

УДК 66.061.34:634.723.1

ПОЛУЧЕНИЕ И СВОЙСТВА ГУСТЫХ ЭКСТРАКТОВ ЛИСТЬЕВ ЧЕРНОЙ СМОРОДИНЫ

© С.Н. Петрова*, А.Д. Кантан, Ю.В. Яргунова

*Ивановский государственный химико-технологический университет,
Шереметевский пр., 7, Иваново, 153000 (Россия), e-mail: psn903@mail.ru*

Черная смородина, как широко распространенная российская культура, представляет интерес в качестве источника биологически активных веществ в связи с ее легкодоступностью и возобновляемостью. Как ягоды, так и ее листья содержат биологически активные вещества, способные проявлять антиоксидантные свойства, химическая структура которых доступна воздействию ферментных систем организма человека. В статье представлены результаты исследования состава и свойств густых экстрактов, полученных из листьев черной смородины при последовательной обработке растительного материала рядом органических растворителей (гексан, ацетон, 70% этанол) в порядке увеличения их полярности с последующей отгонкой экстрагентов. В полученных извлечениях определены количественно такие биологически активные вещества, как флавоноиды, хлорофиллы и каротиноиды. По содержанию хлорофиллов и каротиноидов лидирует ацетоновый экстракт, по содержанию флавоноидов – спиртовой. Извлечение, полученное с использованием ацетона, содержит наибольшее суммарное количество биологически активных веществ. Проведена оценка антиоксидантной активности полученных экстрактов с использованием в качестве модельной реакции окисление адреналина кислородом воздуха. Показано, что скорость его окисления снижается в 3–5 раз в присутствии экстрактов листьев черной смородины. Наибольшую ингибирующую способность проявляет ацетоновый густой экстракт.

Ключевые слова: биологически активные вещества, растительное сырье, черная смородина (*Ribes nigrum*), окисление адреналина, антиоксидантная способность.

Введение

Черная смородина (*Ribes nigrum*) – широко распространенная на территории Российской Федерации культура семейства Крыжовниковые (*Grossulariaceae*), содержит комплекс биологически активных веществ (БАВ). Ее ягоды богаты полифенольными соединениями; содержание в них аскорбиновой кислоты в 3 раза больше, чем в апельсинах, и в 15–20 раз больше, чем в яблоках и грушах [1, 2]. Листья черной смородины также богаты БАВ. Содержание витамина С превалирует в листьях в 1.2–2.3 раза по сравнению с ягодами [3], биофлавоноидов – в 10–27 раз [4]. В 100 г свежих листьев содержатся (в мг): флавонолы – 980–2700, катехины – 574–3320, лейкоантоцианы – 504–1320 [5–7] и другие БАВ. Благодаря богатому химическому составу и ягоды, и листья черной смородины представляют интерес в качестве источника растительного сырья, обладающего высокой антиоксидантной активностью.

Исследования последних лет показывают, что применение антиоксидантов растительного происхождения в их природной композиции обеспечивает широкий спектр благоприятного физиологического влияния. В химическом отношении структура препаратов природного происхождения близка к структуре метаболитов, вырабатываемых организмом человека, и, соответственно, доступна воздействию его ферментативных систем, что делает препараты на основе растительного сырья не только эффективными, но и достаточно безопасными [8]. На сегодняшний день внедрение природных компонентов в пищевые, косметические и фармакологические продукты пользуется большой популярностью. Важно отметить, что особое внимание при по-

лучении природных антиоксидантов уделяется местному растительному сырью в связи с его легкодоступностью и возобновляемостью [5].

Для извлечения БАВ из растительного сырья используют воду и ряд органических растворителей

Петрова Светлана Николаевна – доцент кафедры технологии пищевых продуктов и биотехнологии, e-mail: psn903@mail.ru

Кантан Анастасия Дмитриевна – магистрант, e-mail: kantan_ad@mail.ru

Яргунова Юлия Валерьевна – магистрант, e-mail: frost_rishta@mail.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

(этанол, метанол, гексан, ацетон и др.) как в чистом виде, так и в присутствии различных добавок (ЭДТА, лимонная кислота и др.) [9–11], позволяющих получать извлечения с заданным качественным составом.

