

АНТИОКСИДАНТНАЯ АКТИВНОСТЬ СОКА ЯГОДНЫХ КУЛЬТУР

Е. И. ТАРУН¹⁾, И. В. АНТОНЧИК¹⁾

¹⁾Белорусский государственный университет,
Международный государственный экологический институт им. А. Д. Сахарова,
ул. Долгобродская, 23/1, 220070, Минск, Беларусь

Проведено сравнительное изучение антиоксидантной активности 10 видов соков ягодных культур: черной и красной смородины, малины и ежевики, вишни и черешни, черники и голубики, черноплодной рябины и клубники. Получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина от логарифма концентрации соков, из которых графически определены показатели IC₅₀, которые составляли 1,95–13,2·10⁻² %. Все исследованные соки показывают высокую антиоксидантную активность, восстанавливая интенсивность флуоресценции флуоресцеина до 51–78 %.

Ключевые слова: соки черной и красной смородины; малины; ежевики; вишни; черешни; черники, голубики; черноплодной рябины; клубники; флуоресцеин; антиоксидантная активность.

ANTIOXIDANT ACTIVITY OF BERRY CROPS JUICE

E. I. TARUN^a, I. V. ANTONCHIK^a

^aBelarusian State University, International Sakharov Environmental Institute,
Dolgobrodskaya street, 23/1, 220070, Minsk, Belarus
Corresponding author: E. I. Tarun (ktarun@tut.by)

The paper presents a comparative study of the antioxidant activity of 10 types of the juices of black and red currants, raspberries and bramble, cherry and sweet cherry, bilberry and blueberry, black chokeberry and strawberry. The fluorescence intensity of fluorescein was determined from the logarithm of the concentration of juice. On their Basis IC₅₀ indicators were graphically estimated as 1,95–13,2·10⁻² %. All the juices studied show a high antioxidant activity, restoring the fluorescein fluorescence intensity to 51–78 %.

Key words: the juices of black and red currants; raspberries; bramble; cherry; sweet cherry; bilberry; blueberry; black chokeberry; strawberry; fluorescein; antioxidant activity.

Введение

Избыточная концентрация свободных радикалов в организме является центральным фактором риска сердечно-сосудистых, онкологических заболеваний и других патологий. Флавоноиды обладают сильными антиоксидантными свойствами и могут использоваться для профилактики различных болезней. В состав многих ягод входят такие флавоноиды, как кверцетин и рутин, а также антоцианы и другие фенольные гликозиды, выступающие ингибиторами свободных радикалов.

Образец цитирования:

Тарун Е. И., Антончик И. В. Антиоксидантная активность сока ягодных культур // Журн. Белорус. гос. ун-та. Экология. 2018. № 2. С. 129–135.

For citation:

Tarun E. I., Antonchik I. V. Antioxidant activity of berry crops juice. *J. Belarus. State Univ. Ecol.* 2018. No. 2. P. 129–135 (in Russ.).

Авторы:

Екатерина Ивановна Тарун – кандидат химических наук, доцент, доцент кафедры экологической химии и биохимии.
Ирина Васильевна Антончик – студентка факультета экологической медицины.

Authors:

Ekaterina I. Tarun, PhD (chemistry), associate professor; associate professor of chair of environmental chemistry and biochemistry.
ktarun@tut.by

Irina V. Antonchik, student of the faculty of environmental medicine.
irka,25.02@mail.ru

Ягоды черной смородины – один из ценнейших источников биологически активных фенольных веществ капиллярно-укрепляющего, противовоспалительного, сосудорасширяющего (антиспазматического) действия. В ягодах черной смородины содержатся витамины В, Р, провитамин А (каротин до 3 мг %), сахара, пектиновые вещества, фосфорная кислота, эфирное масло, дубильные вещества, витамин К, соли калия, фосфора и железа. Ценность красной смородины обусловлена наличием углеводов, органических кислот, макро- и микроэлементов, а также витаминов и полифенольных соединений. Содержание витамина С в ягодах красной смородины такое же, как в землянике, но в два раза больше, чем в ягодах крыжовника. Кроме того, в ягодах красной смородины содержатся антоцианы, которые регулируют процесс роста, участвуют в биологическом окислении. Флавонолы оказывают стабилизирующее действие на витамин С, подавляют действие фермента аскорбатоксидазы. Действие флавоноидов, подобно действию на организм витамина Р, уменьшают ломкость кровеносных сосудов, предотвращают подкожные кровоизлияния [1]. Методом ВЭЖХ в ягодах красной и черной смородины было обнаружено 65 различных фенольных соединений [2], в частности фенольные кислоты и гликозиды флавонолов [3; 4]. Показано, что содержание антоцианов в ягодах красной смородины было выше, чем в черной смородине, а содержание витамина С – в 3 раза выше в черной смородине [5].

