

УДК 615.322.074:634.17

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ЛИПОФИЛЬНЫХ ФРАКЦИЙ ПОБЕГОВ ТРЕХ ВИДОВ РОДА *CRATAEGUS* L.

© С.Р. Хасанова*, Н.В. Кудашкина, В.А. Гусакова, Н.К. Жалалова

Башкирский государственный медицинский университет Минздрава России,
ул. Ленина, 3, Уфа, 450008, (Россия), e-mail: svet-khasanova@yandex.ru

В статье приводятся результаты исследования химического состава липофильных фракций из побегов трех видов рода *Crataegus* L. – боярышника кроваво-красного, боярышника мягковатого и боярышника алма-атинского. Липофильные вещества растений привлекают свое внимание, так как обладают антиоксидантными, гипополипидемическими, антиагрегантными, антиатеросклеротическими, антимикробными, ранозаживляющими и др. свойствами. Разделение и идентификацию компонентов липофильных фракций проводили методом газовой хроматографии с масс-спектрометрическим детектором. Идентификацию летучих компонентов проводили по совпадению с библиотечными масс-спектрами. В составе липофильных фракций идентифицировано всего 34 соединения. При проведении сравнительного анализа химического состава липофильных фракций было установлено, что все исследуемые виды рода *Crataegus* L. содержат в составе жирные кислоты – пальмитиновую и линоленовую, дитерпеновые соединения (фитол) и фитостерины (δ -ситостерол), насыщенные углеводороды (эйкозан), фенолы (пирокатехин), производные бензофурана (дигидробензофуран) и хинную кислоту. При сопоставлении полученных данных оказалось, что общими для всех трех видов рода *Crataegus* L. являются 8 соединений. Наиболее близки по компонентному составу оказались липофильные фракции побегов *Crataegus sanguinea* и *Crataegus submollis*. Эти исследования расширяют данные о составе липофильных БАВ изучаемых видов рода *Crataegus* L. и могут быть применимы, в том числе для разработки лекарственного средства на их основе с гипополипидемической активностью.

Ключевые слова: липофильные вещества, побеги боярышника, газовая хроматография, масс-спектры, терпеноиды, стерины, жирные кислоты.

Введение

В растениях содержится большое количество биологически активных веществ, которые участвуют в жизнедеятельности растений, вступая в различные реакции и биохимические процессы. Одной из задач современной фармации является выделение природных биологически активных веществ с целью установления их структуры и биологических свойств для дальнейшей разработки на их основе лекарственных препаратов. Большинство современных исследований посвящено изучению строения и биологических свойств преимущественно гидрофильных соединений (различных классов фенольных соединений, сапонинов, полисахаридов) [1–4]. Липофильные вещества растений зачастую остаются в шроте и не исследуются. К ним относятся пигменты, жирорастворимые витамины, стерины, эфирные масла, терпеноиды, жирные кислоты и другие со-

единения, которые также вносят свой вклад в фармакологические свойства препаратов из растений.

Хасанова Светлана Рашитовна – профессор кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, доктор фармацевтических наук, e-mail: svet-khasanova@yandex.ru

Кудашкина Наталья Владимировна – исполняющий обязанности декана фармацевтического факультета, заведующий кафедрой фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, доктор фармацевтических наук, профессор, e-mail: phytoart@mail.ru

Гусакова Валерия Андреевна – аспирант кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, e-mail: svet-khasanova@yandex.ru

Жалалова Надира Бегим Курсановна – аспирант кафедры фармакогнозии с курсом ботаники и основ фитотерапии, e-mail: svet-khasanova@yandex.ru

единения, которые также вносят свой вклад в фармакологические свойства препаратов из растений.

Известно, что различные классы липофильных веществ обладают ранозаживляющими, антиоксидантными, антиагрегантными, антиаритмическими, антитромботическими, антиатеросклеротическими, гипополипидемическими, антимикробными, антиаллергическими и др. свойствами [5–14]. Поэтому изучение липофильных биологически активных веществ, содержащихся в растениях, их выделение и идентификация является актуальным.

* Автор, с которым следует вести переписку.

Цель исследования – изучение и проведение сравнительного анализа липофильных соединений, содержащихся в некоторых видах рода *Crataegus* L.

