозилрамнозид	quercetin-galactosylrhamnoside
кверцетин (2'-глюкозил) рутинозид	quercetin (2'-glucosyl) rutinoside
кверцетин галактозид	quercetin galactoside
метилкверцетин глюкуронид	methylquercetin glucuronide

Таблица 5 – Антиоксидантная активность ягодных культур (по Borowska, 2009) [56]

Table 5 – Antioxidant activity of berry crops (according to Borowska, 2009) [56]

Культура	ORAC, мкмоль тролокс/г	Источник
Черника *Vaccínium myrtíllus* L.	44,6	Prior et al., 1998 [57]
Ежевика *Rubus fruticosus* L.	14,8–22,6 26,7–78,8	Jiao, Wang, 2000 [58] Moyer et al., 2002 [48]
Черная смородина *Ribes nigrum* L.	36,9–93,1	Moyer et al., 2002 [48]
Голубика *Vaccínium corymbosum*	10,0–42,3	Prior et al., 1998 [57]
Клюква *Vaccínium macrocarpa*	8,2–14,1	Wang, Streth, 2001 [59]
Малина обыкновенная *Rubus idaeus* L.	13,1–45,2	Moyer et al., 2002 [48]
Земляника *Fragaria × ananassa* Duch.	12,2–17,4	Wang, Lin, 2000 [50]

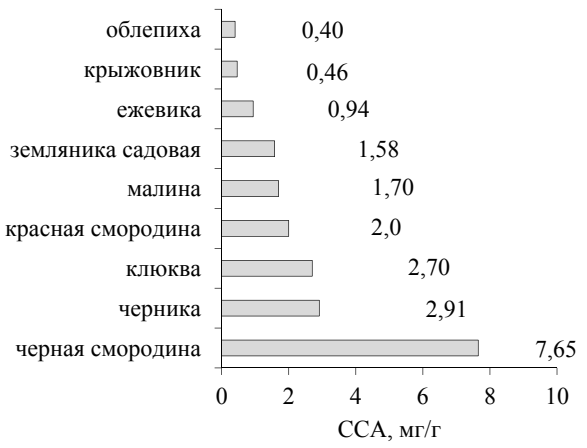

Рисунок 1 – Суммарное содержание антиоксидантов в соке культивируемых сортов ягодных культур (по А. Я. Яшину, 2008) [60]

Figure 1 – Total content of antioxidants in the juice of the cultivated berry crops (according to A.Ya. Yashin, 2008) [60]

Согласно исследованиям А. Я. Яшина (2008), суммарное содержание антиоксидантов (ССА) в соке плодов малины обыкновенной (красной) культурных сортов составило 1,71 мг/г (стандарт – кверцетин) [60]. По суммарной антиоксидантной активности плодов малина красная уступает таким ягодным культурам, как черная смородина, черника, клюква, красная смородина; превосходит такие культуры, как ежевика, крыжовник, земляника, облепиха (рис. 1). Вместе с тем важно отметить, что пищевая ценность малины, как и других ягодных культур, не ограничивается содержанием витаминов. Ее плоды служат богатым источником сахаров, органических кислот, минеральных веществ, пектина и др.

Заключение

Малина обладает высоким антиоксидантным потенциалом, обусловленным повышенным накоплением в ее плодах антоцианов, эллаговой, аскорбиновой, фолиевой кислот и других биоактивных соединений. Несмотря на достаточно глубокую степень изученности химического состава плодов малины, необходима дальнейшая более детальная характеристика сортового фонда как по суммарной антиоксидантной активности, так и по отдельным биохимическим компонентам, составляющим антиоксидантный комплекс плодов данной культуры.

Список литературы

1. FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www. faostat.fao.org.

2. Витковский, В. Л. Плодовые растения мира / В. Л. Витковский. – СПб. : Лань, 2003. – 592 с.

3. Жбанова, Е. В. Оценка сортового фонда малины по биохимическому составу плодов в различных регионах / Е. В. Жбанова, Е. И. Ознобкина // Плодоводство. – 2014. – Т. 26. – С. 443–451.