Цель данной работы – получение густых экстрактов листьев черной смородины при последовательной обработке растительного материала растворителями различной полярности, изучение их состава и свойств.

Экспериментальная часть

Листья черной смородины собраны в мае 2014 г. на территории Ивановской области, высушены при комнатной температуре без доступа солнечного света. Перед проведением эксперимента растительный материал измельчали до размера частиц 1 мм. Для получения экстрактов использовали органические растворители разной полярности: гексан ($\epsilon = 1.89$; $\mu = 0.08$ D), ацетон ($\epsilon = 20.7$; $\mu = 2.84$ D), этанол 70% ($\epsilon = 41.13$; $\mu = 1.69$ D) [12]. Сначала растительное сырье обрабатывали гексаном в соотношении 1 : 5 методом последовательной трехкратной мацерации по 5–10 дней при комнатной температуре в темноте. Гексановые вытяжки объединяли, концентрировали на роторном испарителе HeidolphWB 2000 до мазеобразного состояния и высушивали при температуре 50 °С до постоянной массы с получением гексанового густого экстракта (ЭЧСГ). Высушенный шрот аналогично обрабатывали ацетоном и получали ацетоновый густой экстракт (ЭЧСА). Оставшийся шрот снова сушили, затем обрабатывали спиртом этиловым 70% по описанной выше схеме с получением спиртового густого экстракта (ЭЧСС). Определяли выход густых экстрактов, их влажность и зольность [13]. Спектрофотометрический анализ полученных извлечений проводили на спектрофотометре Varian Cary-50 в диапазоне длин волн 200–700 нм (в качестве растворителя использовали 70% раствор этанола), элементный анализ – на приборе CHNS-O Analyzer FlashEA 1112 Series.

Обсуждение результатов

Полученные экстракты представляли собой мазеобразные субстанции темно-зеленого цвета с характерным приятным запахом черной смородины. Их физико-химические показатели представлены в таблице 1. С ростом полярности растворителя выход экстрактивных веществ, влажность полученных извлечений и их зольность возрастают. Неполярный растворитель гексан экстрагирует в основном вещества липидной природы, с чем и связана относительно низкая влажность полученного извлечения. Характеристики спиртового экстракта существенно отличаются от двух других. Спирт, как экстрагент, использовался последним в ходе последовательной обработки листьев, и в полученном извлечении практически присутствуют в основном вещества с гидрофильными свойствами.

Элементный состав полученных извлечений, пересчитанный на беззольную безводную пробу в соответствии с методикой [14], представлен в таблице 2. Со сменой растворителя от гексана к ацетону и от ацетона к этиловому спирту количество углерода и водорода уменьшается при одновременном возрастании доли кислорода, что свидетельствует об увеличении гидрофильности и относительной полярности соединений, присутствующих в экстрактах [11, 15].

Отношение Н/С составило наименьшее значение в случае спиртового экстракта; для него же отношение О/С было наибольшим. Основываясь на физико-химических показателях и элементном составе полученных извлечений по способности проявления сродства к воде густые экстракты можно расположить в следующий ряд: ЭЧСС > ЭЧСА > ЭЧСГ.

Таблица 1. Свойства густых экстрактов листьев черной смородины

Экстракт	Выход, %	Влажность, %	Зольность, %
ЭЧСГ	1.89	2.6	0.004
ЭЧСА	3.89	11.4	1.08
ЭЧСС	7.23	17.2	2.17

Таблица 2. Элементный состав густых экстрактов

Экстракт	Содержание элементов, %			Атомные отношения	
	С	Н	О	Н/С	О/С
ЭЧСГ	77.5	12.8	7.1	1.9	0.07
ЭЧСА	69.7	9.1	10.1	1.6	0.11
ЭЧСС	62.9	7.1	13.3	1.3	0.16

Для количественного определения биологически активных веществ в густых экстрактах использовали электронные спектры поглощения (рис. 1), которые для более точного и независимого от концентрации определения перестроены в координатах $E = A/C - \lambda$.

