

УДК 664.8.022.6

## ИССЛЕДОВАНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПРОДУКТОВ И ОТХОДОВ ПЕРЕРАБОТКИ ЯГОД ЧЕРНИКИ И ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

© *И.А. Громова\**, *М.С. Воронина*, *Н.В. Макарова*

*Самарский государственный технический университет,  
ул. Галактионовская, 141, Самара, 443010 (Россия),  
e-mail: ia.gromova.gro@yandex.ru*

В данной статье исследуются химические показатели, характеризующие содержание в отходах сокового производства черной смородины и черники, рассматривается влияние антиоксидантных веществ, на организм человека. Целью статьи является изучение химического состава и антиоксидантной активности свежемороженых ягод черники и черной смородины, свежесжатого сока черники и черной смородины, сырых и сушеных выжимок исследуемых ягод, прошедших кратковременную тепловую обработку, водных вытяжек и концентрированных водных вытяжек данных ягод, а также последующее сравнение значений всех данных. Мы демонстрируем методы определения общего содержания фенольных соединений, общего содержания флавоноидов, общего содержания антоцианов, FRAP метод (метод определения антирадикальной активности), метод оценки антиоксидантных свойств с использованием модельной системы линолевой кислоты, а также метод определения восстанавливающей силы. Исследования проводились на водно-спиртовых экстрактах, полученных при атмосферном давлении и температуре 37 °С. Результаты исследования показывают, что высушенные выжимки ягод черники, по сравнению с прочими исследуемыми объектами как черники, так и черной смородины, имеют максимальные значения всех химических характеристик, что является оптимальным вариантом для здоровья человека.

*Ключевые слова:* вещества-антропогены, антиоксиданты, антирадикальная активность, восстанавливающая сила, водно-спиртовой экстракт, спектрофотометр.

### **Введение**

В 50-е гг. прошлого века Дэнкс Харман впервые выдвинул свободнорадикальную теорию о старении. Причина в том, что старение организма обуславливается разрушением клеток, наносимое свободными радикалами. Свободные радикалы – это атомы, которые содержат в себе неспаренные электроны на внешнем электронном уровне. Радикалы приводят к повреждению липидов, белков, нуклеиновых кислот и других видов полимеров. Повреждение клеток приводит к нарушениям организма, а значит, к старению и смерти. Высокая реакционная способность радикалов приводит в физиологических условиях к ускорению процессов окисления, разрушающих молекулярную основу клетки, и вызывает в результате многочисленные патологические состояния [1].

Соединения, которые способны связывать неспаренные электроны частицы с образованием менее активных или вовсе неактивных радикалов, называют антиоксидантами [2]. Они играют важную роль в регуляции протекания свободно-радикальных превращений в организме, существенно влияя на его состояние, поэтому в последнее время антиоксиданты и исследования антиокислительных свойств соединений получили широкое распространение. Наиболее оптимальными источниками антиоксидантов считаются растительные продукты, в нашем же случае исследованию подверглись ягоды черной смородины, черники и клюквы [3].

---

*Громова Ирина Александровна* – студент,  
e-mail: ia.gromova.gro@yandex.ru  
*Воронина Марианна Сергеевна* – кандидат технических наук, доцент кафедры ТиООП,  
e-mail: marianna419@rambler.ru  
*Макарова Надежда Викторовна* – доктор химических наук, профессор, заведующая кафедрой ТиООП,  
e-mail: makarovnv1969@yandex.ru

Ягоды, обеспечивающие физиологические потребности человеческого организма витаминами, минералами и другими биологически актив-

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

ными веществами, – продукт скоропортящийся, поэтому период потребления их в свежем виде ограничен малым временным интервалом. Замораживание и низкотемпературное хранение – наиболее перспективный метод консервирования скоропортящихся продуктов [4]. Низкотемпературные технологии позволяют не только сохранять свойства, структуру и пищевую ценность плодов и ягод, но и производить более глубокую их переработку, а также получать качественно новые продукты [5]. 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. Замороженные ягоды можно рекомендовать в качестве профилактического антиоксидантного средства и как основу для создания пищевых продуктов с антиоксидантными свойствами [6].