Экспериментальная часть

Объектами исследования стали побеги трех видов рода *Crataegus* L. – боярышника кроваво-красного *Crataegus sanguinea* Pall. (Rosaceae), боярышника мягковатого *Crataegus submollis* Sarg. и боярышника алмаатинского *Crataegus almaatensis* Pojark. Данные виды относятся к различным секциям рода *Crataegus* L.: *Crataegus sanguinea* Pall. и *Crataegus almaatensis* Pojark. к секции *Sanguineae*, а *Crataegus submollis* Sarg. к секции *Americanae* [15]. Побеги *C. sanguinea* были заготовлены от дикорастущих растений, побеги *C. submollis* – от культивируемых в Республике Башкортостан растений, побеги *C. almaatensis* – от дикорастущих растений в Кыргызской Республике в период цветения растений в 2016–2018 гг. (табл. 1) [16]. Собранное растительное сырье представляло собой верхушки побегов, содержащие также зеленые стебли, в том числе листья и соцветия. Для идентификации дикорастущих видов *C. sanguinea* и *C. almaatensis* были использованы соответствующие определители видов [17, 18]. Растительное сырье заготавливали с 10–15-летних деревьев, собирали вручную и высушивали с использованием воздушно-теневого сушки, далее сырье упаковывалось в бумажные пакеты и хранилось при температуре не выше 20 °С и при влажности не выше 50% [19].

Из побегов изучаемых видов получали липофильные экстракты. Экстрагентом служил петролейный эфир, соотношение сырья и экстрагента было 1 : 10. Для получения липофильной фракции 5.0 г (точная навеска с размером частиц 2 мм) измельченного сырья помещали в колбу на 250 мл с притертым шлифом, добавляли 50 мл петролейного эфира и плотно закрывали пробкой. Извлечения получали методом однократной мацерации при комнатной температуре, поместив колбы в темное место на 7 сут., периодически (1–2 раза в сутки) перемешивая [20]. Затем полученное извлечение фильтровали и определяли процентное содержание липофильной фракции в сырье. Для определения достоверности полученных результатов проводили статистическую обработку с использованием программ «Statistica 10,0» и t-критерия Стьюдента.

Состав полученных извлечений изучали методом газовой хроматографии с масс-селективным спектрометрическим детектором (ГХ-МС). Разделение липофильных фракций на компоненты проводили на газовом хроматографе Маэстро ГХ7820 с автоматическим вводом пробы G4513A, с масс-селективным детектором Agilent Technologies 5975. Хроматограммы регистрировали в следующих условиях: колонка капиллярная HP-5MS 30 м × 0.25 мм × 0.25 мм (полидиметилсилоксан), скорость гелия 1 мл/мин, градиент температур: 60 °С – 2 мин., потом скорость нагрева – 5°/мин. до 290 °С, время выдержки при исходной температуре – 2 мин., время выдержки при конечной температуре – 5 мин.; температура инжектора 280 °С, объем пробы 1 мкл. Масс-селективный детектор использовался в режиме электронного удара (70 эВ), регистрация масс-спектров велась по ионному току в режиме сканирования.

Идентификацию летучих соединений проводили по совпадению с библиотечными масс-спектрами. В работе представлены данные по идентификации соединений при совпадении полученных масс-спектров с библиотечными не менее 91%.

Обсуждение результатов

Побеги исследуемых видов *Crataegus* L. заготавливали в период цветения растений. Для побегов *C. sanguinea* и *C. submollis* ранее были определены оптимальные сроки заготовки, связанные с максимальным накоплением биологически активных веществ – это период цветения растения [21, 22]. Поэтому мы использовали именно этот период вегетации для заготовки и побегов *C. almaatensis*. Характеристика района заготовки и местообитания исследуемых видов представлена в таблице 1.

У всех видов сырья после сбора и сушки экспериментально устанавливали влажность (потерю в массе при высушивании), выдерживая сырье в сушильном шкафу при температуре 105 °С до постоянной массы (табл. 2) [19]. Влажность в дальнейшем использовали при расчете содержания липофильной фракции на абсолютно сухое сырье.