Сравнение фенольного профиля черники, красной и черной смородины показало, что антоцианы составили самое высокое содержание общего количества фенольных соединений в смородине (> 85 %) и несколько ниже в чернике (35–74 %). Производные гидроксикоричной кислоты составили 23–56 % от общего количества фенольных соединений в чернике и 1–6 % в смородине [6]. Обнаружено высокое содержание антоцианов в разных сортах черники, а также положительная корреляция между количеством этих соединений и антиоксидантной активностью [7].

В фенольном профиле разных сортов вишни и черешни обнаружено высокое содержание антоцианов, флавонолов, гидроксикоричной кислоты. Вишня и черешня содержат такие сахара, как глюкоза и фруктоза, а основной органической кислотой была яблочная кислота [8; 9].

Исследования показали, что прием клубники, богатой антоцианами, способствует ослаблению воспаления и окислительного стресса, снижению риска сердечно-сосудистых заболеваний и защите от различных видов рака а также играет определенную роль в гликемическом контроле [10; 11].

Высокое содержание флавонолов и антоцианов обнаружено в малине и ежевике [12; 14].

Метод определения антиоксидантной активности (АОА) по отношению к активированным формам кислорода (АФК) является одним из наиболее применяемых в настоящее время [15; 16]. Он основан на измерении интенсивности флуоресценции окисляемого соединения и ее уменьшении под воздействием АФК. В настоящей работе для детектирования свободных радикалов использован флуоресцеин, обладающий высоким коэффициентом экстинкции и близким к 1 квантовым выходом флуоресценции. Генерирование свободных радикалов осуществляли используя систему Фентона, в которой образуются гидроксильные радикалы при взаимодействии комплекса железа (Fe^{2+}) с этилендиаминтетрауксусной кислотой (EDTA) и пероксида водорода [17; 18]. При взаимодействии флуоресцеина со свободными радикалами происходит тушение его флуоресценции, восстановить которую можно при добавлении в систему веществ, проявляющих такие антиоксидантные свойства, как входящие в состав ягод флавоноиды.

Цель работы – определение и сравнение антиоксидантной активности соков черной и красной смородины, малины и ежевики, вишни и черешни, черники и голубики, черноплодной рябины и клубники.

Материалы и методы исследования

Реагенты. Использовали соль Мора $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4 \cdot \text{FeSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ (Fe^{2+}), пероксид водорода (H_2O_2) фирмы «Реахим» (Россия), флуоресцеин, этилендиаминтетрауксусной кислоты (EDTA) фирмы «Sigma» (США).

Соки ягодных культур: малины, ежевики, клубники, черешни, черники, голубики, черной смородины, красной смородины, вишни, черноплодной рябины.

Приготовление разведений сока. Концентрацию сока принимали за 100 %. Делали ряд разведений сока в 2, 5, 10, 50, 100, 500, 1000 раз. Соответственно, концентрации полученных разведений сока – 100; 50; 20; 10; 2; 1; 0,2; 0,1 %. Концентрация разведений сока в пробе уменьшалась в 10 раз и составляла 10; 5; 2; 1; 0,2; 0,1; 0,02; 0,01 %.

Растворы соли Мора, H_2O_2 , EDTA и флуоресцеина готовили в 0,1 М Na-фосфатном буфере, pH 7,4.

Методика определения антиоксидантной активности сока. Общий объем пробы, помещаемый в кювету, составлял 2 мл. Интенсивность флуоресценции определяли в образцах следующего состава:

- 0,02 мл флуоресцеина ($2 \cdot 10^{-6}$ М) и 1,98 мл 0,1 М Na-фосфатного буфера;
- 0,02 мл флуоресцеина ($2 \cdot 10^{-6}$ М), 0,2 мл Fe^{2+} с ЭДТА (10^{-3} М), 1,58 мл 0,1 М Na-фосфатного буфера и 0,2 мл H_2O_2 (10^{-2} М).