Цель нашего исследования – определение содержания антиоксидантных веществ, содержащихся в исследуемых ягодах черники и черной смородины, а также были поставлены следующие задачи: изучение химического состава и антиоксидантной активности ягод черной смородины и черники, сравнение значения химического состава и антиоксидантной активности исследуемых ягод и их выжимок; выбор самого оптимального использования ягод и продуктов их переработки.

В научно-исследовательской работе были использованы следующие методы: метод определения общего содержания фенольных соединений; метод определения общего содержания флавоноидов и антоцианов; FRAP метод (метод определения железосвязывающей активности экстрактов); метод оценки антиоксидантных свойств с использованием модельной системы линолевой кислоты; метод определения восстанавливающей силы.

Экспериментальным методом в ягодах черники и черной смородины, свежесжатого сока черники и черной смородины, сырых и высушенных выжимках исследуемых ягод [7], прошедших кратковременную тепловую обработку, концентрированного сока и водных вытяжек данных ягод были определены: общее содержание фенольных соединений, общее содержание флавоноидов, содержание антоцианов, антирадикальная активность, восстанавливающая сила в исследуемых ягодах и антиоксидантная активность в системе линолевой кислоты. Проводилось исследование экстрактов свежзамороженных ягод черной смородины и черники, водных вытяжек данных ягод, свежесжатых соков и концентрированных соков данных ягод, сырых и сухих выжимок ягод [8]. Метод настаивания [9]: навески измельченных плодов ягод и ягодных пюре по 2 г (для экстракта концентрацией 0.1 г/см<sup>3</sup>) помещают в колбы с притертой пробкой, добавляют по 10 мл смеси дистиллированной воды и водного этилового спирта (модуль 1 : 1), выдерживают в термостате при 37 °С в течение 2 ч.

### **Экспериментальная часть**

*Общее содержание фенольных веществ.* Для определения использовали 0.25 мл водно-этанольного экстракта или стандарта галловой кислоты, 4 мл дистиллированной воды, 0.25 мл реактива Folin-Ciocalteu и 0.25 мл насыщенного водного раствора карбоната натрия [10]. Образцы встряхивались и выдерживались в темноте в течение 30 мин при комнатной температуре [11]. Содержание фенольных веществ в прозрачном растворе экстракта ягод определяли спектрофотометрическим методом на спектрофотометре [12]. Спектр поглощения снимают при длине волны 725 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещают контрольную пробу. Результаты выражали в мг галловой кислоты на 100 г исходного сырья.

*Общее содержание флавоноидов.* Определение общего содержания флавоноидов в водно-этанольных экстрактах измеряли с использованием модифицированного метода [13]. В пробирки помещают 0.50 мл экстракта ягод концентрацией 0.1 мг/см<sup>3</sup>, 2.50 мл дистиллированной воды, 0.15 мл раствора 5% нитрита натрия. Выдерживают в течение 5 мин при 20–25 °С. Затем приливают 0.30 мл 10% хлорида алюминия, выдерживают в течение 5 мин при 20–25 °С. Содержание флавоноидов определяют спектрофотометрическим методом на спектрофотометре. Спектр поглощения снимают при длине волны 510 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения помещают дистиллированную воду. Результаты выражали в мг катехина/100 г сырья.

*Общее содержание антоцианов.* Определение общего содержания антоцианов, содержащихся в исследуемом экстракте, проводили путем измерения коэффициента поглощения двух различных pH (1.0 и 4.5) при 515 и 700 нм [14]. Содержание антоцианов выражали в мг эквивалента цианидин-3-гликозида в 100 г сухого вещества.