Липофильные фракции из побегов исследуемых видов представляли собой жидкости коричнево-зеленого цвета. Выход липофильной фракции определяли по уменьшению массы навески сырья после экстракции по следующей формуле (%):

$$X = \frac{(m1 - m2) \cdot 100 \cdot 100}{m1 \cdot (100 - W)},$$

где $m1$ – масса навески сырья до экстракции, г; $m2$ – масса навески сырья после экстракции, г; W – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Наибольшее содержание липофильной фракции наблюдалось в побегах *C. sanguinea* – 3.12%, потом в побегах *C. submollis* – 2.72% и побегах *C. almaatensis* – 2.55% (табл. 3).

В результате ГХ/МС анализа в липофильной фракции побегов *C. sanguinea* обнаружено 43 вещества. По совпадению с библиотечными масс-спектрами идентифицировано 22 вещества. Анализируя полученные данные, выявили, что в состав липофильной фракции *C. sanguinea* входят летучие фенольные соединения, такие как 2(4Н)-бензофуранон, гидрохинон, пирокатехин. Также установлено присутствие различных классов углеводов (*n*-эйкозан, генейкозан, трикозан), карбоновых кислот, таких как фталевая и хинная кислоты. Идентифицированы также высшие предельные и непредельные жирные кислоты (пальмитиновая, стеариновая, бегеновая, лигноцериновая, арахидоновая, олеиновая, линолевая, линоленовая, эйкозеновая) и их производные (этиловый эфир пальмитиновой кислоты и линолеиловый спирт). В составе липофильной фракции побегов *C. sanguinea* установлено присутствие дитерпеновых углеводов (фитол) и фитостеринов (δ -ситостерол) (табл. 4).

В липофильной фракции побегов *C. submollis* обнаружено 32 соединения, идентифицировано 17 (табл. 4). Идентифицированы летучие фенольные соединения (около 23%): 2,3-дигидро-3,5-дигидрокси-6-метил-4Н-пиран-4-он, пирокатехин, 5-(гидроксиметил)-2-фуранкарбоксихальдегид, 2-гидрокси-3-метил-бензальдегид, хинная кислота; насыщенные углеводороды, такие как *n*-генейкозан, *n*-трикозан, *n*-гептакозан, *n*-эйкозан, *n*-тритетраконтан. Также присутствуют и высшие жирные кислоты, такие как пальмитиновая, стеариновая, линолевая и линоленовая. В составе липофильной фракции *C. submollis* установлено также присутствие дитерпеновых соединений (фитол) и фитостеринов (δ -ситостерол) [23].

В результате ГХ/МС анализа в липофильной фракции побегов *C. almaatensis* обнаружено 39 соединений. По совпадению с библиотечными масс-спектрами идентифицировано 18 соединений (табл. 4). Основная доля липофильной фракции побегов *C. almaatensis* приходится на насыщенные углеводороды – эйкозан, гексадекан, нонадекан, гексатриаконтан (более 73%). Также обнаружены ненасыщенные углеводороды (1-нонакозен), жирные кислоты (пальмитиновая и линоленовая кислоты), летучие фенольные соединения (2,3-дигидро-3,5-дигидрокси-6-метил-4Н-пиран-4-он, пирокатехин, дигидробензофуран, гидрохинон, феруловая кислота, хинная кислота), компоненты эфирного масла (α -терпинен, пентадеканаль, линалоол оксид, анисовая кислота, неролидола эпоксиацетат, неролидол). В составе липофильной фракции *C. almaatensis* установлено также присутствие дитерпеновых соединений (фитол) и фитостеринов (δ -ситостерол).

При проведении сравнительного анализа химического состава липофильных фракций исследуемых видов боярышников установлено, что интенсивность сигналов у *C. almaatensis* значительно меньше, чем у *C. sanguinea* и *C. submollis*, что говорит о более низкой концентрации липофильных веществ в пробе (рис.).