• 0,02 мл флуоресцеина ($2 \cdot 10^{-6}$ М), 0,2 мл Fe^{2+} с ЭДТА (10^{-3} М), 0,2 мл сока (0,1–100 %), 0,2 мл H_2O_2 (10^{-2} М) и 1,38 мл 0,1 М Na-фосфатного буфера.

Реакцию начинали добавлением 0,2 мл H_2O_2 (10^{-2} М).

Конечные концентрации: флуоресцеин – $2 \cdot 10^{-8}$ М, Fe^{2+} – 10^{-4} М, ЭДТА – 10^{-4} М, H_2O_2 – 10^{-3} М, сок – 0,01–10 %.

Полученные значения пиков флуоресценции выражали в процентах, взяв за 100 % флуоресценцию раствора без Fe^{2+} , ЭДТА, сока и H_2O_2 .

Измерения флуоресценции проводили на флуориметре RF-5301 PC («Shimadzu», Япония). Регистрировали интенсивность флуоресценции на длине волны 514 нм. Длина волны возбуждения – 490 нм.

Результаты исследования и их обсуждение

В ходе исследования ингибирования реакций свободных радикалов, генерируемых в системе Фентона, получены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина (А) от логарифма концентрации всех образцов соков. Исследования проведены в широком диапазоне концентраций 0,01–10 %. На рис. 1 представлены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина (А) от логарифма концентрации сока черной (1) и красной (2) смородины. Образцы соков начинали проявлять АОА при концентрации 0,01 %. При последующем увеличении концентрации соков наблюдается увеличение подавления действия свободных радикалов и возрастание флуоресценции флуоресцеина. Максимум антиоксидантной активности соков наблюдается при концентрации 0,2 %. Сок черной смородины показывает более высокую АОА, восстанавливая флуоресценцию флуоресцеина до 78 % (1). АОА сока красной смородины в 1,4 раза ниже. Этот сок восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 56 % (2). Дальнейшее повышение концентрации сока приводит снижению его активности. При высоких концентрациях флавоноидов, содержащихся в соке, радикальные продукты их окисления могут взаимодействовать с флуоресцеином и снижать его флуоресценцию. Из графиков зависимостей определены показатели IC_{50} , значения которых представлены в табл. 1.

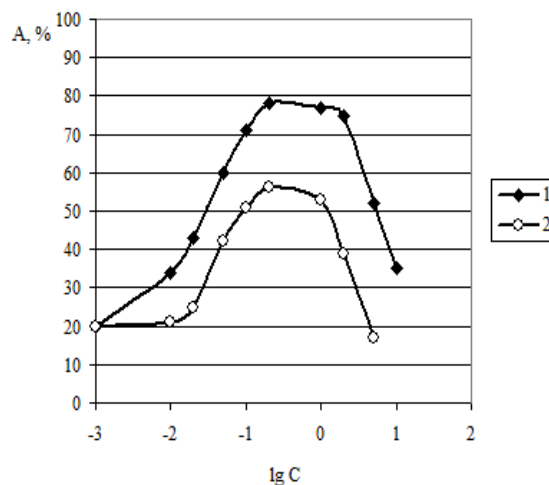


Рис. 1. Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (А) от логарифма концентрации сока черной (1) и красной (2) смородины

Fig. 1. The fluorescence intensity of fluorescein (A) depends on the logarithm of the concentration of juice of black (1) and red (2) currants

На рис. 2 представлены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина (А) от логарифма концентрации сока вишни (1) и черешни (2). Сок черешни показывает более высокую АОА, восстанавливая флуоресценцию флуоресцеина до 76 % (2) при концентрации сока 1 %. АОА сока вишни в 1,5 раза ниже. Этот сок восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 56 % (1). Однако при этом его концентрация в 5 раз ниже и составляет 0,2 %.

