

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ ПЛОДОВ АРОНИИ РАЗЛИЧНЫХ СОРТОВ

Е.Е. Логвинова^{1*}, Т.А. Брежнева¹, канд. фарм. наук, И.А. Самылина², член-корр. РАН,
докт. фарм. наук, профессор, А.И. Сливкин¹, докт. фарм. наук, профессор

¹Воронежский государственный университет; 394000, Воронеж, Университетская пл., д. 1

²Первый Московский государственный медицинский университет им. И.М. Сеченова;
119991, Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

*E-mail: liza-ugl@mail.ru

Проведена сравнительная оценка химического состава плодов аронии черноплодной 4 сортов, выращенных в России. Установлено, что по содержанию доминирующих групп биологически активных веществ (антоцианов, суммы флавоноидов, дубильных веществ, органических кислот) и составу макро- и микроэлементов плоды аронии черноплодной исследуемых сортов отличаются. Выявлены сорта, содержащие наибольшее количество каждой группы веществ.

Ключевые слова: арония черноплодная, *Aronia melanocarpa auct.*, сорта, плоды, антоцианы, флавоноиды, дубильные вещества, органические кислоты, микроэлементы, макроэлементы, содержание.

Арония черноплодная – *Aronia melanocarpa auct.* (арония Мичурина, рябина черноплодная) – кустарник сем. розоцветных (*Rosaceae*), стабилизированный гибрид, выведенный в питомнике им. И.В. Мичурина. В плодах аронии черноплодной содержится ценный комплекс биологически активных веществ (БАВ), представленный флавоноидами, катехинами, цианидином и его гликозидами, аскорбиновой кислотой, дубильными веществами [1]. Плоды аронии являются лекарственным сырьем, а также активно используются в пищевой промышленности.

Благодаря своей неприхотливости и зимостойкости арония черноплодная интродуцирована почти во всех экологогеографических районах России, она дает стабильные урожаи в северных районах Европейской части, в суровых условиях Западной и Восточной Сибири, Восточного Казахстана и Урала.

К традиционно возделываемому на территории России относится сорт «Мичуринская», обязанный своим происхождением работам И.В. Мичурина, известны и другие сорта аронии («Викинг», «Вениса», «Алтайская крупноплодная» и др.).

Сравнительное изучение состава БАВ различных сортов аронии, связанное с зависимостью биохимических показателей от сортовых особенностей и зоны

произрастания культуры, актуально и представляет интерес с теоретической и практической точки зрения.

Цель исследований – сравнительная оценка состава БАВ плодов аронии черноплодной различных сортов.

Экспериментальная часть

Объектами изучения служили высушенные плоды аронии черноплодной сортов «Мичуринская», «Викинг», «Вениса», «Алтайская крупноплодная», заготовленные в Воронежской и Калининградской областях, Алтайском крае, республике Адыгея в сентябре – октябре 2014 г.

На 1-м этапе исследования определяли содержание в плодах аронии черноплодной экстрактивных веществ, извлекаемых различными экстрагентами [5].

Согласно данным, приведенным в табл. 1, все исследуемые экстрагенты способствовали извлечению достаточно большого количества экстрактивных веществ из плодов аронии всех сортов. Больше всего экстрактивных веществ удалось извлечь с помощью этилового спирта в концентрации 40–70%. Подкисление спирта в большинстве случаев повышало его извлекающую способность. Минимальное количество экстрактивных веществ извлекалось менее полярным экстрагентом – этиловым спиртом 95%, хотя отличия были не слишком существенны. Максимальной извлекающей способностью при работе с сортом «Мичуринская» обладали водно-спиртовые смеси с концентрацией спирта этилового 40%, нейтральные и подкисленные. Для остальных сортов подобная закономерность не просматривалась. В качестве экстрагента можно использовать и воду: по количеству извлекаемых веществ вода занимала промежуточное значение между этиловым спиртом 40–70% и 95%. Плоды аронии черноплодной разных сортов отличались по количеству экс-

трактивных веществ. Возможно, это связано с сортовыми особенностями, различными условиями произрастания (влажность, температура, освещенность, тип почв и т.д.) [2].