Таблица 1. Характеристика места заготовки исследуемых видов растительного сырья

Исследуемые виды	Район заготовки	Характеристика местообитания и климатических условий
<i>C. sanguinea</i> <i>C. submollis</i>	Уфимский район, Республика Башкортостан Уфа (коллекционный участок ФГБОУ ВО БГМУ Минздрава России, ОСП ФГБНУ УФИЦ РАН Южно-Уральский ботанический сад-институт)	2016 г. определяли как самый теплый (5.1 °С) и среднеувлажненный (507 мм) исследуемый период 2017 г. определяли как теплый (4.1 °С) и сильно увлажненный (740 мм) период 2018 г. определяли как прохладный (3.4 °С) ниже нормы (3.8 °С) и увлажненный (461 мм) период
<i>C. almaatensis</i>	Алайский район Ошской области, Кыргызская Республика	2016 г. определяли как теплый (12.6 °С) и сильно увлажненный (710 мм) исследуемый период 2017 г. определяли как самый теплый (13.0 °С) исследуемый и среднеувлажненный (409 мм) период 2018 г. определяли как теплый (11.3 °С) и малоувлажненный (377 мм) период

Таблица 2. Экспериментальные данные показателей влажности исследуемого растительного сырья

Исследуемые виды	Влажность, %
<i>C. sanguinea</i>	3.89±0.15
<i>C. submollis</i>	4.35±0.21
<i>C. almaatensis</i>	5.94±0.25

Таблица 3. Выход липофильной фракции побегов боярышников (n=5)

Вид боярышника	Масса липофильной фракции, г	Выход липофильной фракции (на а.с.с.), %
<i>C. sanguinea</i>	0.15±0.01	3.12±0.015
<i>C. submollis</i>	0.13±0.01	2.72±0.014
<i>C. almaatensis</i>	0.12±0.01	2.55±0.013

Примечание. Масса исходной навески 5.0 г.

Таблица 4. Идентифицированные компоненты липофильных фракций побегов исследованных видов рода *Crataegus* L.

№ п/п	Соединение	Время удерживания, мин.	Содержание компонентов в пробе, %		
			<i>C. sanguinea</i>	<i>C. submollis</i>	<i>C. almaatensis</i>
1.	2,3-Дигидробензофуран	4.772	1.20	1.76	0.76
2.	Пирокатехин	4.792	0.34	0.23	0.32
3.	Гидрохинон	4.821	1.56		
4.	2(4Н)-бензофуранон	4.834	0.65		
5.	5-(гидрокси-метил)-2-фуранкарбоксияльдегид	5.096		1.44	
6.	2-Гидрокси-3-метилбензальдегид	7.130		1.69	
7.	Стеариновая кислота	7.84	2.74	0.63	
8.	Хинная кислота	8.634	2.54	9.71	4.56
9.	Бегеновая кислота	8.927	7.32		
10.	2,3-Дигидро-3,5-дигидрокси-6-метил 4Н-пирран-4-он	9.845		5.78	1.21
11.	Бензойная кислота	10.145			1.16
12.	Лигноцереновая кислота	10.533	2.12		
13.	Терпинен	10.927			0.56
14.	Пальмитиновая кислота	11.058	1.98	3.45	0.38
15.	<i>n</i> -Генейкозан	11.953	2.57	0.47	
16.	Фитол	12.068	1.67	1.33	1.25
17.	Линоленовая кислота	12.225	1.76	3.50	1.98
18.	2-Метокси-4-винилфенол	12.763			2.88
19.	Арахидоновая кислота	12.978	11.24		
20.	<i>n</i> -Эйкозан	12.792	0.99	0.36	7.31
21.	<i>n</i> -Трикозан	13.134	1.23	0.75	
22.	Анисовая кислота	14.216			0.56
23.	Гексадекан	14.219			1.29
24.	<i>n</i> -Гептакозан	14.225	0.78	0.47	
25.	Нонадекан	15.121			0.45
26.	<i>n</i> -Тритетраконтан	15.563		1.17	
27.	Гексатетраконтан	16.567			2.13
28.	Этиловый эфир пальмитиновой кислоты	18.664	5.71		1.78
29.	Линолевая кислота	19.453	7.61	6.63	
30.	Олеиновая кислота	20.358	3.66		
31.	Линолеиловый спирт	21.528	1.58		
32.	δ-Ситостерол	21.692	5.87	7.64	6.79
33.	Неролидола эпоксиацетат	23.327			1.11
34.	Фталевая кислота	23.509	4.8		