4. МР 2.3.1.2432-08. Нормы физиологических потребностей в энергии и пищевых веществах для различных групп населения Российской Федерации. – Введ. 18.12.2008. – М. : Федеральный центр госсанэпиднадзора Минздрава России. – 41 с.

5. Скурихин, И. М. Таблицы химического состава и калорийности российских продуктов питания / И. М. Скурихин, В. А. Тутельян. – М. : ДеЛи принт, 2007. – 276 с.

6. ТР ТС 022/2011. Пищевая продукция в части ее маркировки. – Утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 9 дек. 2011 г. № 881. – 29 с.

7. Ильин, В. С. Земляника, малина и ежевика / В. С. Ильин. – Челябинск : Южно-Уральское книжное издательство, 2007. – 344 с.

8. Strålsjö, L. Folates in Berries Evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing / L. Strålsjö // Doctoral thesis. – Uppsala : Swedish University of Agricultural Sciences, 2003. – 58 p.

9. Причко, Т. Г. Оценка качества плодово-ягодного сырья для создания новых видов функциональных продуктов питания / Т. Г. Причко, Л. Д. Чалая // Разработки, формирующие современный облик садоводства. – Краснодар : ГНУ СКЗНИИСиВ, 2011. – С. 298–314.

10. Причко, Т. Г. Влияние заморозки на показатели качества ягод малины / Т. Г. Причко, Н. В. Дрофичева // Технологии пищевой и перерабатывающей промышленности АПК – продукты здорового питания. – 2015. – № 4. – С. 40–45.

11. Содержание витамина Е в ягодах и фруктах российской селекции / Н. А. Бекетова [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 226–227.

12. Содержание витаминов B_1 и B_2 в отечественных сортах плодово-ягодных культур / О. А. Вржесинская [и др.] // Вопросы питания. – 2014. – Т. 83, № S3. – С. 228.

13. Probst, J. A review of the nutrient composition of selected *Rubus* berries / J. Probst // Nutrition & Food Science. – 2015. – Vol. 45, iss. 2. – P. 242–254.

14. Metabolism of carotenoids and apocarotenoids during ripening of raspberry fruit / J. Beekwilder [et al.] // BioFactors. – 2008. – Vol. 34. – P. 57–66.

15. Marinova, D. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries / D. Marinova, F. Ribarova // Journal of Food Composition and Analysis. – 2007. – Vol. 20, iss. 5. – P. 370–374. DOI: org/10.1016/j.jfca.2006.09.007.

16. Danish Food Composition Databank, revision 7 [Электронный ресурс] / E. Saxholt [et al.] // Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark, 2008. – Режим доступа: http://www.foodcomp.dk.

17. Clifford, M. N. Ellagitannins: Nature, occurrence and dietary burden / M. N. Clifford, A. Scalbert // Journal of the Science of Food and Agriculture. – 2000. – Vol. 80. – P. 1118–1125. DOI: 10.1002/(SICI)1097-0010(20000515)80:7<1118::AID-JSFA570>3.0.CO;2-9.

18. Influence of postflowering temperature on fruit size and chemical composition of Glen Ample raspberry (*Rubus idaeus* L.) / S. F. Remberg [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – P. 9120–9128. DOI: 10.1021/jf101736q.

19. Lipińska, L. Structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review / L. Lipińska, E. Klewicka, M. Sójka // Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria. – 2014. – Vol. 13 (3). – P. 289–299. DOI: org/10.17306/J.AFS.2014.3.7.

20. Kahkonen, M. P. Berry phenolics and their antioxidant activity / M. P. Kahkonen, A. I. Hopia, M. Heinonen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49 (8). – P. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.

21. Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics / K. Viljanen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, iss. 24. – P. 7419–7424. DOI: 10.1021/jf049198n.

22. Berry fruit: Value added products for health promotion / Y. Zhao ed. – Boca Raton : CRC Press Naylor and Francis Group. LLC., FL., 2007. – 430 p.

23. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties / W. Mullen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50, iss. 18. – P. 5191–5196. DOI: 10.1021/jf020140n.

24. Lim, T. K. Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits / T. K. Lim. – London ; New York : Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. – 1022 p.

25. Chemistry and biology of ellagitannins an underestimated class of bioactive plant polyphenols / S. Quideau ed. – World Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009. – 374 p.

26. Extraction, stability, and quantification of ellagic acid in various fruits and nuts / E. Daniel [et al.] // Journal of Food Composition and Analisis. – 1989. – Vol. 2. – P. 338−349.

27. Häkkinen, S. H. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage / S. H. Häkkinen, S. O. Kärenlampi, H. M. Mykkänen // European Food Research and Technology. – 2000. – Vol. 212. – P. 75−80. DOI: org/10.1007/s002170000184.

28. Mattila, P. Determination of free and total phenolic acids in plant-derived foods by HPLC with diode-array detection / P. Mattila, J. Kumpulainen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 3660−3667. DOI: 10.1021/jf020028p.

29. Määttä-Riihinen, K. R. Identification and quantification of phenolic compounds in berries of *Fragaria* and *Rubus* species (family *Rosaceae*) / K. R. Määttä-Riihinen, A. Kamal-Eldin, A. R. Törrönen // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2004. – Vol. 52, iss. 20. – P. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.

30. Anttonen, M. J. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry / M. J. Anttonen, R. O. Karjalainen // Journal of Food Composition and Analysis. – 2005. – Vol. 18, iss. 8. – P. 759−769. DOI: org/10.1016/j.jfca.2004.11.003.

31. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland / J. M. Koponen [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2007. – Vol. 55. – P. 1612−1619. DOI: 10.1021/jf062897a.

32. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites / J. Beekwilder [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2005. – Vol. 53. – P. 3313–3320. DOI: 10.1021/jf047880b.

33. Антоцианы и антиоксидантная активность плодов некоторых представителей рода *Rubus* / Н. Ю. Колбас [и др.] // Весці НАН Беларусі. Серыя біялагічных навук. – 2012. – № 1. – С. 5–10.

34. Антиоксидантные свойства видов малины / В. Н. Сорокопудов [и др.] // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. – 2011. – Т. 13, № 4-2 (99). – С. 196–198.

35. Bioactive compounds and antioxidant activity in different types of berries / S. Skrovankova [et al.] // International Journal of Molecular Sciences. – 2015. – Vol. 16. – P. 24673–24706. DOI: 10.3390/ijms161024673.

36. Инкрементный подход в анализе антоцианов / В. И. Дейнека [и др.] // Химия природных соединений. – 2003. – № 2. – С. 137–139.

37. Goiffon, J.-P. Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography / J.-P. Goiffon, P. P. Mouly, E. M. Gaydou // Analytica Chimica Acta. – 1999. – Vol. 382. – P. 39–50. DOI: 10.1016/S0003-2670(98)00756-9.

38. Determination of total and individual anthocyanins in raspberries grown in South Serbia / M. Ivanović [et al.] // «XXI Savetovanje o Biotehnologiji», 2016. – Vol. 21 (23). – P. 263–267.

39. De Ancos, B. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition / B. de Ancos, E. González, M. P. Cano // Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung. – 1999. – Vol. 208, iss. 1. – P. 33–38.

40. Wada, L. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries / L. Wada, B. Ou // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 3495–3500. DOI: 10.1021/jf011405l.

41. Heinonen, M. Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics – A Finnish perspective / M. Heinonen // Molecular Nutrition and Food Research. – 2007. – Vol. 51, iss. 6. – P. 684–691. DOI:10.1002/mnfr.200700006.

42. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Small Fruits. Chapter 5 / P. Viskelis [et al.] // Agricultural and Biological Sciences «Horticulture». – 2012. – P. 75–102.

43. Bobinaitė, R. Anthocyanins: occurrence, bioactivity and bioavailability, with special reference to the anthocyanins of raspberries (a review) / R. Bobinaitė, J. Viškelis // Kauno, Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry. – 2013. – Vol. 32, iss. 1/12. – P. 39–47.