На 2-м этапе была дана количественная оценка содержания различных групп БАВ в плодах разных сортов аронии черноплодной. Устанавливали содержание антоцианов, суммы флавоноидов, дубильных веществ, органических кислот и аскорбиновой кислоты. Количество антоцианов определяли на спектрофотометре «Hitachi U-1900» по величине оптической плотности в максимуме их поглощения в диапазоне $\lambda=510-540$ нм. В расчетах использовали значение удельного коэффициента поглощения антоцианов 100 (в пересчете на цианидин – 3 – О-глюкозид), согласно данным литературы [3, 4]. Количественное определение суммы флавоноидов в пересчете на рутин проводили спектрофотометрически при $\lambda=410$ нм по величине оптической плотности в максимуме поглощения комплекса флавоноидов со спиртовым раствором алюминия хлорида [5]. Содержание дубильных веществ в плодах аронии определяли 2 методами: спектрофотометрически при длине волны $\lambda=274,5-277,5$ нм с использованием стандартного образца танина [6] и титриметрически по фармакопейной методике [5]. Количество аскорбиновой кислоты и суммы органических кислот устанавливали титриметрически по методике ГФ XI [5].

Как показали результаты анализа (табл. 2), наибольшее количество антоцианов содержали плоды аронии сорта «Мичуринская», их содержание превышало таковое более чем в 2 раза в других образцах. Максимальная сумма флавоноидов отмечена в плодах сорта «Викинг», хотя отличия от других сортов в данном случае были невелики. Сорта «Мичуринская» и «Вениса» лидировали по содержанию дубильных веществ, органических кислот и аскорбиновой кислоты.

Принимая во внимание, что качественный состав органических кислот обеспечивает широкий спектр фармакологического действия, была проведена количественная оценка плодов аронии черноплодной по содержанию ряда индивидуальных органических кислот. Для определения использовали метод капиллярного электрофореза на приборе марки «Капель-105/105М» [11].

Согласно проведенному анализу, плоды аронии черноплодной всех исследуемых сортов содержали одинаковый набор органических кислот (табл. 3). Сорт «Мичуринская» лидировал по количествен-

Таблица 1

СОДЕРЖАНИЕ ЭКСТРАКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ В ВЫСУШЕННЫХ ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ РАЗНЫХ СОРТОВ

Экстрагент	Содержание экстрактивных веществ, %			
	сорт «Мичуринская» (Воронежская область)	сорт «Викинг» (Республика Адыгея)	сорт «Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	сорт «Вениса» (Калининградская область)
Этиловый спирт 40%	49,20	21,10	28,71	30,53
Этиловый спирт 60%	46,69	20,90	29,28	31,84
Этиловый спирт 70%	38,27	20,55	26,99	32,48
Этиловый спирт 95%	33,3	18,11	16,82	28,31
Вода	35,69	18,62	23,73	30,00
Этиловый спирт 40% (к)	36,2	21,12	66,9	36,83
Этиловый спирт 60% (к)	32,91	29,59	29,45	35,04
Этиловый спирт 70% (к)	31,55	29,24	26,93	33,77
Этиловый спирт 95% (к)	22,95	25,03	23,13	34,22
Вода (к)	29,31	27,81	16,14	36,07

Примечание: Для извлечения использовали экстрагент (к), подкисленный кислотой хлороводородной до концентрации 1%.

Таблица 2

КОЛИЧЕСТВЕННОЕ СОДЕРЖАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ ГРУПП БАВ В ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

БАВ	Содержание, %			
	сорт «Мичуринская» (Воронежская область)	сорт «Викинг» (Республика Адыгея)	сорт «Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	сорт «Вениса» (Калининградская область)
Антоцианы	3,7	1,3	0,98	1,53
Флавоноиды	1,8	2,2	1,5	1,6
Дубильные вещества	16,9* 1,49**	8,8 1,3	11,7 0,98	16 1,53
Органические кислоты	1,66	1,52	1,53	1,71
Аскорбиновая кислота	1,6	0,03	0,032	1,53

Примечание: * Определение проводилось перманганатометрическим методом [5]. ** Определение проводилось спектрофотометрическим методом [6].

ному содержанию практически всех органических кислот, кроме яблочной. Плоды остальных 3 сортов («Викинг», «Вениса», «Алтайская крупноплодная») накапливали больше яблочной кислоты, причем ее количество у всех сортов было практически одинаковым.

