

Влияние способа обработки на химический состав и антиоксидантную активность ягоды малины

Громова И.А. [✉], Воронина М.С., Макарова Н.В.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный технический университет", Самарская область, 443100, г. Самара, ул. Молодогвардейская, д. 244

[✉] ia.gromova.gro@yandex.ru

Аннотация. Большое влияние на здоровье человека оказывают вещества, проявляющие антиоксидантный эффект, в значительной степени содержащиеся в ягодах малины и отходах сокового производства от данной ягоды, а именно свежемороженой ягоде, свежесжатым соке, водной вытяжке, сырых и высушенных выжимках и концентрированном соке. Целью работы стало изучение химического состава и антиоксидантной активности ягод малины и отходов сокового производства, наблюдение за изменением показателей исследуемых характеристик при механической и тепловой обработке ягод малины и выбор оптимального варианта. При проведении исследований были использованы следующие методы: определение общего содержания антоцианов; определение общего содержания фенольных соединений; определение общего содержания флавоноидов; определение антирадикальной активности; определение восстанавливающей силы; исследование антиоксидантных свойств с использованием модельной системы линолевой кислоты. Все методы по определению содержания антиоксидантов проводились на этанольных экстрактах. Установлено, что использование экстракции для ягод и отходов сокового производства позволяет более точно определить содержание исследуемых показателей. Выявлено, что наибольшая антиоксидантная активность 94,5-98,4 % отмечена в малине и водной вытяжке из нее.

Ключевые слова: антиоксиданты; экстракт; антирадикальная активность; восстанавливающая сила; линолевая кислота; спектрофотометр.

Для цитирования: Громова И.А., Воронина М.С., Макарова Н.В. Влияние способа обработки на химический состав и антиоксидантную активность ягоды малины // «Магарач». Виноградарство и виноделие, 2021; 23(4):388-392. DOI 10.35547/IM.2021.23.4.014

Influence of the processing method on the chemical composition and antioxidant activity of raspberries

Gromova I.A. [✉], Voronina M.S., Makarova N.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Samara State Technical University, 244, Molodogvardeyskaya str., 443100 Samara, Russia

[✉] ia.gromova.gro@yandex.ru

Abstract. A great influence on human health is exerted by substances exhibiting an antioxidant effect, largely contained in raspberries and their juice waste products, specifically in fresh-frozen berries, fresh squeezed juice, water extract, raw and dried pomace and concentrated juice. The aim of the work was to study chemical composition and antioxidant activity of raspberries and their juice waste products, monitor changes in the parameters of the studied characteristics during mechanical and thermal processing of raspberries and select the optimal option. The following methods were used during the research: determination of the total content of anthocyanins; determination of the total content of phenolic compounds; determination of the total content of flavonoids; determination of antiradical activity; determination of regenerating power; study of antioxidant properties using a model system of linoleic acid. All methods for determining the content of antioxidants were carried out on ethanol extracts. It was established that using of extraction for berries and juice waste products made it possible to determine more precisely the content of the studied indicators. It was also revealed that the highest antioxidant activity of 94.5% - 98.4% was observed in raspberries and their water extract.

Key words: antioxidants; extract; antiradical activity; regenerating power; linoleic acid; spectrophotometer.

For citation: Gromova I.A., Voronina M.S., Makarova N.V. Influence of the processing method on the chemical composition and antioxidant activity of raspberries. Magarach. Viticulture and Winemaking, 2021; 23(4):388-392 (in Russian). DOI 10.35547/IM.2021.23.4.014

Введение

Красная малина высоко ценится за ее универсальность в кулинарном применении, а также во многих других областях применения. Около 3% ягод красной малины продается свежей, а остальное количество перерабатываются в сок или другие продукты, такие как

желе, джемы, йогурты и кондитерские изделия. Малиновый сок богат высоким содержанием витамина С и железа [1, 2, 5].