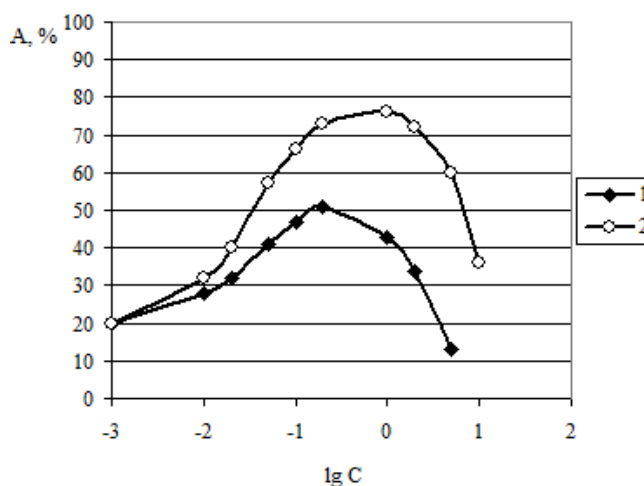


Рис. 2. Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации сока вишни (1) и черешни (2)

Fig. 2. The fluorescence intensity of fluorescein (A) depends on the logarithm of the concentration of juice of cherry (1) and sweet cherry (2)

На рис. 3 представлены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации сока малины (1) и ежевики (2). Показатели АОА этих соков близки. Они восстанавливают флуоресценцию флуоресцеина до 64 % (1) и 59 % (2), при концентрации сока 0,2 %.

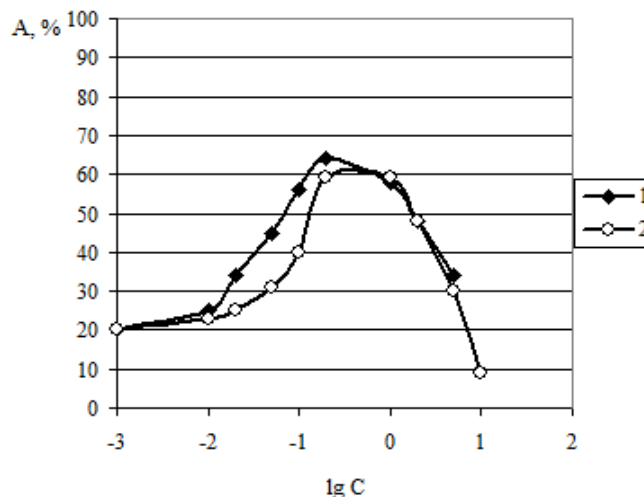


Рис. 3. Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации сока малины (1) и ежевики (2)

Fig. 3. The fluorescence intensity of fluorescein (A) depends on the logarithm of the concentration of juice of raspberries (1) and bramble (2)

На рис. 4 представлены зависимости интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации сока голубики (1) и черники (2). Сок голубики показывает более высокую АОА, восстанавливая флуоресценцию флуоресцеина до 64 % (1), при концентрации сока 1 %. АОА сока черники в 1,17 раза ниже. Этот сок восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина до 55 % (2). Однако при этом его концентрация в 5 раз ниже и составляет 0,2 %.

Аналогичные зависимости получены для соков черноплодной рябины и клубники, основные показатели антиоксидантной активности которых представлены в табл. 1.

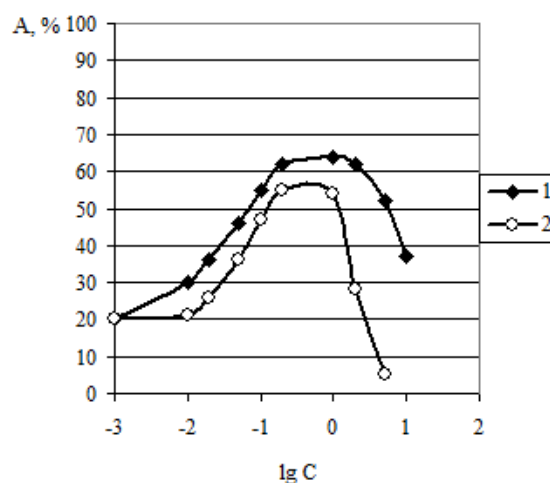


Рис. 4. Зависимость интенсивности флуоресценции флуоресцеина (A) от логарифма концентрации сока голубики (1) и черники (2)

Fig. 4. The fluorescence intensity of fluorescein (A) depends on the logarithm of the concentration of juice of blueberry (1) and bilberry (2)

Основными показателями антиоксидантной активности при сравнительном анализе являются: $A_{\max}$ – интенсивность флуоресценции, соответствующая максимальному ингибированию свободных радикалов, выраженная в %, C – концентрация соков, при которой достигается $A_{\max}$ и IC_{50} – концентрация сока, при которой достигается 50 % ингибирования свободных радикалов.