Видно, что спектр ацетонового экстракта располагается выше других, особенно в области длин волн 350–420 нм. На спектрах гексанового и ацетонового извлечений наблюдаются ярко выраженные пики в области 400–500 нм, характерные как для каротиноидов, так и для хлорофиллов [16] и при 640–670 нм свидетельствующие о наличии исключительно хлорофиллов [17, 18]. Плечо при 370 нм на спектре ЭЧСА свидетельствует о наличии веществ флавоноидной природы [19]. Спектр спиртового экстракта имеет широкий максимум в области длин волн 300–350 нм, свидетельствующий о наличии флавоноидов [19, 20]. Расчет содержания хлорофиллов и каротиноидов осуществляли по формулам Вернона и Ветштейна [21]. Содержание флавоноидов определяли методом дифференциальной спектрофотометрии с использованием хлорида алюминия в качестве комплексообразователя, и рутина – в качестве стандартного образца [19, 22, 23]. Из приведенных данных (табл. 3) следует, что наибольшее количество биологически активных веществ содержится в ацетоновом экстракте.

Флавоноиды характеризуются высоким содержанием фенольных гидроксильных групп, которые, как правило, способствуют повышению их реакционной способности и усилению ряда полезных, в частности антиоксидантных, свойств. Фенольные гидроксилы активно участвуют в делокализации электронной плотности по цепочкам сопряженных π -связей, что сказывается на их кислотно-основных характеристиках и на реакционной способности макромолекулы в целом. Изучение кислотно-основных свойств густых экстрактов проводили методом спектрофотометрического титрования, основанного на значительном различии в поглощении недиссоциированной (рН 6) и анионной (рН 10) форм макромолекулы в УФ-области спектра. Депротонирование веществ фенольной природы сопровождается возникновением на атоме кислорода отрицательного заряда, в результате чего полоса поглощения претерпевает батохромный сдвиг, а ее интенсивность возрастает [24]. Спектральные изменения исследованных экстрактов при их ионизации в щелочной среде представлены на дифференциальных спектрах (рис. 2). При повышении рН растворов ацетонового и спиртового экстрактов наблюдали батохромное смещение спектров, что указывает на наличие в этих композициях соединений с фенольными структурами. В случае гексанового экстракта таких изменений не наблюдали.

Антиоксидантную способность густых экстрактов листьев черной смородины изучали на примере модельной реакции окисления адреналина кислородом воздуха в щелочной среде [25, 26]. Кинетические кривые окисления чистого адреналина с добавками экстрактов и аскорбиновой кислоты (для сравнения) представлены на рисунке 3. Ингибирующее действие исследуемых экстрактов проявляется в уменьшении нарастания значения оптической плотности по мере накопления продуктов окисления по сравнению с контрольной пробой. Следует отметить, что антиоксидантная активность экстрактов листьев черной смородины сопоставима с действием аскорбиновой кислоты. Расчетные данные по антиоксидантной активности исследуемых объектов представлены в таблице 4.

Наибольшей антиокислительной способностью обладает ацетоновый экстракт, в составе которого, как было показано выше, наибольшее количество биологически активных веществ.

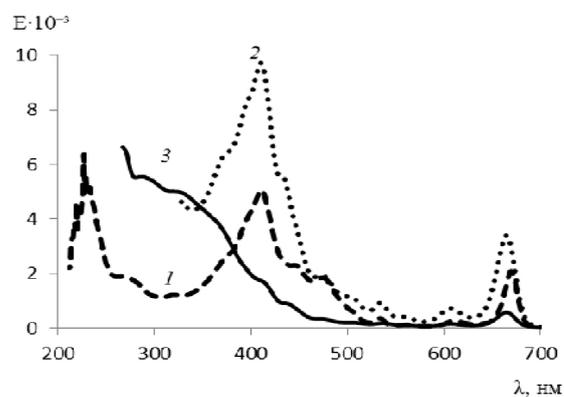


Рис. 1. Спектры экстрактов листьев черной смородины: 1 – ЭЧСГ (растворитель – гексан); 2 – ЭЧСА (растворитель – ацетон); 3 – ЭЧСС (растворитель – 70% раствор этанола)