44. Characterization of new anthocyanins in black raspberries (*Rubus occidentalis*) by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry / Q. Tian [et al.] // Food Chemistry. – 2006. – Vol. 94, iss. 3. – P. 465–468.

45. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary phenolic antioxidants in black raspberry / A. Z. Jr. Tulio [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2008. – Vol. 56, iss. 6. – P. 1880–1888. DOI: 10.1021/jf072313k.

46. Антоцианы плодов некоторых видов рода *Rubus* L. из коллекции ботанического сада БелГУ / В. Н. Сорокопудов [и др.] // Химия растительного сырья. – 2005. – № 4. – С. 61–65.

47. Исследование антоцианов 11 сортов ремонтантной малины / В. И. Дейнека [и др.] // Научные ведомости БелГУ. Серия: Естественные науки. – 2012. – № 21 (140), вып. 21/1. – С. 149–153.

48. Anthocyanins, phenolics, and antioxidant capacity in diverse small fruits: *Vaccinium*, *Rubus*, and *Ribes* / R. A. Moyer [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2002. – Vol. 50. – P. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.

49. Szajdek, A. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review / A. Szajdek, W. J. Borowska // Plant Foods for Human Nutrition. – 2008. – Vol. 63. – P. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.

50. Wang, S. Y. Antioxidant activity in fruits and leaves of blackberry, raspberry, and strawberry varies with cultivar and developmental stage / S. Y. Wang, H. S. Lin // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48, iss. 2. – P. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.

51. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants and cranberries / G. Borges [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2010. – Vol. 58. – P. 3901–3909. DOI: 10.1021/jf902263n.

52. Variability of antioxidant content in raspberry germplasm / C. A. Weber [et al.] // Acta Horticulturae 777 : IX International Rubus and Ribes Symposium, 2008. – P. 493–498.

53. The sustainable improvement of European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries. Work Package nr. 3. Fruit quality characterization and determination – the EUBerry project. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.euberry.univpm.it.

54. Wang, H. Total antioxidant capacity of fruits / H. Wang, G. Cao, R. L. Prior // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1996. – Vol. 45. – P. 304–309. DOI:10.1021/jf950579y.

55. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits / W. Kalt [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1999. – Vol. 47. – P. 4638–4644. DOI: 10.1021/jf990266t.

56. Borowska, E. J. Properties berry fruit as dependent on raw material quality and technological processing: a review / E. J. Borowska, A. Narwojsz // Functional Plant Science and Biotechnology. – 2009. – Vol. 6. – P. 39–45.

57. Antioxidant capacity as influenced by total phenolic and anthocyanin content, maturity and variety of *Vaccinium* species / R. L. Prior [et al.] // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 1998. – Vol. 46. – P. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.

58. Jiao, H. J. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry / H. J. Jiao, S. Y. Wang // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2000. – Vol. 48. – P. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.

59. Wang, Sh. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature / Sh. Wang, A. Stretch // Journal of Agricultural and Food Chemistry. – 2001. – Vol. 49. – P. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.

60. Яшин, А. Я. Инжекционно-проточная система с амперометрическим детектором для селективного определения антиоксидантов в пищевых продуктах и напитках / А. Я. Яшин // Российский химический журнал (Журнал Российского химического общества им. Д. И. Менделеева). – 2008. – Т. LII, № 2. – С. 130–135.

References

1. *FAOSTAT: Food and Agriculture Organization of the United Nations, 2014*. Available at: http://www. faostat.fao.org.

2. Vitkovskiy V.L. *Plodovye rasteniya mira* [Fruit plants of the world]. St. Petersburg: Lan' Publ., 2003. 592 p.

3. Zhbanova E.V., Oznobkina E.I. Otsenka sortovogo fonda maliny po biokhimicheskomu sostavu plodov v razlichnykh regionakh [Estimate of raspberry varieties for biochemical composition of fruit in different regions]. *Plodovodstvo* [Fruitgrowing], 2014, no. 26, pp. 443–451.