Таблица 1

Показатели антиоксидантной активности соков

Table 1

Indicators of antioxidant activity of juices

№	Соки	$A_{\max}, \%$	$C_{\max}, \%$	$IC_{50} \cdot 10^{-2}, \%$
1	Черная смородина	78	0,2	2,95
2	Черешня	76	1	3,47
3	Малина	64	0,2	6,17
4	Голубика	64	1	6,3
5	Черноплодная рябина	61	0,2	7,5
6	Клубника	66	1	8,77
7	Красная смородина	56	0,2	9,1
8	Черника	55	0,2	12,3
9	Ежевика	59	0,2	13
10	Вишня	51	0,2	13,2

Самый низкий показатель IC_{50} ($2,95 \cdot 10^{-2} \%$) получен при внесении образца сока черной смородины, что свидетельствует о его самой высокой антиоксидантной способности. Показатель $A_{\max}$ для этого сока также самый высокий. Показатель IC_{50} ($9,1 \cdot 10^{-2} \%$) красной смородины в 3 раза превышает аналогичный показатель черной смородины. Исследование состава черной и красной смородины, проведенные методом высокоэффективной жидкостной хроматографии, показали более высокое содержание флавоноидов в черной смородине, чем в красной. Кроме того, содержание витамина С, который также является антиоксидантом, в черной смородине в 3 раза выше, чем в красной. Это подтверждает полученные результаты, показывающие более высокие способности черной смородины к ингибированию свободных радикалов.

Сок черешни имел показатели IC_{50} ($3,47 \cdot 10^{-2} \%$) и $A_{\max}$ (76 %) близкие к соку черной смородины. Однако максимальное ингибирование свободных радикалов достигалось при концентрации сока в 5 раз больше, что свидетельствует о его более низких антиоксидантных свойствах, чем сок черной смородины. Соки

схожих по составу ягод – вишни и черешни также сильно отличаются показателями антиоксидантной активности, как и соки черной и красной смородины. Показатель IC_{50} ($13,2 \cdot 10^{-2} \%$) сока вишни превышал аналогичный показатель сока черешни в 3,8 раза. Он выявил самую слабую антиоксидантную активность, так как его показатель IC_{50} был максимальным, а показатель A_{max} – наименьшим по сравнению с другими образцами соков. Он ингибировал свободные радикалы на 51 %.

Показатель IC_{50} , полученный при внесении образца сока малины ($6,17 \cdot 10^{-2} \%$), в 2 раза превышал аналогичный показатель, полученный для сока черной смородины. Соки схожих по составу ягод (малины и ежевики) более близки по антиоксидантным свойствам, чем пары «черная–красная смородина» и «вишня–черешня». Однако сок ежевики показал более низкую антиоксидантную активность, чем сок малины. Его показатель IC_{50} ($13 \cdot 10^{-2} \%$) был в 2 раза выше аналогичного показателя для сока малины.

Показатели IC_{50} и A_{max} , полученные для сока голубики, были сравнимы с аналогичными показателями, полученными для сока малины. Однако максимальное ингибирование свободных радикалов достигалось при концентрации сока голубики в 5 раз больше, что свидетельствует о его более низких антиоксидантных свойствах, чем сок малины. Показатели IC_{50} ($6,3 \cdot 10^{-2} \%$) для сока голубики в 2 раза превышал аналогичный показатель, полученный для сока черной смородины. Сравнение схожих по составу соков черники и голубики показывает значительное различие их антиоксидантных свойств. Сок голубики оказался более сильным антиоксидантом по сравнению с соком черники. Показатели IC_{50} ($12,3 \cdot 10^{-2} \%$) для сока черники в 2 раза превышал аналогичный показатель, полученный для сока голубики.

Сок черноплодной рябины восстанавливал флуоресценцию флуоресцеина до 61 %, что сравнимо с аналогичными показателями, полученными для соков малины, голубики и ежевики и в 1,3 раза ниже показателя для сока черной смородины. Показатель IC_{50} ($7,5 \cdot 10^{-2} \%$) для сока черноплодной рябины превышал в 2,5 раза аналогичный показатель, полученный для сока черной смородины.

Показатель A_{max} , полученный для сока клубники, близок по значению к аналогичным показателям, полученным для соков малины и голубики, и составлял 66 %. Показатель IC_{50} ($8,77 \cdot 10^{-2} \%$) для сока клубники превышал в 3 раза аналогичный показатель, полученный для сока черной смородины, и был близок по значению к аналогичному показателю, полученному для сока красной смородины. Сок клубники восстанавливал флуоресценцию флуоресцеина на большую величину, чем сок красной смородины, однако его концентрация была в 5 раз выше.