Таблица 3. Содержание хлорофиллов, каротиноидов, флавоноидов в экстрактах, мг/г

Экстракт	Хлорофиллы	Каротиноиды	Флавоноиды
ЭЧСГ	23.9	5.4	13.6
ЭЧСА	33.6	12.6	26.4
ЭЧСС	3.1	0.4	37.4

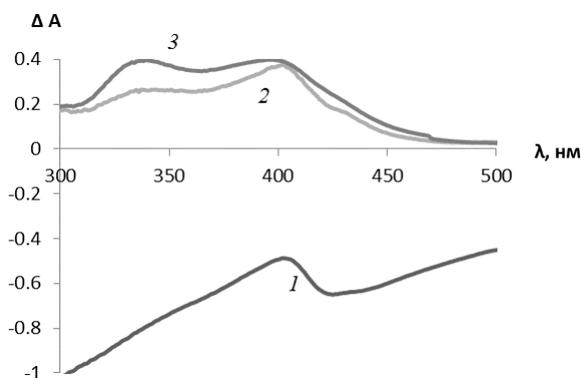


Рис. 2. Дифференциальные спектры экстрактов (рН 10 – рН 6): 1 – ЭЧСГ; 2 – ЭЧСА; 3 – ЭЧСС

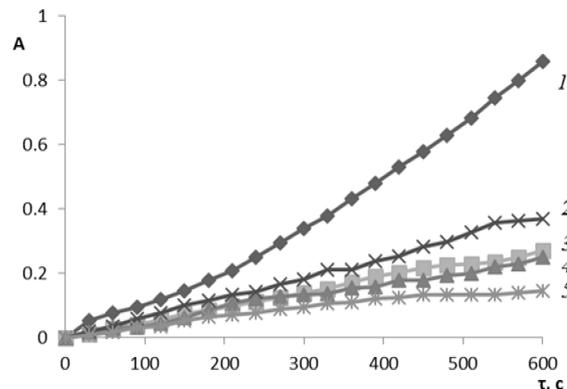
Рис. 3. Кинетические кривые ($\lambda = 347$ нм) окисления адреналина ($c = 6,54 \cdot 10^{-5}$ г/мл) в отсутствие (1) и в присутствии спиртового ($c = 3,1 \cdot 10^{-4}$ г/мл) (2); гексанового ($c = 3,1 \cdot 10^{-4}$ г/мл) (3) и ацетонового ($c = 3,15 \cdot 10^{-4}$ г/мл) (4) экстрактов листьев черной смородины; аскорбиновой кислоты ($c = 1 \cdot 10^{-4}$ г/мл) (5)

Таблица 4. Антиоксидантная активность экстрактов

Исследуемый объект	АОА, %		В эквивалентах аскорбиновой кислоты, усл. ед.
	при $\tau=200$ с	при $\tau=400$ с	
ЭЧСГ	48.8	60.2	0.77
ЭЧСА	52.4	67.1	0.85
ЭЧСС	35.6	50.4	0.62
Аскорбиновая кислота	65.5	74.8	1

Выводы

Получены густые экстракты из листьев черной смородины методом последовательной экстракции с использованием растворителей различной полярности: гексан, ацетон, 70% этиловый спирт. Наибольший выход густых экстрактов имеет место в случае использования спирта в качестве экстрагента.

Изучен качественный состав полученных густых экстрактов. Определено, что в них присутствуют такие биологически активные вещества, как каротиноиды, хлорофиллы и флавоноиды. При этом наибольшее содержание экстрактивных веществ наблюдается в случае использования ацетона в качестве растворителя. Установлено, что при смене растворителя от менее полярного к более полярному происходит снижение отношения Н/С и рост отношения О/С в элементном составе экстрактов. Показано, что наибольшее содержание фенольных групп наблюдается в ацетоновом и спиртовом экстрактах. Определен количественный состав полученных густых экстрактов. По содержанию флавоноидов лидирует спиртовой экстракт. Наибольшее содержание хлорофиллов и каротиноидов – в ацетоновом экстракте. Изучена антиоксидантная способность полученных густых экстрактов с использованием в качестве модельной реакции окисление адреналина кислородом воздуха. Показано, что скорость окисления адреналина снижается в 3–5 раз в присутствии густых экстрактов. Наибольшую ингибирующую способность проявляет ацетоновый густой экстракт.