Сок красной малины является отличным источником фенольных соединений, обладающих антиоксидантной активностью, таких веществ, как эллагитанины и антоцианы. Фенольные соединения обладают антимикробной активностью и могут препятствовать росту кишечных патогенов, таких как штаммы ста-

филококка. Это показало, что потребление красной малины снижает отложение липидов в аорте, что предотвращает вероятность атеросклероза. Этот сок также оказывает благотворное воздействие на различные типы рака.

Функциональные напитки содержат питательно важные соединения, включая различные необходимые элементы, фруктовые соки являются неотъемлемой частью сбалансированного питания и богаты важнейшими элементами. Чтобы получить питательный элементный состав этого напитка, необходимо получить знания обо всех содержащихся в нем элементах, в том числе о тех, которые присутствуют на ультраследовых уровнях. Среди них антиоксиданты. Определение следовых и сверхмалых количеств антиоксидантов в пищевых продуктах является сложной задачей. Для получения достоверных результатов необходимы точные методы.

Антиоксиданты представляют собой соединения, объединяющие неспаренные электроны с образованием менее активных или совсем неактивных радикалов. Они отвечают за регуляцию процесса протекания свободно-радикальных изменений в организме, что в значительной степени влияет на его состояние, поэтому в последнее время антиоксиданты и исследования антиоксидантных свойств соединений получили распространение в широком кругу. Богатые антиоксидантами и самые распространенные пищевые продукты – это продукты растительного происхождения [2, 6, 7, 9].

Основным поставщиком жизненно важных витаминов, минералов и других биологически активных веществ являются ягоды. Они являются продуктом скоропортящимся, поэтому период потребления их в свежем виде ограничен малым временным интервалом. Опытным путем было доказано, что замораживание ягод позволяет не только максимально сохранить, но и повысить содержание в них исходных веществ, в том числе и биологически активных, обладающих антиоксидантной природой, что обуславливает их значимость в питании [3, 8, 10]. Замороженные ягоды можно рекомендовать в качестве профилактического антиоксидантного средства и как основу для создания пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами [4, 11].

Наиболее изученными антиоксидантами являются фенольные соединения, к которым относятся флавоноиды. Для более тщательного изучения химических показателей проводились исследования с водно-спиртовыми экстрактами, так как они обладают антиоксидантной активностью и ингибирующей активностью против грамположительных и грамотрицательных бактерий.

Цель нашей работы – изучение химического состава и антиоксидантной активности различных продуктов переработки малины.

Объекты и методы исследования

Объектом исследования стала ягода малина.

Для исследования свежих ягод и продуктов переработки применялись следующие методы: метод определения общего содержания фенольных соедине-

ний (мг галловой кислоты/100 г исходного сырья); метод определения общего содержания флавоноидов (мг катехина/100 г сырья); общее содержание антоцианов (мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья); антирадикальная активность (мг/мл); восстанавливающая сила (ммоль Fe/1 кг исходного сырья); антиоксидантная активность в системе линолевой кислоты (% ингибирования окисления линолевой кислоты).

Исследования проводились на базе ФГБОУ ВО Самарского государственного технического университета (г. Самара).

Содержание антиоксидантов определялось на этанольных экстрактах. Для исследования антиоксидантной активности ягод малины и выжимок был получен водно-спиртовой экстракт: навески измельченных плодов ягод и продуктов переработки помещали в колбы, добавляли 10 мл смеси дистиллированной воды и водного раствора этилового спирта (соотношение водного раствора этилового спирта 1:1) и помещали в термостат (температура 37°C в течение 2 ч). Проводилось исследование экстрактов свежемороженых ягод малины, водной вытяжки данной ягоды, свежесжатого сока малины, концентрированного сока, сырых и высушенных выжимок ягоды.

Основной методикой для определения фенольных веществ во фруктовых соках и напитках является спектрофотометрический метод с реактивом Фолина-Чокальтеу [12]. Общее содержание фенольных веществ рассчитаны как мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья по калибровочной кривой (рис. 1).