Заключение

Сравнение пар соков ягод, имеющих аналогичный состав, позволило определить преимущество антиоксидантной активности одних ягод перед другими:

черная смородина > красная смородина,
черешня > вишня,
малина > ежевика,
голубика > черника.

Сок черной смородины более эффективно восстанавливает флуоресценцию флуоресцеина (до 78 %), являясь самым сильным антиоксидантом по сравнению с другими ягодными соками.

Благодаря высокому содержанию флавоноидов соки ягодных культур могут считаться высокоэффективными ингибиторами свободных радикалов. Изученные в данной работе соки повышали флуоресценцию флуоресцеина благодаря снижению действия свободных радикалов до 51–78 %. Показатели IC_{50} определены в диапазоне $2,95 - 13,2 \cdot 10^{-2} \%$, что соответствует разведению сока в 3390–760 раз. Низкие концентрации, при которых соки снижают действие свободных радикалов на 50 %, также свидетельствуют об их высокой антиоксидантной активности.

Библиографические ссылки

1. Лобанова А. А., Будаева В. В., Сакович Г. В. Исследование биологически активных флавоноидов в экстрактах из растительного сырья // Химия растительного сырья. 2004. № 1. С. 47–52.
2. Mikulic-Petkovsek M., Rescic J., Schmitzer V., et al. Changes in fruit quality parameters of four Ribes species during ripening // Food Chem. 2015. Vol. 173. P. 363–374.
3. Yang B., Zheng J., Laaksonen O., et al. Effects of latitude and weather conditions on phenolic compounds in currant (Ribes spp.) cultivars // J. Agric. Food Chem. 2013. Vol. 61 (14). P. 3517–3532.
4. Godevac D., Tešević V., Vajs V., et al. Chemical composition of currant seed extracts and their protective effect on human lymphocytes DNA // J. Food Sci. 2012. Vol. 77 (7). P. 779–783.
5. Milivojevic J., Slatnar A., Mikulic-Petkovsek M., et al. The influence of early yield on the accumulation of major taste and health-related compounds in black and redcurrant cultivars (Ribes spp.) // J. Agric. Food Chem. 2012. Vol. 60 (10). P. 2682–2691.
6. Gavrilova V., Kajdzanoska M., Gjamovski V., et al. Separation, characterization and quantification of phenolic compounds in blueberries and red and black currants by HPLC-DAD-ESI-MSn // J. Agric. Food Chem. 2011. Vol. 59 (8). P. 4009–4018.

7. Pertuzatti P., Barcia M. T., Rodrigues D., et al. Antioxidant activity of hydrophilic and lipophilic extracts of Brazilian blueberries // *Food Chem.* 2014. Vol. 164. P. 81–88.
8. Matias A. A., Rosado-Ramos R., Nunes S. L., et al. Protective Effect of a (Poly) phenol-Rich Extract Derived from Sweet Cherries Culls against Oxidative Cell Damage // *Molecules.* 2016. Vol. 21 (4). P. 406.
9. Cao J., Jiang Q., Lin J., et al. Physicochemical characterisation of four cherry species (*Prunus* spp.) grown in China // *Food Chem.* 2015. Vol. 173. P. 855–863.
10. Huang Y., Park E., Edirisinghe I., et al. Maximizing the health effects of strawberry anthocyanins: understanding the influence of the consumption timing variable // *Food Funct.* 2016. Vol. 7 (12). P. 4745–4752.
11. Afrin S., Gasparrini M., Forbes-Hernandez T. Y., et al. Promising Health Benefits of the Strawberry: A Focus on Clinical Studies // *J. Agric. Food Chem.* 2016. Vol. 64 (22). P. 4435–4449.
12. Basu P., Maier C. In vitro Antioxidant Activities and Polyphenol Contents of Seven Commercially Available Fruits // *Pharmacognosy Res.* 2016. Vol. 8 (4). P. 258–264.
13. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., et al. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries // *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16 (10). P. 24673–24706.
14. Cao G. H., Alessio H. M., Cutler R. G. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants // *Free Radicals In Biology And Medicine.* 1993. Vol. 3, № 14. P. 303–311.
15. Ehlenfeldt M. K., Prior R. I. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry // *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 2001. Vol. 49. P. 2222–2227.
16. Сычев А. Я., Исак Б. Г. Гомогенный катализ соединениями железа. Кишинев, 1988.
17. Wei Y. A novel H₂O₂-triggered anti-Fenton fluorescent pro-chelator excitable with visible light // *Chem. Commun.* 2009. Vol. 11. P.1413–1415.