Список литературы

1. Жбанова Е.В. Изменчивость химического состава плодов черной смородины в разных регионах // Аграрная Россия. 2012. №1. С. 10–13.
2. Vagiri M. Black currant (*Ribes Nigrum L.*) – An insight into the crop: A synopsis of a PhD study. Swedish University of Agricultural Sciences, 2012. 58 p.

3. Стукалов Н.В., Трунов Ю.В. Урожайность и витаминная ценность ягод смородины черной при использовании некорневых подкормок // Вестник МичГАУ. 2011. Т. 1. №1. С. 38–41.
4. Стрельцина С.А., Тихонова О.А. Питательные и биологически активные вещества ягод и листьев смородины черной (*Ribes Nigrum*) в условиях Северо-Запада России // Аграрная Россия. 2011. №1. С. 1–16.
5. Петрова С.Н., Кузнецова А.А. Состав плодов и листьев смородины черной *Ribes Nigrum* (обзор) // Химия растительного сырья. 2014. №4. С. 43–50.
6. Мясничева Н.В., Артемова Е.Н. Изучение биологически активных веществ ягод черной смородины в процессе хранения // Техника и технология пищевых производств. 2013. №3. С. 36–40.
7. Редико Е.Э. Анализ и стандартизация полифенольного комплекса листьев и жомы плодов черной смородины: дис. ... канд. фарм. наук. М., 2009. 24 с.
8. Зорина О.В. Будущее официальной фитотерапии и фитотерапии в России // Провизор. 2010. Вып. 6. С. 15–23.
9. Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I. Selection of the Solvent and Extraction Conditions for Maximum Recovery of Antioxidant Phenolic Compounds from Coffee Silverskin // Food Bioprocess Technol. 2014. N7. Pp. 1322–1332
10. Вайнштейн В.А., Каухова И.А. Двухфазная экстракция в получении лекарственных и косметических средств. СПб.: Проспект Науки, 2010. 104 с.
11. Сухина Т.В. Влияние экстрагентов на состав БАВ, спектральные характеристики и антимикробная активность извлечений из травы очанки коротковолокнистой // Химико-фармацевтический журнал. 2010. №12. С. 35–40.
12. Москва В.В. Растворители в органической химии // Соросовский образовательный журнал. 1999. №4. С. 44–50.
13. Федосеева Г.М., Миревич В.М., Головных Н.Н. Товароведческий анализ лекарственного растительного сырья. Иркутск, 2008. 87 с.
14. Перминова И.В. Элементный анализ гуминовых веществ. Обработка и интерпретация [Электронный ресурс]. URL: <http://www.mgumus.chem.msu.ru/researches/seminars/lectures/perminova-lecture05.pdf>
15. Дейнеко И.П., Фаустова Н.М. Элементный и групповой химический состав коры и древесины осины // Химия растительного сырья. 2015. №1. С. 51–62.
16. Антонов В.И., Ягодин В.И. Спектральные характеристики препаратов хлорофилла из еловой древесной зелени // Химия растительного сырья. 2006. №2. С. 47–49.
17. Ching-Yun Hsu, Pi-Yu Chao, Shene-Pin Hu, Chi-Ming Yang. The Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of Chlorophylls and Pheophytins // Food and Nutrition Sciences. 2013. N4. Pp. 1–8.
18. Намсараев З.Б. Использование коэффициентов поглощения для расчета концентрации хлорофиллов и бактериохлорофиллов // Микробиология. 2009. Т. 78. №6. С. 836–839.
19. Коруткин Д.Ю. Природные флавоноиды. Новосибирск, 2007. 232 с.
20. Озиминова И.И., Фролова О.О. Целенаправленный поиск биологически-активных веществ в растениях // Современные проблемы науки и образования. 2013. №1. С. 382–391.
21. Трифионов С.В. Определение содержания основных пигментов фотосинтетического аппарата в листьях высших растений. Красноярск, 2011. 15 с.
22. Ларькина М.С., Кадырова Т.В., Ермилова Е.В., Краснов Е.А. Количественное определение флавоноидов в надземной части василька шероховатого // Химико-фармацевтический журнал. 2009. №6. С. 14–17.
23. Латыпова Г.М., Романова З.Р., Бубенчикова В.Н., Аюпова Г.В. Исследование качественного и количественного состава флавоноидных соединений густого экстракта первоцвета лекарственного // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 113–116.
24. Белый В.А., Кочева Л.С., Карманов А.П., Боголицын К.Г. Кислотно-основные свойства лигнинов лекарственных растений родиолы розовой *Rhodiola Rosea* и серпухи венценосной *Serratula Coronata* // Химия растительного сырья. 2009. №4. С. 21–26.
25. Сирота Т.В. Новый подход в исследовании реакции автоокисления адреналина: возможность полярографического определения активности супероксиддисмутазы и антиоксидантных свойств различных препаратов // Биомедицинская химия. 2012. Т. 58, вып. 1. С. 77–87.
26. Кантан А.Д., Яргунова Ю.В., Петрова С.Н. Антиоксидантная активность густых экстрактов листьев черной и красной смородины // Сборник статей Международной научно-практической конференции «Наука XXI века: теория, практика и перспективы». Уфа, 2015. С. 10–12.