*Антирадикальная активность.* Антиоксидантная активность образцов измерялась в соответствии с методом [15]. Аликвоты исследуемого экстракта (0.05; 0.10; 0.40; 0.80; 1.00 и 5.00 мл) растворяли в 100 мл

дистиллированной воды. Затем к 2 мл каждого исследуемого раствора прибавляли 2 мл раствора DPPH при 20 °С и выдерживали в темноте в течение 30 мин [16]. В контрольную пробу по экстракту помещают вместо раствора DPPH дистиллированную воду. В контрольную пробу по раствору 2,2-дифенил-1-пикрилгидразила приливают вместо экстракта дистиллированную воду [17]. Коэффициент пропускания определяли при длине волны 517 нм в кювете толщиной слоя жидкости 10 мм. Антиоксидантную активность выражали в виде концентрации исходного экстракта в мг/мл, при котором наблюдалось связывание 50% радикалов [18].

*Восстанавливающая сила.* К анализируемому экстракту (0.10 мл) прибавляют 1.00 мл реактива FRAP, 3.00 мл дистиллированной воды. В контрольную пробу приливают вместо экстракта 0.10 мл дистиллированной воды. Смесь выдерживают 4 мин при температуре 37 °С. Определение железосвязывающей активности проводят спектрофотометрическим методом при длине волны 593 нм в кювете с толщиной слоя жидкости 10 мм. В кювету сравнения приливают дистиллированную воду. Определение восстанавливающей силы определяли по калибровочному графику и выражали в ммоль  $Fe^{2+}$ /1 кг исходного сырья [19].

*Антиоксидантная активность в системе линолевой кислоты.* Антиоксидантную активность в системе линолевой кислоты определяли следующим образом [20]: к 1.0 мл анализируемого экстракта добавляли 1 мл линолевой кислоты, 2 мл фосфатного буфера (рН 7.0), 1 мл этилового спирта (1 : 1 с  $H_2O$ ). Смесь выдерживали при 40 °С 120 ч. Затем от полученной смеси брали аликвотную часть (0.1 мл). К аликвоте добавляли 9.7 мл 75% этилового спирта, 0.1 мл 30% раствора роданида аммония, выдерживали 3 мин и добавляли 0.1 мл раствора хлорида железа (II) (0.2 М в 3.5% HCl). Измеряли оптическую плотность при 500 нм на спектрофотометре. Контрольная проба должна содержать все реагенты за исключением исследуемого экстракта. Антиоксидантная активность выражается в процентах ингибирования окисления линолевой кислоты [21].

### Обсуждение результатов

Содержание фенольных соединений в пересчете на галловую кислоту в 100 г исходного сырья преобладают в сухих выжимках ягод: черная смородина – 643 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья, черника – 658 мг галловой кислоты/100 г исходного сырья (рис. 1). Наименьшее количество обнаружено в водных экстрактах черной смородины (166 галловой кислоты/100 г исходного сырья), а также в свежавыжатом соке черники (118 галловой кислоты/100 г исходного сырья).

Количество флавоноидов (рис. 2) по результатам исследования в сухих выжимках исследуемых ягод, прошедших кратковременную тепловую обработку, увеличивается (содержание в сухих выжимках черной смородины – 382 мг катехина/100 г сырья, черники – 415 мг катехина/100 г сырья).

Общее содержание антоцианов (рис. 3) заметно увеличивается у сухих выжимок черной смородины (777.52 мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного) и черники (620.90 мг цианидин-3-гликозида/100 г исходного).

Наибольшее значение антирадикальной активности (рис. 4) наблюдается у водных экстрактов ягод (черная смородина – 28 мл/мг, черника – 18 мл/мг), наименьшее значение антирадикальной активности замечено у сухих выжимок ягод (черная смородина – 1 мл/мг, черника – 1 мл/мг).