4. *MR 2.3.1.2432-08. Normy fiziologicheskikh potrebnostey v energii i pishchevykh veshchestvakh dlya razlichnykh grupp naseleniya Rossiyskoy Federatsii* [Guidelines 2.3.1. 2432-08. Standards of Physiological Needs in Energy and Food Substances for Various Population Groups in the Russian Federation]. Moscow, Federal'nyy tsentr gossanepidnadzora Minzdrava Rossii Publ., 2008. 41 p.

5. Skurikhin I.M., Tutel'yan V.A. *Tablitsy khimicheskogo sostava i kaloriynosti rossiyskikh produktov pitaniya* [Tables of a chemical composition and caloric content of the Russian food]. Moscow: DeLi print Publ., 2007. 276 p.

6. *TR TS 022/2011. Pishchevaya produktsiya v chasti ee markirovki.* [Technical regulations of the Customs Union. Food products in terms of its labeling]. 29 p.

7. Il'in V.S. *Zemlyanika, malina i ezhevika* [Strawberry, raspberry and blackberry]. Chelyabinsk: Yuzhno-Ural'skoe knizhnoe izdatel'stvo Publ., 2007. 344 p.

8. Strålsjö L. *Folates in Berries Evaluation of an RPBA method to study the effects of cultivar, ripeness, storage and processing*. Doctoral thesis. Uppsala: Swedish University of Agricultural Sciences, 2003. 58 p.

9. Prichko T.G., Chalaya L.D. Otsenka kachestva plodovo-yagodnogo syr'ya dlya sozdaniya novykh vidov funktsional'nykh produktov pitaniya [Quality control of fruit and berry raw material for the creation of new functional foods]. *Razrabotki, formiruyushchie sovremennyy oblik sadovodstva* [Development, forming the modern image of horticulture]. Krasnodar: GNU SKZNIISiV, 2011, pp. 298–314.

10. Prichko T.G., Droficheva N.V. Vliyanie zamorozki na pokazateli kachestva yagod maliny [Effect of freezing on quality indicators in raspberry fruit]. *Tekhnologii pishchevoy i pererabatyvayushchey promyshlennosti APK – produkty zdorovogo pitaniya* [Technologies for v-food and processing industry of AIC – healthy food], 2015, no. 4, pp. 40–45.

11. Beketova N.A., Kodencova V.M., Savel'ev N.I., Makarov V.N. Soderzhanie vitamina E v yagodakh i fruktakh rossiyskoy selektsii [Vitamin E contents in fruits and berries selected in Russia]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2014, no. 83 (S3), pp. 226–227.

12. Vrzhesinskaya O.A., Kodentsova V.M., Akimova O.M., Akimov M.Ju. Soderzhanie vitaminov B_1 i B_2 v otechestvennykh sortakh plodovo-yagodnykh kul'tur [Vitamin B_1 and B_2 contents in Russian fruit varieties]. *Voprosy pitaniya* [Problems of Nutrition], 2014, no. 83 (S3), pp. 228.

13. Probst J. A review of the nutrient composition of selected *Rubus* berries. *Nutrition & Food Science*, 2015, vol. 45, iss. 2, pp. 242–254.

14. Beekwilder J., van der Meer I.M., Simic A., et al. Metabolism of carotenoids and apocarotenoids during ripening of raspberry fruit. *Biofactors*, 2008, vol. 34, iss. 1, pp. 57–66.

15. Marinova D., Ribarova F. HPLC determination of carotenoids in Bulgarian berries. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2007, vol. 20, iss. 5, pp. 370–374. DOI: org/10.1016/j.jfca.2006.09.007.

16. Saxholt E., Christensen A.T., Moller A., et al. *Danish Food Composition Databank, revision 7*. Department of Nutrition, National Food Institute, Technical University of Denmark, 2008. Available at: http://www.foodcomp.dk.