Поступило в редакцию 11 апреля 2017 г.

После переработки 9 января 2018 г.

Для цитирования: Петрова С.Н., Кантан А.Д., Яргунова Ю.В. Получение и свойства густых экстрактов листьев черной смородины // Химия растительного сырья. 2018. №2. С. 169–174. DOI: 10.14258/jcprgm.2018021937

Petrova S.N.^{*}, Kantan A.D., Yargunova Y.V. PRODUCTION AND PROPERTIES OF DRY EXTRACTS OF BLACK CURRANT LEAVES

Ivanovo State University of Chemistry and Technology, 7, Sheremetievskiy pr., Ivanovo, 153000 (Russia),
e-mail: psn903@mail.ru

Black currant being a widespread Russian culture is of interest as a source of biologically active substances due to its easy accessibility and renewability.

Both berries and its leaves contain biologically active substances capable of exhibiting antioxidant properties, the chemical structure of which is accessible to the enzymatic systems of the human body. The paper presents the results of the investigation of the composition and properties of thick extracts obtained from black currant leaves with successive treatment of plant material with a number of organic solvents (hexane, acetone, 70% ethanol) in order of increasing their polarity, followed by distillation of the extractants. In the obtained extracts, biologically active substances such as flavonoids, chlorophylls and carotenoids are quantitatively determined. According to the content of chlorophylls and carotenoids, acetone extract is the leader and alcoholic extract is the leader in the content of flavonoids. The extract obtained with the use of acetone, contains the greatest total amount of biologically active substances. An evaluation of the antioxidant activity of the extracts was carried out using oxidation of adrenaline by air oxygen as a model reaction. It is shown that the rate of its oxidation decreases 3 to 5 times in the presence of extracts of the leaves of black currant. Acetone thick extract shows the greatest inhibitory ability.

Keywords: biological active substances, plant material, black currant (*Ribes nigrum*), oxidation of adrenaline, antioxidant capacity.