Восстанавливающая сила исследуемых объектов (рис. 5) также заметно преобладает у полученных сухих выжимок исследуемых ягод (черная смородина – 21.87 ммоль  $Fe^{2+}$ /1 кг исходного сырья, черника – 28.56 ммоль  $Fe^{2+}$ /1 кг исходного сырья).

Антиоксидантная активность (рис. 6) исследуемых экстрактов преобладает у ягод черники и черной смородины (90.3 и 91.9% соответственно). При сравнении экстрактов ягод черники и черной смородины между собой можно сделать вывод, что процент ингибирования линолевой кислоты выше у черной смородины.

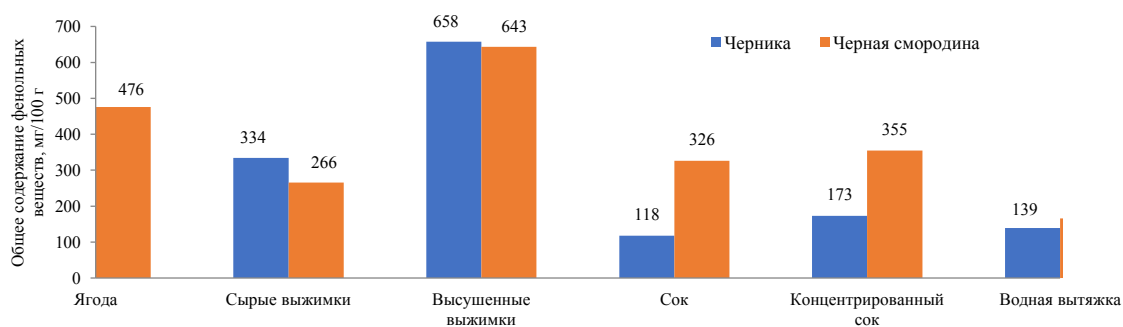


Рис. 1. Общее содержание фенольных веществ

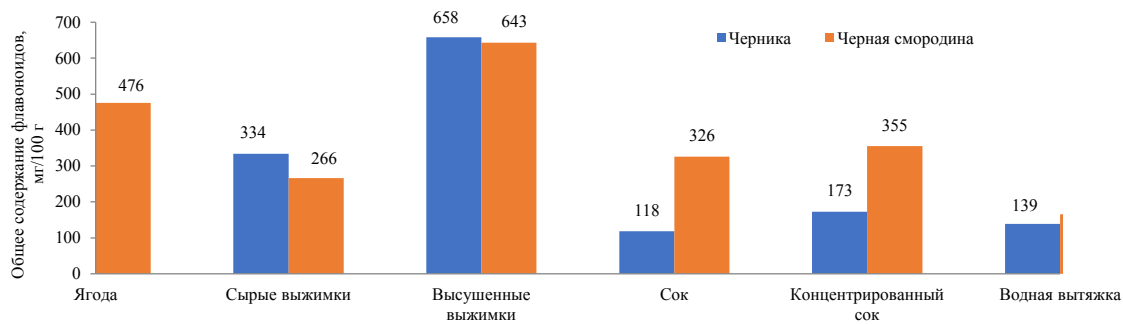


Рис. 2. Общее содержание флавоноидов

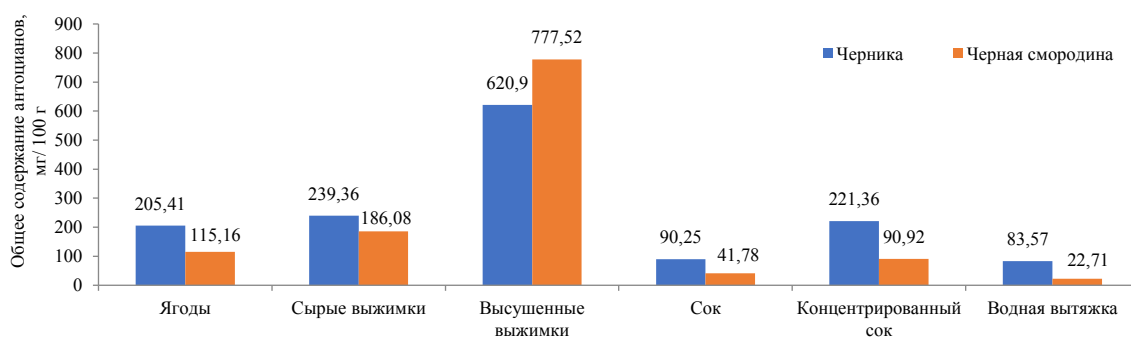


Рис. 3. Общее содержание антоцианов

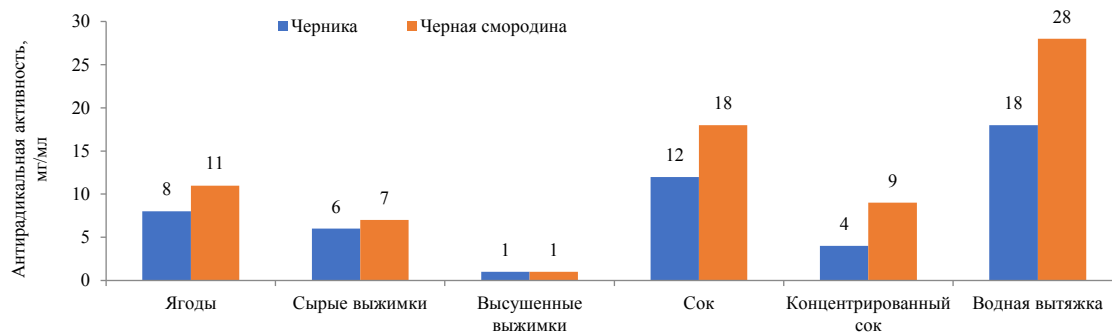


Рис. 4. Антирадикальная активность

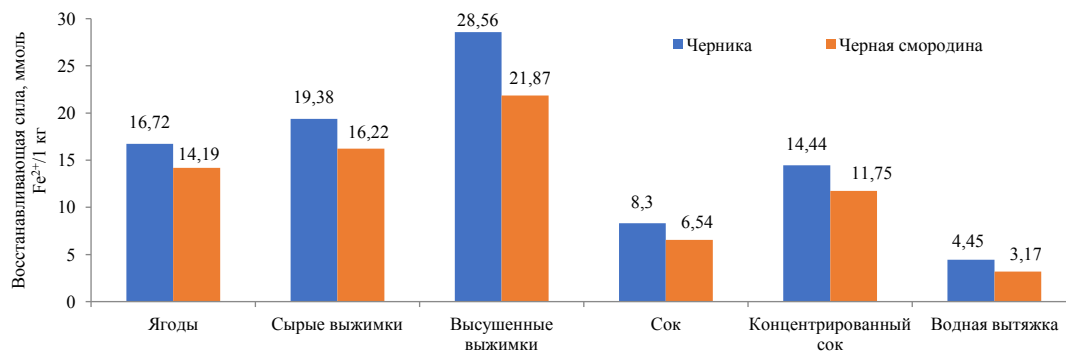


Рис. 5. Восстанавливающая сила

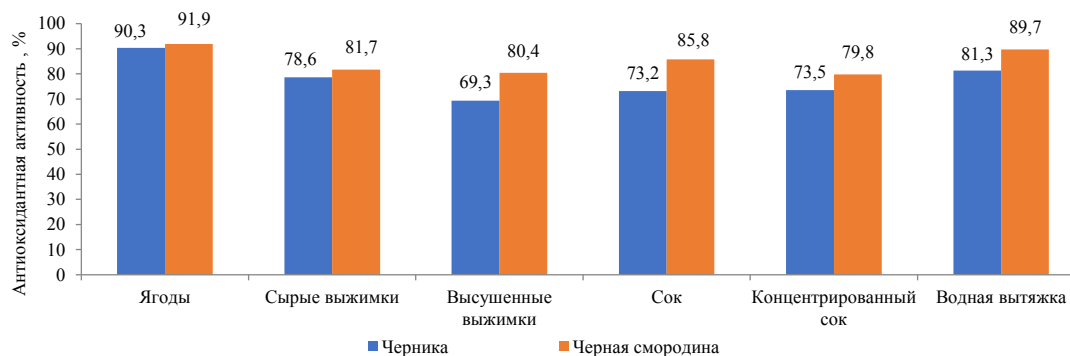


Рис. 6. Антиоксидантная активность в системе линолевой кислоты

### Заключение

Таким образом, можно выделить высушенные выжимки ягод черники и черной смородины, так как они прошли механическую и тепловую обработку, сопровождающуюся разрушением клеточных стенок и дальнейшим выходом основных химических составляющих клетки, в том числе антоцианов. Высушенные выжимки ягод черной смородины и