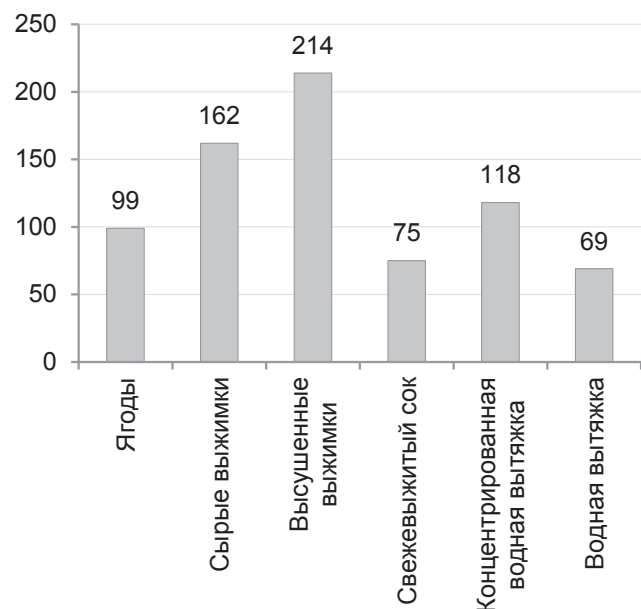


Рис. 1. Общее содержание фенольных веществ ягод малины и отходов сокового производства, мг галловой кислоты / 100 г исходного сырья

Fig. 1. The total content of phenolic substances in raspberries and juice waste products, mg of gallic acid / 100 g of raw materials

Фенольные вещества преобладают именно в высушенных выжимках (214 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья), тогда как в самих ягодах (99 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья) наблюдаются низкие значения.

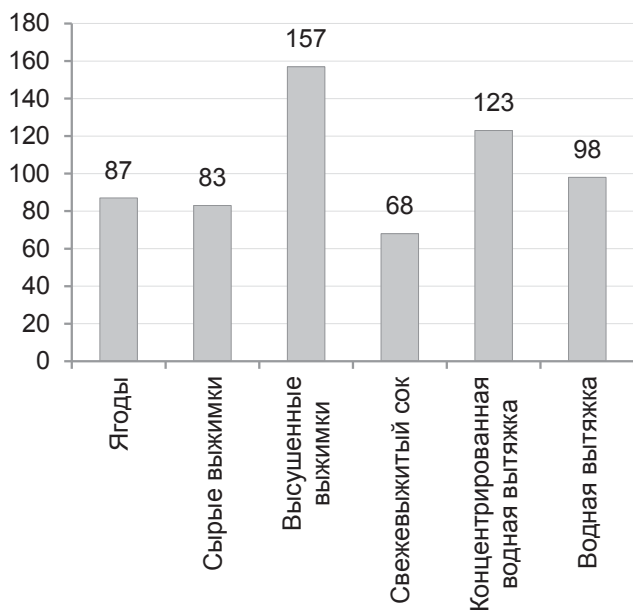


Рис. 2. Общее содержание флавоноидов ягод малины и отходов сокового производства, мг катехина / 100 г сырья
Fig. 2. The total content of flavonoids in raspberries and juice waste products, mg of catechin / 100 g of raw materials

Общее содержание флавоноидов определялось колориметрическим методом при взаимодействии экстрактов ягод с азотистокислым натрием, трёххлористым алюминием [13, 19]. Общее содержание флавоноидов рассчитано в единицах мг катехина на 100 г исходного сырья по калибровочной кривой (рис. 2).

Флавоноиды также преобладают именно в высушенных выжимках (157 мг катехина/100 г сырья), тогда как в сырых выжимках (83 мг катехина/100 г сырья) значительное меньшее содержание флавоноидов.