17. Clifford M.N., Scalbert A. Ellagitannins: Nature, occurrence and dietary burden. *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.

18. Remberg S.F., Sonsteby A., Aaby K., Heide O.M. Influence of postflowering temperature on fruit size and chemical composition of Glen Ample raspberry (*Rubus idaeus* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 9120–9128. DOI: 10.1021/jf101736q.

19. Lipińska L., Klewicka E., Sójka M. Structure, occurrence and biological activity of ellagitannins: a general review. *Acta Scientiarum Polonorum Technologia Alimentaria*, 2014, vol. 13, iss. 3, pp. 289–299. DOI: org/10.17306/J.AFS.2014.3.7.

20. Kahkonen M.P., Hopia A.I., Heinonen M. Berry phenolics and their antioxidant activity. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49, iss. 8, pp. 4076–4082. DOI: 10.1021/jf010152t.

21. Viljanen K., Kylli P., Kivikari R., Heinonen M. Inhibition of protein and lipid oxidation in liposomes by berry phenolics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2004, vol. 52, iss. 24, pp. 7419–7424. DOI: 10.1021/jf049198n.

22. Zhao Y. ed. *Berry fruit: Value added products for health promotion.* Boca Raton: CRC Press Naylor and Francis Group. LLC. FL., 2007. 430 p.

23. Mullen W., McGinn J., Lean M.E., et al. Ellagitannins, flavonoids, and other phenolics in red raspberries and their contribution to antioxidant capacity and vasorelaxation properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, iss. 18, pp. 5191–5196. DOI: 10.1021/jf020140n.

24. Lim T.K. *Edible Medicinal and Non-Medicinal Plants. Vol. 4. Fruits*. London, New York: Springer Dordrecht Heidelberg, 2012. 1022 p.

25. Quideau S. ed. *Chemistry and biology of ellagitannins An Underestimated Class of Bioactive Plant Polyphenols.* Scientific Publishing Co. Pte. Ltd., 2009. 374 p.

26. Daniel E., Heur Y.-H., Blinzler J.A., Nims R.W., Stoner G.D. Extraction, stability, and quantification of ellagic acid in various fruits and nuts. *Journal of Food Composition and Analisis*, 1989, vol. 2, pp. 338−349.

27. Häkkinen S.H., Kärenlampi S.O., Mykkänen H.M. Ellagic acid content in berries: Influence of domestic processing and storage. *European Food Research and Technology*, 2000, vol. 212, pp. 75−80. DOI: org/10.1007/s002170000184.

28. Mattila P., Kumpulainen J. Determination of free and total phenolic acids in plant-derived foods by HPLC with diode-array detection. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, pp. 3660−3667. DOI: 10.1021/jf020028p.

29. 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, iss. 20, pp. 6178–6187. DOI: 10.1021/jf049450r.

30. Anttonen M.J., Karjalainen R.O. Environmental and genetic variation of phenolic compounds in red raspberry. *Journal of Food Composition and Analysis*, 2005, vol. 18, iss. 8, pp. 759−769. DOI: org/10.1016/j.jfca.2004.11.003.

31. Koponen J.M., Happonen A.M., Mattila P.H., Törrönen A.R. Contents of anthocyanins and ellagitannins in selected foods consumed in Finland. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2007, vol. 55, pp. 612−1619. DOI: 10.1021/jf062897a.

32. Beekwilder J., Jonker H., Meesters P., et al. Antioxidants in raspberry: on-line analysis links antioxidant activity to a diversity of individual metabolites. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2005, vol. 53, pp. 3313–3320. DOI: 10.1021/jf047880b.

33. Kolbas N.Yu., Silva M.-A., Tessedr P.L., Reshetnikov V.N. Antotsiany i antioksidantnaya aktivnost' plodov nekotorykh predstaviteley roda *Rubus* [Anthocyanins and antioxidant activity of fruit in some accessions of *Rubus*]. *Vestsi NAN Belarusi, seriya biyalagichnykh navuk* [*The News of National Academy of Sciences Belarus, biologic sciences dep.*], 2012, no. 1, pp. 5–10.