черники имеют наибольшие значения таких показателей, как общее содержание фенольных соединений, флавоноидов, антоцианов. Но высушенные выжимки также имеют минимальные показатели по антирадикальной и антиоксидантной способностям. По антиоксидантной и антирадикальной активности высокие показатели имеют водные вытяжки ягод. При этом по содержанию фенольных соединений, флавоноидов, антоцианов водные вытяжки имеют минимальные показатели.

Это объясняется тем, что в технологии получения сушеных выжимок ягод предусмотрено механическое и лишь одно тепловое воздействие температурой 60 °С, в то время как в технологии производства концентрированной водной вытяжки ягод – механическое воздействие и два тепловых температурой 80 °С и 55 °С (настаивание и концентрирование соответственно). Данная технология приводит к большому разрушению клеточных стенок и высокой экстрактивности сухих веществ. Однако высокая температурная обработка способствует разрушению большого количества антиоксидантов. Но последующая обработка способствует высвобождению антиоксидантов с высокой антиоксидантной активностью.

Сравнивая высушенные выжимки ягод между собой, можно выделить чернику, значения показателей которой максимальны, по сравнению с высушенными выжимками черной смородины.

### Список литературы

- Petrov A.N., Maslennikova G.A. Physical and chemical aspects of vacuum drying of berry raw materials // *Foods and Raw Materials*. 2016. Vol. 4. N1. Pp. 129–134. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-129-134.
- 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. Vol. 24. Pp. 1564–1570.
- 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. Vol. 205. Pp. 239–247.
- Стрингер М. Охлажденные и замороженные продукты. СПб., 2004. 496 с.
- Поморцева Т.И. Технология хранения и переработки плодоовощной продукции. М.: Академия, 2003. 136 с.
- 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. Vol. 35. Pp. 54–64.
- Xie L., Mujumdar A.S., Fange X.-M., Wang J., Dai J.-W., Due Z.-L., Xiao H.-W., Liua Y., Gao Z.-J. Far-infrared radiation heating assisted pulsed vacuum drying (FIR-PVD) of wolfberry (*Lycium barbarum* L.): Effects on drying kinetics and quality attributes // *Food and Bioproducts Processing*. 2017. Vol. 102. Pp. 320–331.
- Pap N., Jaakkola M., Pongracz E. The effect of pre-treatment on the anthocyanin and flavonol content of black currant juice (*Ribes nigrum* L.) in concentration by reverse osmosis // *Journal of food engineering*. 2010. Vol. 98. N4. Pp. 429–436.
- Plaza M., Domínguez-Rodríguez G., Castro-Puyana M., Marina M. Polyphenols analysis and related challenges. *Elsevier*, 2018. Pp. 177–232. DOI: 10.1016/B978-0-12-813572-3.00006-3.
- 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. Vol. 110. Pp. 472–477.

11. Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. Ultrasound assisted extraction of polyphenols from black chokeberry // *Separation and Purification Technology*. 2012. Vol. 93. Pp. 42–47.
12. Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloze C., Schmeda-Hirschmann G. Colonic fermentation of polyphenols from Chilean currants (*Ribes spp.*) and its effect on antioxidant capacity and metabolic syndrome-associated enzymes // *Food Chemistry*. 2018. Vol. 258. Pp. 144–155.
13. 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. Vol. 95. N5. Pp. 319–327.
14. 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. Vol. 15. N8. Pp. 700–706. DOI: 10.1089/jmf.2011.0246.
15. Демидова А.В., Макарова Н.В. Влияние режимов бланшировки на физико-химические свойства и антиоксидантную активность фруктового сырья на примере вишни, сливы, черноплодной рябины и клубники // *Пищевая промышленность*. 2016. №2. С. 40–43.
16. Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L., Mišurcová L. 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. Vol. 284. Pp. 323–333.
17. Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A., Leiva G., Salvatori D., Schebor C. Spray-dried powders from berries extracts obtained upon several processing steps to improve the bioactive components content // *Powder Technology*. 2019. Vol. 342. Pp. 1008–1015.
18. 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. Vol. 120. Pp. 993–1003.
19. Стрюкова А.Д., Макарова Н.В. Замороженные ягоды – эффективный антиоксидант в течение всего года // *Пищевая промышленность*. 2013. №3. С. 28–31.
20. Oszmianski J., Wojdyło A. Aronia melanocarpa phenolics and their antioxidant activity // *European Food Research and Technology*. 2005. Vol. 221. Pp. 809–813.
21. Remini H., Dahmoune F., Sahraoui Y., Madani K., Kapranov V.N., Kiselev E.F. Recent Advances On Stability Of Anthocyanins // *Veterinary sanitary expertise*. 2018. Vol. 13. Pp. 257–286. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-4-257-286.

*Поступила в редакцию 19 декабря 2019 г.*

*После переработки 20 ноября 2020 г.*

*Принята к публикации 27 января 2021 г.*

**Для цитирования:** Громова И.А., Воронина М.С., Макарова Н.В. Исследование химических характеристик продуктов и отходов переработки ягод черники и черной смородины // *Химия растительного сырья*. 2021. №1. С. 251–257. DOI: 10.14258/jcrpm.2021017020.

## Gromova I.A.\* , Voronina M.S., Makarova N.V. INVESTIGATION OF CHEMICAL CHARACTERISTICS IN WASTE OF JUICE PRODUCTION OF BLUEBERRIES AND BLACK CURRANTS

Samara State Technical University, ul. Galaktionovskaya, 141, Samara, 443010 (Russia),

e-mail: ia.gromova.gro@yandex.ru

This article examines the chemical characteristics contained in the waste of juice production of black currants and blueberries. The influence of antioxidant substances on the human body is considered. The aim of the article is to study the chemical composition and antioxidant activity of freshly frozen blueberries and black currants, fresh juice of blueberries and black currants, raw and dried pomace of the studied berries, which underwent short-term heat treatment, water extracts and concentrated water extracts of these berries, as well as the subsequent comparison of the values of all data. We demonstrate methods for determining the total content of phenolic compounds, total flavonoids, total anthocyanins, FRAP method (method for determining antiradical activity), a method for evaluating antioxidant properties using a model system of linoleic acid, as well as a method for determining the restoring force. Studies were carried out on water-alcohol extracts obtained at atmospheric pressure and temperature of 37 °C. The results of the study show that dried blueberries, compared with other objects studied as blueberries and blackcurrants, have the maximum values of all chemical characteristics, which is the best option for human health.

**Keywords:** substances-anthropogenic, antioxidants, antiradical activity, restoring power, water-alcohol extract, spectrophotometer.