Определение общего содержания антоцианов проводилось методом дифференциала рН фактора, основанном на добавлении к экстракту буферов рН=1,0 и рН=4,5 и измерении поглощения при 515 и 700 нм [14]. Суммарное содержание антоцианов выражено как эквивалент мг цианидин-3-гликозида/100 мг исходного сырья (рис. 3).

Количество антоцианов в высушенных выжимках (282,13 мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья) намного больше, чем в остальных объектах, а сырых выжимках (72,37 мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного сырья) также наблюдается значительное снижение этого показателя.

Одним из способов оценки антиоксидантной активности является колориметрия свободных радикалов [16]. Данный метод основан на реакции реактива DPPH (2,2-дифенил-1-пикрилгидразила), растворенного в этаноле, с образцом антиоксиданта. Антирадикальная активность рассчитана как Ec_{50} – концентрация исходного экстракта необходимая для поглощения 50% радикалов DPPH (рис. 4).

При оценке антиоксидантной активности при помощи колориметрия свободных радикалов анализируемые объекты распределились в следующем порядке убывания: высушенные выжимки, ягоды, сырые выжимки, водная вытяжка, концентрированная во-

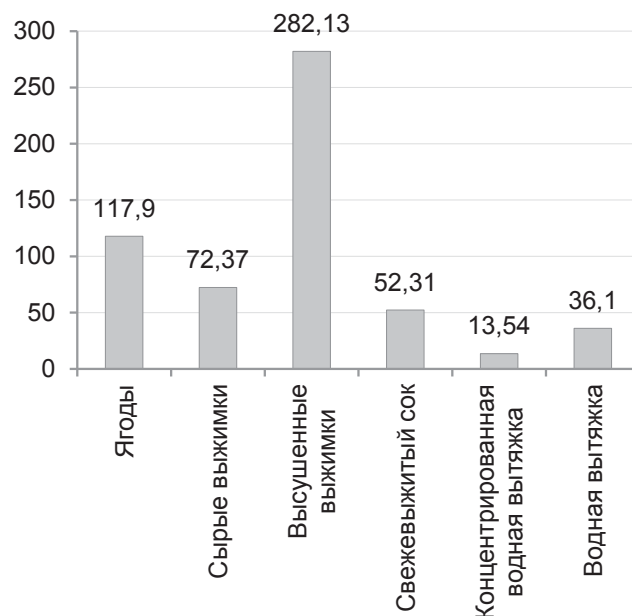


Рис. 3. Общее содержание антоцианов ягод малины и отходов сокового производства, мг цианидин-3-гликозида / 100 г исходного сырья

Fig. 3. The total content of anthocyanins in raspberries and juice waste products, mg of cyanidin-3-glycoside / 100 g of raw materials

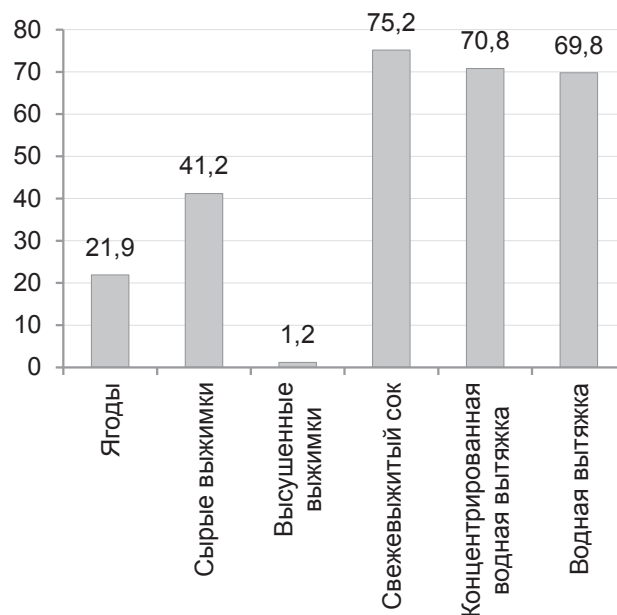


Рис. 4. Антирадикальная активность ягод малины и отходов сокового производства, мг/мл

Fig. 4. Antiradical activity of raspberries and juice products, mg/ml

дная вытяжка, свежевыжатый сок.