References

- Zhbanova E.V. *Agrarnaia Rossiia*, 2012, no. 1, pp. 10–13. (in Russ.).
- Vagiri M. *Black currant (Ribes nigrum L.) – An insight into the crop: A synopsis of a PhD study*. Swedish University of Agricultural Sciences, 2012, 58 p.
- Stukalov N.V., Trunov Iu.V. *Vestnik MichGAU*, 2011, vol. 1, no. 1, pp. 38–41. (in Russ.).
- Strel'tsina S.A., Tikhonova O.A. *Agrarnaia Rossiia*, 2011, no. 1, pp. 1–16. (in Russ.).
- Petrova S.N., Kuznetsova A.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2014, no. 4, pp. 43–50. (in Russ.).
- Miasishcheva N.V., Artemova E.N. *Tekhnika i tekhnologiiia pishchevykh proizvodstv*, 2013, no. 3, pp. 36–40. (in Russ.).
- Rediko E.E. *Analiz i standartizatsiia polifenol'nogo kompleksa list'ev i zhoma plodov chernoi smorodiny: dis. ... kand. farm. nauk*. [Analysis and standardization of polyphenolic complex of leaves and pulp of fruit of black currant: dis. ... cand. farm. sciences.]. Moscow, 2009, 24 p. (in Russ.).
- Zorina O.V. *Provizor*, 2010, no. 6, pp. 15–23. (in Russ.).
- Ballesteros L.F., Teixeira J.A., Mussatto S.I. *Food Bioprocess Technol.*, 2014, no. 7, pp. 1322–1332
- Vainshtein V.A., Kaukhova I.A. *Dvukhfaznaia ekstraktsiia v poluchenii lekarstvennykh i kosmeticheskikh sredstv*. [Two-phase extraction in obtaining medicinal and cosmetic means]. St. Petersburg, 2010, 104 p. (in Russ.).
- Sukhinina T.V. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2010, no. 12, pp. 35–40. (in Russ.).
- Moskva V.V. *Sorosovskii obrazovatel'nyi zhurnal*, 1999, no. 4, pp. 44–50. (in Russ.).
- Fedoseeva G.M., Mirovich V.M., Golovnykh N.N. *Tovarovedcheskii analiz lekarstvennogo rastitel'nogo syr'ia*. [Commodity analysis of medicinal plant raw materials]. Irkutsk, 2008, 87 p. (in Russ.).
- Perminova I.V. *Elementnyi analiz guminovykh veshchestv. Obrabotka i interpretatsiia* [Elemental analysis of humic substances. Processing and interpretation]. [Electronic resource] URL: <http://www.mgumus.chem.msu.ru/researches/seminars/lectures/perminova-lecture05.pdf> (in Russ.).
- Deineko I.P., Faustova N.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2015, no. 1, pp. 51–62. (in Russ.).
- Antonov V.I., Iagodin V.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2006, no. 2, pp. 47–49. (in Russ.).
- Ching-Yun Hsu, Pi-Yu Chao, Shene-Pin Hu, Chi-Ming Yang. *Food and Nutrition Sciences*, 2013, no. 4, pp. 1–8.
- Namsaraev Z.B. *Mikrobiologiia*, 2009, vol. 78, no. 6, pp. 836–839. (in Russ.).
- Korul'kin D.Iu. *Prirodnye flavonoidy*. [Natural flavonoids]. Novosibirsk, 2007, 232 p. (in Russ.).
- Ozimina I.I., Frolova O.O. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniia*, 2013, no. 1, pp. 382–391. (in Russ.).
- Trifonov S.V. *Opredelenie sodержaniia osnovnykh pigmentov fotosinteticheskogo apparata v list'iakh vys-shikh rastenii*. [Determination of the content of the main pigments of the photosynthetic apparatus in the leaves of higher plants]. Krasnoiarsk, 2011, 15 p. (in Russ.).
- Lar'kina M.S., Kadyrova T.V., Ermilova E.V., Krasnov E.A. *Khimiko-farmatsevticheskii zhurnal*, 2009, no. 6, pp. 14–17. (in Russ.).
- Latypova G.M., Romanova Z.R., Bubenchikova V.N., Aiupova G.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 113–116. (in Russ.).
- Belyi V.A., Kocheva L.S., Karmanov A.P., Bogolitsyn K.G. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2009, no. 4, pp. 21–26. (in Russ.).
- Sirota T.V. *Biomeditsinskaiia khimiia*, 2012, vol. 58, no. 1, pp. 77–87. (in Russ.).
- Kantan A.D., Iargunova Iu.V., Petrova S.N. *Sbornik statei Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii «Nauka XXI veka: teoriia, praktika i perspektivy»*. [Collection of articles of the International Scientific and Practical Conference "Science of the XXI Century: Theory, Practice and Perspectives"]. Ufa, 2015, pp. 10–12. (in Russ.).

Received April 11, 2017

Revised January 9, 2018

For citing: Petrova S.N., Kantan A.D., Iargunova Iu.V., Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya, 2018, no. 2, pp. 169–174.
DOI: 10.14258/jcprm.2018021937

* Corresponding author.