### References

1. Petrov A.N., Maslennikova G.A. *Foods and Raw Materials*, 2016, vol. 4, no. 1, pp. 129–134. DOI: 10.21179/2308-4057-2016-1-129-134.
2. Kim B., Park Y., Wegner C.J. et al. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 2013, vol. 24, pp. 1564–1570.
3. McDougall G.J., Austin C., Van Schayk E., Salal M.P. *Food Chemistry*, 2016, vol. 205, pp. 239–247.
4. Stringer M. *Okhlazhdennyye i zamorozhennyye produkty*. [Chilled and frozen foods]. St.-Petersburg, 2004, 496 p. (in Russ.).
5. Pomortseva T.I. *Tekhnologiya khraneniya i pererabotki plodoovoshchnoy produktsii*. [Storage and processing technology for fruit and vegetable products]. Moscow, 2003, 136 p. (in Russ.).
6. Kim J.H. et al. *Nitric Oxide*, 2013, vol. 35, pp. 54–64.
7. Xie L., Mujumdar A.S., Fangc X.-M., Wang J., Dai J.-W., Due Z.-L., Xiao H.-W., Liua Y., Gao Z.-J. *Food and Bioprocess Processing*, 2017, vol. 102, pp. 320–331.
8. Pap N., Jaakkola M., Pongracz E. *Journal of food engineering*, 2010, vol. 98, no. 4, pp. 429–436.
9. Plaza M., Domínguez-Rodríguez G., Castro-Puyana M., Marina M. *Polyphenols analysis and related challenges*. Elsevier, 2018, pp. 177–232. DOI: 10.1016/B978-0-12-813572-3.00006-3.
10. Cheigh C.I., Chung E.Y., Chung M.S. *Journal of Food Engineering*, 2012, vol. 110, pp. 472–477.
11. Alessandro L.G., Kriaa K., Nikov I., Dimitrov K. *Separation and Purification Technology*, 2012, vol. 93, pp. 42–47.
12. Burgos-Edwards A., Jiménez-Aspeeb F., Theoduloz C., Schmeda-Hirschmann G. *Food Chemistry*, 2018, vol. 258, pp. 144–155.
13. Wu L.C., Hsu H.W., Chen Y.C., Chiu C.C., Lin Y.I., Annie Ho J.A. *Food Chemistry*, 2009, vol. 95, no. 5, pp. 319–327.
14. Rugina D., Scontxa Z., Leopold L. et al. *Journal of Medicinal Food*, 2012, vol. 15, no. 8, pp. 700–706. DOI: 10.1089/jmf.2011.0246.
15. Demidova A.V., Makarova N.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2016, no. 2, pp. 40–43. (in Russ.).
16. Orsavová J., Hlaváčová I., Mlček J., Snopek L., Mišurcová L. *Food Chemistry*, 2019, vol. 284, pp. 323–333.
17. Gagneten M., Corfield R., Mattson M.G., Sozzi A., Leiva G., Salvatori D., Schebor C. *Powder Technology*, 2019, vol. 342, pp. 1008–1015.
18. Isabelle M., Lee B.L., Lim M.T., Koh W.P., Huang D.J., Ong G.N. *Food Chemistry*, 2010, vol. 120, pp. 993–1003.
19. Stryukova A.D., Makarova N.V. *Pishchevaya promyshlennost'*, 2013, no. 3, pp. 28–31. (in Russ.).
20. Oszmianski J., Wojdylo A. *European Food Research and Technology*, 2005, vol. 221, pp. 809–813.
21. Remini H., Dahmoune F., Sahraoui Y., Madani K., Kapranov V.N., Kiselev E.F. *Veterinary sanitary expertise*, 2018, vol. 13, pp. 257–286. DOI: 10.22363/2312-797X-2018-13-4-257-286.

Received December 19, 2019

Revised November 20, 2020

Accepted January 27, 2021

**For citing:** Gromova I.A., Voronina M.S., Makarova N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 251–257. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021017020.

\* Corresponding author.