Метод определения антиоксидантной способности (FRAP) основан на реакции восстановления комплекса Fe (III) – 2,4,6-трипиридил-s-триамина до комплекса Fe (II) – 2,4,6-трипиридил-s-триамина, которое имеет ярко-синее окрашивание и полосу поглощения при длине волны 593 нм [15, 17]. Результаты измерения восстанавливающей силы выражены в ммоль Fe^{2+} на 1 кг исходного сырья по калибровочной кривой (рис. 5).

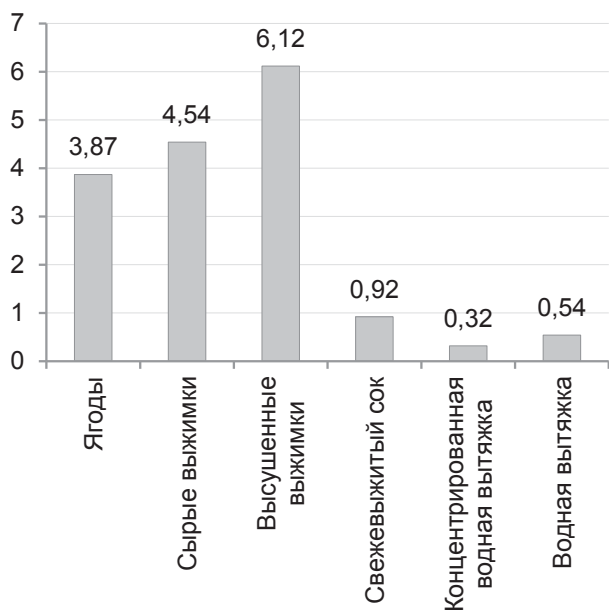


Рис. 5. Восстанавливающая сила ягод малины и отходов сокового производства, ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья

Fig. 5. Regenerating power of raspberries and juice waste products, mmol Fe²⁺/1 kg of raw materials

Восстанавливающая сила по методу FRAP намного выше в высушенных выжимках (6,12 ммоль Fe²⁺/1 кг исходного сырья).

Метод на модели с линолевой кислотой основан на окислении линолевой кислоты, при этом образуются пероксиды, и эти соединения окисляют Fe (II) до Fe (III). Ион Fe (III) образует комплекс с ионом SCN⁻, который имеет максимальную спектральную поглощательную способность при 500 нм [17, 20]. Таким образом, высокая степень спектральной поглощательной способности является индикатором образования большого количества пероксидов (рис. 6).

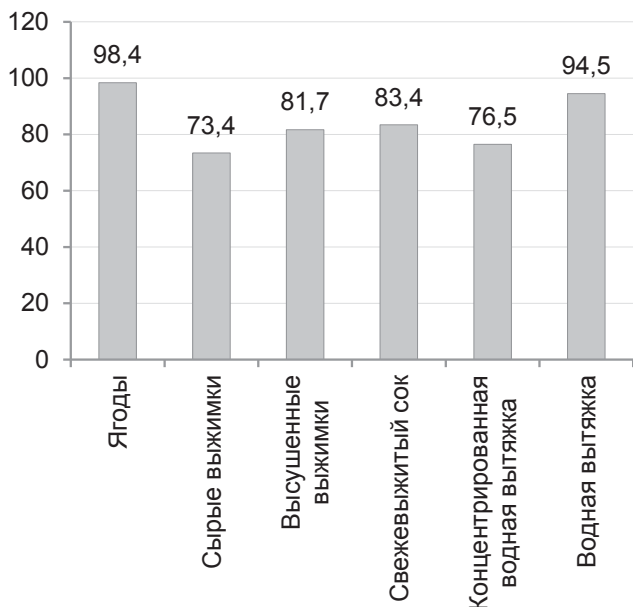


Рис. 6. Антиоксидантная активность в системе линолевой кислоты ягод малины и отходов сокового производства, % ингибирования окисления линолевой кислоты

Fig. 6. Antioxidant activity in the linoleic acid system of raspberries and juice waste products, % inhibition of linoleic acid oxidation

Антиоксидантная активность в системе линолевая кислота выше в самих ягодах (98,4%), по сравнению с другими продуктами переработки ягод.