References

1. Lobanova A. A., Budaeva V. V., Sakovich G. V. [Study of biologically active flavonoids in extracts from plant material]. *Chemistry of plant raw materials.* 2004. No. 1. P. 47–52 (in Russ.).
2. Mikulic-Petkovsek M., Rescic J., Schmitzer V., et al. Changes in fruit quality parameters of four *Ribes* species during ripening. *Food Chem.* 2015. Vol. 173. P. 363–374.
3. Yang B., Zheng J., Laaksonen O., et al. Effects of latitude and weather conditions on phenolic compounds in currant (*Ribes* spp.) cultivars. *J. Agric. Food Chem.* 2013. Vol. 61 (14). P. 3517–3532.
4. Godevac D., Tešević V., Vajs V., et al. Chemical composition of currant seed extracts and their protective effect on human lymphocytes DNA. *J. Food Sci.* 2012. Vol. 77 (7). P. 779–783.
5. Milivojevic J., Slatnar A., Mikulic-Petkovsek M., et al. The influence of early yield on the accumulation of major taste and health-related compounds in black and redcurrant cultivars (*Ribes* spp.). *J. Agric. Food Chem.* 2012. Vol. 60 (10). P. 2682–2691.
6. Gavrilova V., Kajdzanoska M., Gjamovski V., et al. Separation, characterization and quantification of phenolic compounds in blueberries and red and black currants by HPLC-DAD-ESI-MSn. *J. Agric. Food Chem.* 2011. Vol. 59 (8). P. 4009–4018.
7. Pertuzatti P., Barcia M. T., Rodrigues D., et al. Antioxidant activity of hydrophilic and lipophilic extracts of Brazilian blueberries. *Food Chem.* 2014. Vol. 164. P. 81–88.
8. Matias A. A., Rosado-Ramos R., Nunes S. L., et al. Protective Effect of a (Poly) phenol-Rich Extract Derived from Sweet Cherries Culls against Oxidative Cell Damage. *Molecules.* 2016. Vol. 21 (4). P. 406.
9. Cao J., Jiang Q., Lin J., et al. Physicochemical characterisation of four cherry species (*Prunus* spp.) grown in China. *Food Chem.* 2015. Vol. 173. P. 855–863.
10. Huang Y., Park E., Edirisinghe I., et al. Maximizing the health effects of strawberry anthocyanins: understanding the influence of the consumption timing variable. *Food Funct.* 2016. Vol. 7 (12). P. 4745–4752.
11. Afrin S., Gasparrini M., Forbes-Hernandez T. Y., et al. Promising Health Benefits of the Strawberry: A Focus on Clinical Studies. *J. Agric. Food Chem.* 2016. Vol. 64 (22). P. 4435–4449.
12. Basu P., Maier C. In vitro Antioxidant Activities and Polyphenol Contents of Seven Commercially Available Fruits. *Pharmacognosy Res.* 2016. Vol. 8 (4). P. 258–264.
13. Skrovankova S., Sumczynski D., Mlcek J., et al. Bioactive Compounds and Antioxidant Activity in Different Types of Berries. *Int. J. Mol. Sci.* 2015. Vol. 16 (10). P. 24673–24706.
14. Cao G. H., Alessio H. M., Cutler R. G. Oxygen-radical absorbance capacity assay for antioxidants. *Free Radicals In Biology And Medicine.* 1993. Vol. 3, № 14. P. 303–311.
15. Ehlenfeldt M. K., Prior R. I. Oxygen radical absorbance capacity (ORAC) and phenolic and anthocyanin concentrations in fruit and leaf tissues of highbush blueberry. *J. of Agricultural and Food Chemistry.* 2001. Vol. 49. P. 2222–2227.
16. Sichev A. Y., Isak V. G. [Homogeneous catalysis with iron compounds.] Kishinev, 1988 (in Russ.).
17. Wei Y. A novel H₂O₂-triggered anti-Fenton fluorescent pro-chelator excitable with visible light. *Chem. Commun.* 2009. Vol. 11. P. 1413–1415.

Статья поступила в редколлегию 10.05.2018
Received by editorial board 10.05.2018