Компонентный состав высших жирных кислот и их производных в липофильной фракции побегов *C. sanguinea* представлен наиболее широко – 9 кислот, в побегах *C. submollis* – 4 кислоты, в побегах *C. almaatensis* – 2 кислоты. При сравнении компонентного состава установлено, что все изучаемые виды содержат в составе жирные кислоты – пальмитиновую и линоленовую, дитерпеновые соединения (фитол) и фитостерины (δ -ситостерол), насыщенные углеводороды (эйкозан), фенолы (пирокатехин), производные бензофурана (дигидробензофуран) и хинную кислоту. Присутствие пирокатехина и гидрохинона может обуславливать антиоксидантные свойства препаратов из сырья боярышников [24]. Наличие δ -ситостерола и непредельных жирных кислот (линоленовая кислота) в исследуемых видах боярышников указывает на возможное гипохолестеринемическое действие препаратов из липофильной фракции боярышников. Также у фитостеринов установлены иммунотропные свойства [25–27].

При сопоставлении полученных данных оказалось, что общими для всех трех видов боярышников являются 8 соединений. Наиболее близки по составу оказались липофильные фракции побегов *C. sanguinea* и *C. submollis* (совпадения наблюдались по 14 соединениям). Эти виды близки и по количественному содержанию веществ в пробах (табл. 4, рис.). Поэтому мы можем предположить, что данные виды могут быть близки и по фармакологическим свойствам. Также, на наш взгляд, интересен тот факт, что липофильные фракции побегов *C. submollis* и *C. almaatensis* содержат соединение – 3,5-дигидрокси-6-метил-2,3-дигидро-4Нпиран-4-он, который был выделен из авраны лекарственной и обладает противоопухолевым и иммуномодулирующим действием [28].

Выводы

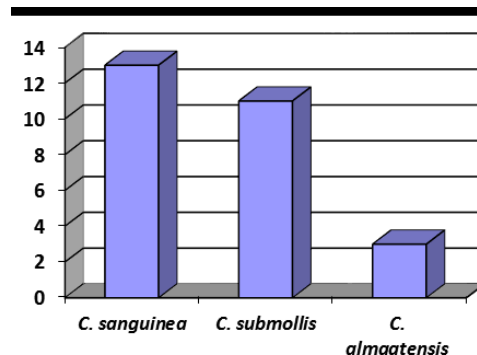
Методом газовой хроматографии масс-спектрометрии изучены липофильные фракции побегов *C. sanguinea*, *C. submollis* и *C. almaatensis*, полученные с использованием петролейного эфира. В составе липофильных фракций идентифицировано 36 соединений, относящиеся к насыщенным углеводородам, высшим жирным кислотам, фенольным соединениям, дитерпенам и стеринам, присутствие которых может обуславливать фармакологические свойства побегов боярышников. На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы:

1. Наиболее богатым по количественному содержанию липофильных веществ среди трех изученных видов боярышников является *C. sanguinea*.
2. Более близки по липофильному составу оказались побеги *C. sanguinea* и *C. submollis*.
3. Исходя из качественного состава липофильных фракций можно предположить, что за счет липофильных соединений препараты на основе данных видов *Crataegus* L. могут обладать гипохолестеринемическим, антиоксидантным, иммуномодулирующим действием.

Проведенные исследования расширяют сведения о химическом составе исследуемых видов рода *Crataegus* L. и могут быть использованы при разработке отечественного эффективного лекарственного растительного средства на их основе с гипополипидемическим действием.

Список литературы

1. Бубенчикова В.Н., Кондратова Ю.А. Изучение пектиновых веществ травы шалфея поникающего (*Salvia nutans* L.) // Университетская наука: теория, практика, инновации: сборник трудов 74-й научной конференции КГМУ, сессия Центрально-Черноземного научного центра РАМН и отделения РАЕН: в 3 т. Курск, 2009. Т. 2. С. 204–206.
2. Гончаров Н.Ф. Гидроксикоричные кислоты *Crataegus chlorocarpa* Lenneet C. Koch., *Crataegus rotundifolia* Medic. // Кубанский научный медицинский вестник. 2009. №3. С. 42–43.
3. Даргаева Т.Д., Сайбель О.П., Мартынов А.М., Чупарина Е.В. Изучение фенольных соединений и элементного состава травы фиалки двуцветковой (*Viola biflora* L.), произрастающей в Восточной Сибири // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2009. №4. С. 58–60.
4. Куркин В.А., Кулагин О.Л., Додонов Н.С., Царева А.А., Авдеева Е.В., Барабаш С.В., Ляшенко М.В., Куркина А.В., Дремова Е.А., Сатдарова Ф.Ш., Рыжов В.М. Антиоксидантная активность некоторых тонизирующих и гепатопротекторных фитопрепаратов, содержащих флавоноиды и фенилпропаноиды // Растительные ресурсы. 2008. Т. 44, вып. 1. С. 122–129.