Результаты и их обсуждение

В результате проведенных исследований был изучен химический состав и антиоксидантная активность ягоды малины, определено, как влияет механическая и тепловая обработка на содержание антиоксидантов в ягоде и в продуктах ее переработки, а также проведено сравнение значений химического состава и антиоксидантной активности исследуемых продуктов переработки, полученных из ягод малины (рис. 1-6). Экспериментальным методом были определены химические характеристики (перечисленные выше) ягоды малины и отходов сокового производства.

Выводы

Установлено что, использование экстракции для ягод и отходов сокового производства позволяет более точно определить содержание всех показателей: фенольных веществ, флавоноидов, антоцианов, восстанавливающей силы, антирадикальной активности, антиоксидантной активности веществ в системе линолевой кислоты.

Все значения показывают лучшие результаты при использовании механической и тепловой обработки (высушенные выжимки ягод). Это характеризуется тем, что при данных видах обработки происходит разрушение целостности клеток, происходит наблюдение разрывов клеточных стенок и более активный выход в окружающую среду составляющих компонентов ягод.

В водно-спиртовых экстрактах малины и отходов переработки ягоды определен количественный состав флавоноидов, определена антиоксидантная, антирадикальная активности и антиоксидантная способность. Показано, что наибольшая антиоксидантная активность 94,5-98,4% отмечена в малине и водной вытяжке из нее, что коррелирует с результатами определения массовой концентрации фенольных веществ в исследуемом сырье.

Источник финансирования

Не указан.

Financing source

Not specified.

Конфликт интересов

Не заявлен.

Conflict of interests

Not declared.

References

1. Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry. Separation and Purification Technology. 2012;93:42-47.
2. Alberto Burgos-Edwards, Felipe Jiménez-Aspee, Cristina Theoduloz, Guillermo Schmeda-Hirschmann. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes* spp.) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes. Food Chemistry. 2018;258:144-155.
3. Gardona F., Andres-Lacueva C., Tulipani S., Tinahones F.J., Queipo-Ortuno M.I. Benefits of polyphenols on gut microbiota and implication in human health. J. Nutr. Biochem. 2013;24:1415-1422.
4. Cheigh C. I., Chung E. Y., Chung M. S. Enhanced extraction