34. Sorokopudov V.N., Luchina N.A., Mostovoj O.A., et al. Antioksidantnye svoystva vidov maliny [Antioxidant properties of raspberry species]. *Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Medicina. Farmaciya* [Scientific news of BelGU. Medicine, Pharmacy department], 2011, vol. 13, no. 4-2 (99), pp. 196–198.

35. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., Jurikova T., Sochor J. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *International Journal of Molecular Sciences*, 2015, vol. 16, pp. 24673–24706. DOI:10.3390/ijms161024673.

36. Deyneka V.I., Grigor'ev A.M., Staroverov V.M., Borzenko O.N. Inkrementnyy podkhod v analize antotsianov [Increment approach in analysis of anthocyanins]. *Khimiya prirodnykh soedineniy* [Chemistry of natural compounds], 2003, no. 2, pp. 137–139.

37. Goiffon J.P., Mouly P.P., Gaydou E.M. Anthocyanic pigment determination in red fruit juices, concentrated juices and syrups using liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 1999, vol. 382, pp. 39–50. DOI: 10.1016/S0003-2670(98)00756-9.

38. Ivanović M., Pavlovic A., Mitić M., et al. Determination of total and individual anthocyanins in raspberries grown in South Serbia. *"XXI Savetovanje o Biotehnologiji"*, 2016, vol. 21(23), pp. 263–267 (In Serbian).

39. De Ancos B., González E., Cano M.P. Differentiation of raspberry varieties according to anthocyanin composition. *Zeitschrift für Lebensmitteluntersuchung und Forschung*, 1999, vol. 208, iss. 1, pp. 33–38.

40. Wada L., Ou B. Antioxidant activity and phenolic content of Oregon caneberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2002, vol. 50, pp. 3495–3500. DOI: 10.1021/jf0114051.

41. Heinonen M. Antioxidant activity and antimicrobial effect of berry phenolics – A Finnish perspective. *Molecular Nutrition and Food Research*, 2007, vol. 51, iss. 6, pp. 684–691. DOI:10.1002/mnfr.200700006.

42. Viskelis P., Bobinaite R., Rubinskiene M., Sasnauskas A., Lanauskas J. Chemical Composition and Antioxidant Activity of Small Fruits. Chapter 5. *Agricultural and Biological Sciences "Horticulture"*, 2012, pp. 75–102.

43. Bobinaitė R., Viškelis J. Anthocyanins: occurrence, bioactivity and bioavailability, with special reference to the anthocyanins of raspberries (a review). *Institute of Horticulture, Lithuanian Research Centre for Agriculture and Forestry*. Kauno, 2013, vol. 32, iss. 1/12, pp. 39–47.

44. Tian Q, Giusti M.M., Stoner M.M., Schwartz S.J. Characterization of new anthocyanins in black raspberries (*Rubus occidentalis*) by liquid chromatography electrospray ionization tandem mass spectrometry. *Food Chemistry*, 2006, vol. 94, iss. 3, pp. 465–468.

45. Tulio A.Z.Jr., Reese Jr.R.N., Wyzgoski F.J., et al. Cyanidin 3-rutinoside and cyanidin 3-xylosylrutinoside as primary phenolic antioxidants in black raspberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry,* 2008, vol. 56, iss. 6, pp. 1880–1888. DOI: 10.1021/jf072313k.

46. Sorokopudov V.N., Deyneka V.I., Lukina I.P., Deyneka L.A. Antotsiany plodov nekotorykh vidov roda *Rubus L.* iz kollektsii botanicheskogo sada BelGU [Anthocyanins of fruits in some species of *Rubus L.* Gen. from collection of Botanical garden BelGU]. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya* [Chemistry of raw materials], 2005, no. 4, pp. 61–65.