Урбанизация – одна из основных социально-экологических проблем нашего времени. Нарастающее техногенное воздействие на урбосистемы со стороны промышленных комплексов, а также ТЭЦ, автотранспорта приводит к сильному загрязнению почв вредными веществами, снижению способно-

сти их самовосстановления и деградации растительности. Токсиканты сравнительно быстро накапливаются в почвах городов и близлежащих районов и крайне медленно из них выводятся. Мигрируя по пищевым цепям, микроэлементы могут накапливаться в органах и тканях растительных и животных организмов в токсичных концентрациях. Этот факт необходимо учитывать, так как в урбосистемах конечным звеном трофической цепи является человек. В связи с этим был проведен сравнительный анализ качественного состава микро- и макроэлементов в сырье, а также изучено содержание и динамика на-

копления тяжелых металлов, пестицидов и радионуклидов в плодах исследуемых сортов аронии черноплодной, заготовленных на различных территориях.

Подготовку образцов и расчеты выполняли в соответствии с требованиями нормативной документации (НД), а также руководствуясь методическими указаниями по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье [8–10, 12]. Определение макроэлементов осуществляли методом капиллярного электрофореза на приборе марки «Капель-105/105М». Метод основан на кислотном разложении проб,

СОДЕРЖАНИЕ ОРГАНИЧЕСКИХ КИСЛОТ В ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Кислота	Содержание, %			
	сорт «Мичуринская» (Воронежская область)	сорт «Викинг» (Республика Адыгея)	сорт «Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	сорт «Вениса» (Калининградская область)
Яблочная	1,188	1,302	1,287	1,312
Янтарная	0,015	0,008	0,007	0,010
Масляная	Менее 0,05*	Менее 0,05*	Менее 0,05*	Менее 0,05*
Молочная	0,03	0,015	0,017	0,03
Фумаровая	0,006	0,003	0,002	0,004
Лимонная	0,309	0,113	0,125	0,275
Уксусная	0,036	0,027	0,026	0,03
Пропионовая	0,03	0,015	0,027	0,02
Сорбиновая	0,042	0,038	0,039	0,032

Примечание: *Нижний предел измерения.

Таблица 3

СОДЕРЖАНИЕ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Элемент	Содержание, мг/кг				ПДК, мг/кг
	сорт «Мичуринская» (Воронежская область)	сорт «Викинг» (Республика Адыгея)	сорт «Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	сорт «Вениса» (Калининградская область)	
Железо (Fe)	5,08	4,69	1,52	4,63	5,0
Медь (Cu)	2,09	3,07	4,01	2,41	5,0
Цинк (Zn)	9,33	15,02	14,73	2,43	10
Марганец (Mn)	4,94	3,21	2,64	3,65	–
Кобальт (Co)	0,03	0,02	0,03	0,01	0,03
Никель (Ni)	2,09	1,73	0,51	0,97	3,0
Хром (Cr)	2,78	0,21	0,5	0,34	0,2
Свинец (Pb)	0,44	0,58	1,57	0,37	6,0
Кадмий (Cd)	0,026	0,042	0,027	0,046	1,0
Ртуть (Hg)	0,018	0,003	0,003	0,003	0,1
Мышьяк (As)	0,07	0,06	0,06	0,07	0,5

Таблица 4

дальнейшем разделении и количественном определении катионов. Детектирование компонентов проводили по косвенному поглощению при длине волны 267 нм [11].

На основании результатов анализа в плодах рябины выявлен широкий спектр микроэлементов, включающий Zn, Ni, Cr, Cu, Mn, Co, Mg (табл. 4). В плодах сорта «Мичуринская», заготовленных на территории Воронежской области, отмечено высокое, превышающее ПДК, содержание железа, марганца и хрома. Содержание других микроэлементов в данном образце находится в пределах ПДК. Содержание Zn а в плодах сорта «Викинг» (Республики Адыгея) было выше нормы. Приблизительно равное содержание этого микроэлемента обнаружено в плодах сорта «Алтайская крупноплодная». Кроме данного микроэлемента, выявлено высокое содержание меди. Содержание токсичных тяжелых металлов (ртуть, мышьяк, кадмий, свинец) во всех исследуемых образцах не превышало нормативных значений.