- of flavanones hesperidin and narirutin from Citrus unshiu peel using subcritical water. *Journal of Food Engineering*. 2012;110:472-477.
5. Cleverdon R., Elhalaby Y., McAlpine M.D., Gittings W., Ward W.E. Total polyphenol content and antioxidant capacity of tea bags: comparison of black, red rooibos, chamomile and peppermint have gone through different cool times. *Beverages*. 2018;4:15.
 6. Isabelle M., Lee B.L., Lim M.T., Koh W.P., Huang D.J., Ong G.N. Antioxidant activity and profiles of common vegetables in Singapore. *Food Chemistry*. 2010;120:993-1003.
 7. Orsavová Jana, Hlaváčová Irena, Mlček Jiří, Snopek Lukáš, Mišurcová Ladislava. Contribution of phenolic compounds, ascorbic acid and vitamin E to antioxidant activity of currant (*Ribes L.*) and gooseberry (*Ribes uva-crispa L.*) fruits. *Food Chemistry*. 2019;284:323-333.
 8. Kataki M.S., Murugamani V., Rajkumari A.S., Mehra P., Awasthi D., Yadav R.Sh. Antioxidant, hepatoprotective and anthelmintic activity of methanol extract of *Urtica dioica L.* *Pharmaceutical Crops*. 2012;3:38-46.
 9. Kim B., Park Y., Wegner C.J. et al. Polyphenol-rich black chokeberry (*Aronia melanocarpa*) extract regulates the expression of genes critical for intestinal cholesterol flux in Caco-2 cells. *Journal of Nutritional Biochemistry*. 2013;24:1564-1570.
 10. Kim J.H. et al. *Aronia melanocarpa* juice, a rich source of polyphenols, induces endothelium dependent relaxations in porcine coronary arteries via the redox-sensitive activation of endothelial nitric oxide synthase. *Nitric Oxide*. 2013;35:54-64.
 11. McDougall G.J., Austin C., Van Schayk E., Salal M.P. *Gaultheria shallon* and *aronia* (*Aronia melanocarpa*) fruits from Orkney: Phenolic content, composition and effect of wine-making. *Food Chemistry*. 2016;205:239-247.
 12. Simmond Monique, Preedy Victor. *Nutritional Composition of Fruit Cultivars*. Academic Press, 2015:154-189.
 13. Oszmianski J., Wojdylo A. *Aronia melanocarpa* phenolics and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*. 2005;221:809-813.
 14. Remini H., Dahmoune F., Sahraoui Y., Madani K., Kapranov V.N., Kiselev E.F. Recent advances on stability of anthocyanins. *Veterinary sanitary expertise*. 2018;13:257-286.
 15. Rezaeian Sh., Pourianfar H.R., Janpoor J. Antioxidant properties of several medecian plants growing wild in northeastern Iran. *Asian J. Plant Sci. and Res*. 2015;5(2):63-68.
 16. Sun T., Powers J. R., Tang J. Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food Chemistry*. 2007;105(1):101-106.
 17. Watson Ronald Ross, Preedy Victor, Zibadi Sherma. *Polyphenols: Prevention and Treatment of Human Disease*. 2018:255-298.
 18. Rugina D., Scontxa Z., Leopold L. et al. Antioxidant activities of chokeberry extracts and the cytotoxic action of their anthocyanin fraction on HeLa human cervical tumor cells. *Journal of Medicinal Food*. 2012;15(8):700-706.
 19. Wu L.C., Hsu H.W., Chen Y.C., Chiu C.C., Lin Y.I., Annie Ho J.A. Antioxidant and antiproliferative activities of red pitaya. *Food Chemistry*. 2009;95(5):319-327.
 20. Zhongli Pan, Ruihong Zhang, Steven Zicari. *Integrated technologies for processing food and agricultural byproducts*. 2019,1:100-150.

Информация об авторах

Ирина Александровна Громова, студент, факультет пищевых производств, кафедра технологии и организации общественного питания; e-мэйл: ia.gromova.gro@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0139-7578>;

Марианна Сергеевна Воронина, доцент, канд. техн. наук, факультет пищевых производств, преподаватель кафедры технологии и организации общественного питания; e-мэйл: marianna419@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0002-0002-0>;

Надежда Викторовна Макарова, д-р хим. наук, профессор, факультет пищевых производств, заведующий кафедрой технологии и организации общественного питания; e-мэйл: makarovanv1969@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>.

Information about authors

Irina A. Gromova, Student, Faculty of Food Production, Department of Technology and Organization of Food Service Industry; e-mail: ia.gromova.gro@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0139-7578>;

Marianna S. Voronina, Assistant Professor, Cand. Techn. Sci., Faculty of Food Production, Lecturer of the Department of Technology and Organization of Food Service Industry; e-mail: marianna419@rambler.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0002-0002-0>;

Nadezhda V. Makarova, Dr. Chem. Sci., Professor, Faculty of Food Production, Head of the Department of Technology and Organization of Food Service Industry; e-mail: makarovanv1969@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0002-0112-0085>.

Статья поступила в редакцию 31.05.2021, одобрена после рецензии 15.11.2021, принята к публикации 19.11.2021 г.