Средняя интенсивность сигналов липофильных веществ в побегах *C. sanguinea*, *C. submollis* и *C. almaatensis*

5. Сазонова Т.Г. Антиоксиданты и прооксиданты: две стороны одного целого. Часть 1 // Профилактика today. 2007. №9. С. 18–23.
6. Коростелев С.А. Фармакология и механизм антиканцерогенного действия каротиноидов: дисс. ... доктора мед. наук. М., 2002. 311 с.
7. Сергеев А.В., Коростелев С.А., Шашкина М.Я., Болиева Л.З. Проблемы и перспективы создания средств химиопрофилактики рака // Экспериментальная онкология на рубеже веков / под ред. М.И. Давыдова, А.Ю. Барышникова. М., 2003. С. 377–398.
8. Шашкина М.Я., Шашкин П.Н., Сергеев А.В. Роль каротиноидов в профилактике наиболее распространенных заболеваний // Российский биотерапевтический журнал. 2010. Т. 9, №2. С. 77–86.
9. Шашкина М. Я., Шашкин П. К., Сергеев А. В. Каротиноиды как основа для создания лечебно-профилактических средств // Российский биотерапевтический журнал. 2009. Т. 8, №4. С. 91–98.
10. Allman M.A., Pena M.M., Pang D. Supplementation with flaxseed oil versus sunflowerseed oil in healthy young men consuming a low fat diet: effects on platelet composition and function // European Journal of Clinical Nutrition. 1995. Vol. 49. Pp. 169–178.
11. Nair S.S., Leitch J. W., Falconer J, Garg M.L. Prevention of cardiac arrhythmia by dietary (n-3) polyunsaturated fatty acids and their mechanism of action // Journal of Nutrition. 1997. Vol. 127, no. 3. Pp. 383–393. DOI: 10.1093/jn/127.3.383.
12. Ипатов О.М., Прозоровская Н.Н., Баранова В.С., Гусева Д.А. Биологическая активность льняного масла как источника омега-3 альфа-линоленовой кислоты // Биомедицинская химия. 2004. Т. 50, №1. С. 25–43.
13. Ito K., Kikuchi S., Yamada M., Torii S., Katagiri M. Effect of the α -linolenic acid enriched diet on atopic dermatitis // The Japanese Journal of Pediatric Allergy and Clinical Immunology. 1992. N6. Pp. 87–91. DOI: 10.3388/jspaci.6.87.
14. Kawasaki M., Toyoda M., Teshima R., Sawada J., Saito Y. Effect of α -Linolenic Acid on the Metabolism of ω -3 and ω -6 Polyunsaturated Fatty Acids and Histamine Release in RBL-2H3 Cells // Biological and Pharmaceutical Bulletin. 1994. N17. Pp. 1321–1325. DOI: 10.1248/bpb.17.1321.
15. Уфимов Р.А. Заметки о роде *Crataegus* L. (Rosaceae) // Новости систематики высших растений. 2013. Т. 44. С. 113–125.
16. Справочно-информационный портал «Погода и климат». URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28722.htm>
17. Определитель растений Средней Азии / под ред. М.Г. Пахомова. Ташкент, 1976. Т. V. 276 с.
18. Определитель высших растений Башкирской АССР. Т. 2. Семейства Brassicaceae-Asteraceae. М., 1989. 375 с.
19. Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. Т. I. 1814 с. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmasorea.php>
20. Ефремов А.А. Метод исчерпывающей гидропародистилляции при получении эфирных масел дикорастущих растений // Успехи современного естествознания. 2013. №7. С. 88–94.
21. Трофимова С.В. Фармакогностическое изучение листьев боярышника кроваво-красного *Crataegus sanguinea* Pall. из флоры Башкортостана: дисс. ... канд. фарм. наук. М., 2014. 161 с.
22. Морозова Т.В. Фармакогностическое исследование некоторых видов рода боярышник (*Crataegus* L.): дисс. ... канд. фарм. наук. Самара, 2019. 159 с.
23. Хасанова С.Р., Кудашкина Н.В., Гусакова В.А. Изучение компонентного состава липофильной фракции побегов боярышника мягковатого, интродуцированного в условиях Республики Башкортостан // Научный и инновационный потенциал развития производства, переработки и применения эфиромасличных и лекарственных растений: материалы Международной научно-практической конференции. Симферополь, 2019. С. 293–296.
24. Журавлева Л.А., Усманова Г.А., Ушкалова В.Н. Кинетические подходы к проблеме тестирования антиоксидантов. С. 4. Антиоксидантные свойства пирокатехина и его производных // Современные проблемы науки и образования. 2009. №3. С. 45–49.
25. Miettinen T.A., Gylling H. Non-nutritive bioactive constituents of plants // Phytosterols. International Journal for Vitamin and Nutrition Research. 2003. Vol. 73, no. 1. Pp. 127–134.
26. Круглякова А.А., Раменская Г.В. Бета-ситостерин: свойства, подходы к количественному определению // Вестник Национального медико-хирургического центра им. Н.И. Пирогова. 2016. Т. 11, №4. С. 35–38.
27. Ипатов О.М., Прозоровская Н.Н., Баранова В.С., Гусева Д.А. Биологическая активность льняного масла как источника омега-3 альфа-линоленовой кислоты // Биомедицинская химия. 2004. Т. 50, №1. С. 25–43.
28. Наволокин Н.А., Мудрак Д.А., Полуконова Н.В., Тычина С.А., Корчаков Н.В., Бучарская А.Б., Маслякова Г.Н. Оценка противоопухолевой и антикахектической активности экстракта аврана лекарственного (*Gratiola officinalis* L.) у крыс с перевитой саркомой 45 // Сибирский онкологический журнал. 2016. Т. 15, №1. С. 37–43.