Содержание фосфора было на одном уровне во всех анализируемых образцах (табл. 5). В то же время в плодах сорта «Мичуринская» отмечено высокое содержание калия. Возможно, это связано с важной ролью данных элементов в процессе биосинтеза продуктов первичного и вторичного обмена. Содержание остальных макроэлементов в анализируемых образцах находилось практически на одном уровне. По содержанию пестицидов и радионуклидов все исследуемые образцы отвечали требованиям НД (табл. 6).

Таким образом, результаты исследования указывают на зависимость элементного состава от сорта и места произрастания лекарственного растения, используемого в качестве растительного сырья. Поэтому целесообразно включить методику определения данных показателей в НД на лекарственное растительное сырье «плоды аронии черноплодной».

Выводы

1. Проведено изучение химического состава плодов аронии черноплодной сортов «Мичуринская», «Викинг», «Вениса», «Алтайская круп-

ноплодная», произрастающих в различных регионах России.

2. Исследуемые сорта аронии различаются как по содержанию доминирующих групп БАВ в плодах, так и по элементному составу. Плоды аронии сорта «Мичуринская» наиболее богаты антоцианами, сорта «Викинг» – флавоноидами. Сорта «Мичуринская» и «Вениса» лидируют по содержанию в плодах дубильных веществ, органических кислот и аскорбиновой кислоты.

3. Отмечено высокое содержание железа, марганца и хрома в плодах сорта «Мичуринская»; высокое содержание цинка – в плодах сорта «Викинг» и «Алтайская крупноплодная»; меди – в плодах сорта «Алтайская крупноплодная». Содержание токсичных тяжелых металлов (ртуть, мышьяк, кадмий, свинец) во всех исследуемых образцах не превышает нормативных.

4. Необходим контроль содержания в сырье отдельных доминирующих групп БАВ, других эссенциальных микроэлементов, а также тяжелых металлов.

Таблица 5

СОДЕРЖАНИЕ МАКРОЭЛЕМЕНТОВ В ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Элемент	Массовая доля, %			
	сорт «Мичуринская» (Воронежская область)	сорт «Викинг» (Республика Адыгея)	сорт «Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	сорт «Вениса» (Калининградская область)
Фосфор (P)	0,1	0,1	0,1	0,1
Кальций (Ca)	0,17	0,29	0,24	0,23
Натрий (Na)	0,14	0,12	0,18	0,14
Калий (K)	9,56	7,6	8,24	7,32
Магний (Mg)	0,81	1,06	0,94	0,85

Таблица 6

СОДЕРЖАНИЕ ПЕСТИЦИДОВ И РАДИОНУКЛИДОВ В ПЛОДАХ АРОНИИ ЧЕРНОПЛОДНОЙ

Показатели	Сорт			
	«Мичуринская» (Воронежская область)	«Викинг» (Республика Адыгея)	«Алтайская крупноплодная» (Алтайский край)	«Вениса» (Калининградская область)
Пестициды, мг/кг				
ДДТ и его метаболиты	<0,007	<0,007	<0,007	<0,007
ГХЦГ	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001
Радионуклиды, Бк/кг				
Цезий-137	0±24,5	1,8±26,3	3,6±26,3	0±24,3
Стронций-90	0±10,0	1,3±10,0	1,2±9,9	1,2±8,8

Примечание. ДДТ – дихлордифенил трихлорметилметан, ГХЦГ – гексахлорциклогексан.