47. Deyneka V.I., Deyneka L.A., Sorokopudov V.N., Dubtsova I.S., Mayorova E.B. Issledovanie antotsianov 11 sortov remontantnoy maliny [Investigation of anthocyanins in 11 varieties of remontant raspberry]. *Nauchnye vedomosti BelGU. Seriya: Estestvennye nauki* [Scientific news of BelGU. Natural science department], 2012, no. 21(140), vol. 21/1, pp. 149–153.

48. 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, pp. 519–525. DOI: 10.1021/jf011062r.

49. Szajdek A., Borowska W.J. Bioactive compounds and health-promoting properties of berry fruits: a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, 2008, vol. 63, pp. 147–156. DOI: 10.1007/s11130-008-0097-5.

50. 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, iss. 2, pp. 140–146. DOI: 10.1021/jf9908345.

51. Borges G, Degeneve A, Mullen W, Crozier A. Identification of flavonoid and phenolic antioxidants in black currants, blueberries, raspberries, red currants and cranberries. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2010, vol. 58, pp. 3901–3909. DOI: 10.1021/jf902263n.

52. Weber C.A., Perkins-Veazie P., Moore P.P., Howard L. *Variability of antioxidant content in raspberry germplasm*. ISHS Acta Horticulturae 777: IX International Rubus and Ribes Symposium, 2008, pp. 493–498.

53. *The sustainable improvement of European berry production, quality and nutritional value in a changing environment: Strawberries, Currants, Blackberries, Blueberries and Raspberries*. *Work Package nr. 3.* Fruit quality characterization and determination – the EUBerry project. Available at: http:// /www.euberry.univpm.it.

54. Wang H., Cao G., Prior R.L. Total antioxidant capacity of fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1996, vol. 45, pp. 304–309. DOI: 10.1021/jf950579y.

55. Kalt W., Forney C.F., Martin A., Prior R.L. Antioxidant capacity, vitamin C, phenolics, and anthocyanins after fresh storage of small fruits. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 1999, vol. 47, pp. 4638–4644. DOI: 10.1021/jf990266t.

56. Borowska E.J., Narwojsz A. Properties Berry Fruit as Dependent on Raw Material Quality and Technological Processing: A Review. *Functional Plant Science and Biotechnology*, 2009, vol. 6. pp. 39–45.

57. Prior R.L., Cao G., Martin A., et al. 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, pp. 2686–2693. DOI: 10.1021/jf980145d.

58. Jiao H.J., Wang Sh.Y. Correlation of antioxidant capacities to oxygen radical scavenging enzyme activities in blackberry. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2000, vol. 48, pp. 5672–5676. DOI: 10.1021/jf000765q.

59. Wang Sh.Y., Stretch A. Antioxidant capacity in cranberry is influenced by cultivar and storage temperature. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 2001, vol. 49, pp. 969–974. DOI: 10.1021/jf001206m.

60. Jashin A.Ja. Inzhektsionno-protochnaya sistema s amperometricheskim detektorom dlya selektivnogo opredeleniya antioksidantov v pishchevykh produktakh i napitkakh [Injective and pass system with amperometric detector for selective definition of antioxidants in food products and beverages]. *Rossiyskiy khimicheskiy zhurnal (Zhurnal Rossiyskogo khimicheskogo obshchestva im. D. I. Mendeleeva)* [Russian chemistry Journal (Journal of Russian chemical society named after D.I. Mendeleev)], 2008, vol. LII, no. 2, pp. 130–135.

Жбанова Екатерина Викторовна

д-р с.-х. наук, ведущий научный сотрудник лаборатории биохимии и пищевых технологий, ФГБНУ «ФНЦ им. И. В. Мичурина», 393774, Россия, Тамбовская обл., г. Мичуринск, ул. Мичурина, 30, тел.: +7 (47545) 5-78-87, e-mail: info@fnc-mich.ru

Ekaterina V. Zhbanova

Dr.Sci.(Agr.), Leading Researcher of Laboratory of Biochemistry and Food Technology, I.V. Michurin Federal Scientific Centre, 30, Michurina Str., Michurinsk, Tambov Region, 393774, Russia, phone: +7 (47545) 5-78-87, e-mail: info@fnc-mich.ru