Поступила в редакцию 5 ноября 2020 г.

После переработки 5 марта 2021 г.

Принята к публикации 9 сентября 2021 г.

Для цитирования: Хасанова С.Р., Кудашкина Н.В., Гусакова В.А., Жалалова Н.К. Сравнительный анализ химического состава липофильных фракций побегов трех видов рода *Crataegus* L. // Химия растительного сырья. 2021. №4. С. 373–380. DOI: 10.14258/jcprm.2021048804.

Khasanova S.R.*, Kudashkina N.V., Gusakova V.A., Jalalova N.K. COMPARATIVE ANALYSIS OF THE CHEMICAL COMPOSITION OF LIPOPHILIC FRACTIONS OF SHOOTS OF THREE SPECIES OF THE GENUS *CRATAEGUS* L.

Bashkir State Medical University of the Ministry of Health of Russia, st. Lenina, 3, Ufa, 450008, (Russia),
e-mail: svet-khasanova@yandex.ru

The article presents research of the chemical composition of lipophilic fractions of shoots *Crataegus sanguinea* Pall. (Rosaceae), *Crataegus submollis* Sarg. (Rosaceae) and *Crataegus almaatensis* Pojark. (Rosaceae). Lipophilic extract is obtained from petroleum ether. The components of the lipophilic fraction were separated and identified by gas chromatography with mass spectrometry. 36 compounds were identified in lipophilic fractions: hydrocarbons, fatty acids, sugars, phenolic compounds, diterpenoids and sterols. Their presence may determine the pharmacological properties of hawthorn shoots. These research expand information about the chemical composition of these hawthorn species and can be used in the development of a new drug.

Keywords: lipophilic substances, hawthorn shoots, gas chromatography, mass spectrum, terpenoids, sterols, fatty acids.