ЛИТЕРАТУРА

1. Большой энциклопедический словарь лекарственных растений (под ред. Г.П. Яковлева). СПб.: СпецЛит, 2015; 85–86.
2. Логвинова Е.Е. и др. Выбор оптимальных условий извлечения антоциановых соединений из высушенных и свежесобранных плодов рябины черноплодной. Вестник ВГУ. серия : химия, биология, фармация, 2014; 1: 122–125.
3. Логвинова Е.Е. и др. Определение антоциановых соединений плодов *Aronia melanocarpa* методом тонкослойной хроматографии. Материалы XIV Конференции и III Всероссийского симпозиума с международным участием, 2014; 210–212.
4. Куркин В.А., Егорова А.В. Стандартизация плодов аронии черноплодной. Фармация, 2012; 7: 10–13.
5. Государственная фармакопея СССР. XI изд. Вып. 2. М.: Медицина, 1989; 400.
6. Разаренова К.Н., Жохова Е.В. Сравнительная оценка содержания дубильных веществ в некоторых видах рода *Geranium* L. флоры северо-запада. Химия растительного сырья, 2011; 4: 187–192.
7. ГОСТ 26929-94. Сырье и продукты пищевые. Подготовка проб. Минерализация для определения содержания токсичных элементов.
8. ГОСТ 30178-96. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения токсичных элементов.
9. Методические указания по атомно-абсорбционным методам определения токсичных элементов в пищевых продуктах и пищевом сырье. М., 1992; 76.
10. ГОСТ Р 51766-2001. Сырье и продукты пищевые. Атомно-абсорбционный метод определения мышьяка.
11. Комарова Н.В., Каменцев Я.С. Практическое руководство по использованию систем капиллярного электрофореза «Капель». СПб.: «Ведо», 2006; 212.
12. ГОСТ 26657-97. Корма, комбикорма, комбикормовое сырье. Метод определения содержания фосфора.

Поступила 24 февраля 2015 г.

CHEMICAL COMPOSITION OF CHOKEBERRIES (*Aronia*) OF DIFFERENT VARIETIES

E.E. Logvinova¹; T.A. Brezhneva¹, PhD; Professor I.A. Samylina², PhD; Professor A.I. Slivkin¹, PhD

¹Voronezh State University; 1, Universitetskaya Square, Voronezh 394000;

²I.M. Sechenov First Moscow State Medical University; 8, Trubetskaya St., Build. 2, Moscow 119991

SUMMARY

Black chokeberry (*Aronia melanocarpa* auct.) is introduced in nearly all ecogeographic regions of Russia. Black chokeberries are rich in chemical composition and used in medicine and food industry. The following black chokeberry varieties: «Michurinskaya», «Viking», «Venisa», «Altai Large-Fruited», are grown in Russia. The composition of biologically active substances in black chokeberries of different varieties was comparatively studied. These varieties were ascertained to vary in the content of anthocyanins, the sum of flavonoids, tannins, organic acids, and ascorbic acid, and in the composition of gross and trace elements. The varieties containing the highest levels of each group of substances were identified.

Key words: black chokeberry (*Aronia melanocarpa* auct.), varieties, berries, anthocyanins, flavonoids, tannins, organic acids, trace elements, gross elements, content.

REFERENCES

1. Great encyclopedic dictionary of medicinal plants. (ed. G.P. Yakovlev). S-Pb.: SpeLit, 2015; 85–86 (in Russian).
2. Logvinova E.E. et al. Selection of the optimum conditions of extraction of anthocyanin compounds from dried fruits and freshly black chokeberry. Vestnik VSU series: chemistry, biology, pharmacy, 2014; 1: 122–125 (in Russian).
3. Logvinova E.E. et al. Determination of anthocyanin compounds fruit *Aronia melanocarpa* TLC. Sourcebook XIV Conference and the Third All-Russian Symposium with international participation, 2014; 210–212 (in Russian).
4. Kurkin V.A., Egorova A.V. Standardization of fruits chokeberry *Aronia melanocarpa*. Farmatsiya, 2012; 7: 10–13 (in Russian).
5. State Pharmacopoeia of the USSR. XI ed., Vol. 2. Moscow: Medicine, 1989; 400 (in Russian).
6. Razarenova K.N., Zhokhova E.V. Comparative evaluation of the content of tannins in some species of the genus *Geranium* L. Flora northwest. Chemistry of plant raw materials. 2011; 4: 187–192 (in Russian).
7. GOST 26929-94. Raw materials and food. Preparation of samples. Mineralization to determine the content of toxic elements (in Russian).
8. GOST 30178-96. Raw materials and food. Atomic absorption method for the determination of toxic elements (in Russian).
9. Guidelines for the atomic absorption method for determination of toxic elements in foodstuffs and food raw materials. Moscow, 1992; 76 (in Russian).
10. GOST R 51766-2001 raw material and products. Atomic absorption method for determination of arsenic (in Russian).
11. Komarova N.V., Kamentsev J.S. Practical guidance on the use of capillary electrophoresis systems «drops». S-Pb.: «Veda», 2006; 212 (in Russian).
12. GOST 26657-97. Feed, animal feed, feed raw materials. Method for determination of phosphorus (in Russian).