References

1. Bubenchikova V.N., Kondratova YU.A. *Universitetskaya nauka: teoriya, praktika, innovatsii: sbornik trudov 74-y nauchnoy konferentsii KGMU, sessiya Tsentral'no-Chernozemnogo nauchnogo tsentra RAMN i otdeleniya RAYEN: v 3 t.* [University science: theory, practice, innovation: collection of works of the 74th scientific conference of KSMU, session of the Central Black Earth Scientific Center of the Russian Academy of Medical Sciences and the Department of the Russian Academy of Natural Sciences]. In 3 volumes. Kursk, 2009, vol. 2, pp. 204–206. (in Russ.).
2. Goncharov N.F. *Kubanskiy nauchnyy meditsinskiy vestnik*, 2009, no. 3, pp. 42–43. (in Russ.).
3. Dargayeva T.D., Saybel' O.P., Martynov A.M., Chuparina Ye.V. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farmatsevticheskoy khimii*, 2009, no. 4, pp. 58–60. (in Russ.).
4. Kurkin V.A., Kulagin O.L., Dodonov N.S., Tsareva A.A., Avdeyeva Ye.V., Barabash S.V., Lyashenko M.V., Kurkina A.V., Dremova Ye.A., Satdarova F.SH., Ryzhov V.M. *Rastitel'nyye resursy*, 2008, vol. 44, issue 1, pp. 122–129. (in Russ.).
5. Sazonova T.G. *Profilaktika today*, 2007, no. 9, pp. 18–23. (in Russ.).
6. Korostelev S.A. *Farmakologiya i mekhanizm antikantserogenogo deystviya karotinoidov: dissertatsiya doktora meditsinskikh nauk.* [Pharmacology and mechanism of anticarcinogenic action of carotenoids: dissertation of Doctor of Medical Sciences]. Moscow, 2002, 311 p. (in Russ.).
7. Sergeyev A.V., Korostelev S., Shashkina M.YA., Boliyeva L.Z. *Ekspirimental'naya onkologiya na rubezhe vekov.* [Experimental oncology at the turn of the century]. Ed. M.I. Davydov, A.YU. Baryshnikov. Moscow, 2003, pp. 377–398. (in Russ.).
8. Shashkina M.YA., Shashkin P.N., Sergeyev A.V. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal*, 2010, vol. 9, no. 2, pp. 77–86. (in Russ.).
9. Shashkina M.YA., Shashkin P.N., Sergeyev A.V. *Rossiyskiy bioterapevticheskiy zhurnal*, 2009, vol. 8, no. 4, pp. 91–98. (in Russ.).
10. Allman M.A., Pena M.M., Pang D. *European Journal of Clinical Nutrition*, 1995, vol. 49, pp. 169–178.
11. Nair S.S., Leitch J. W., Falconer J, Garg M.L. *Journal of Nutrition*, 1997, vol. 127, no. 3, pp. 383–393. DOI: 10.1093/jn/127.3.383.
12. Ipatova O.M., Prozorovskaya N.N., Baranova V.S., Guseva D.A. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2004, vol. 50, no. 1, pp. 25–43. (in Russ.).
13. Ito K., Kikuchi S., Yamada M., Torii S., Katagiri M. *The Japanese Journal of Pediatric Allergy and Clinical Immunology*, 1992, no. 6, pp. 87–91. DOI: 10.3388/jspaci.6.87.
14. Kawasaki M., Toyoda M., Teshima R., Sawada J., Saito Y. *Biological and Pharmaceutical Bulletin*, 1994, no. 17, pp. 1321–1325. DOI: 10.1248/bpb.17.1321.
15. Ufimov R.A. *Novosti sistematiki vysshikh rasteniy*, 2013, vol. 44, pp. 113–125. (in Russ.).
16. *Spravochno-informatsionnyy portal «Pogoda i klimat».* [Reference and information portal "Weather and Climate"]. URL: <http://www.pogodaiklimat.ru/history/28722.htm>. (in Russ.).
17. *Opredelitel' rasteniy Sredney Azii.* [Keys to plants of Central Asia.]. Ed. M.G. Pakhomov, Tashkent, 1976, vol. V, 276 p. (in Russ.).
18. *Opredelitel' vysshikh rasteniy Bashkirskoy ASSR. T. 2. Semeystva Brassicaceae-Asteraceae.* [Keys to higher plants of the Bashkir ASSR. Vol. 2. Families Brassicaceae-Asteraceae.]. Moscow, 1989, 375 p. (in Russ.).
19. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation]. XIV ed. Vol. 1. 1814 p. URL: <http://www.femb.ru/femb/pharmacopea.php>.
20. Efremov A.A. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2013, no. 7, pp. 88–94. (in Russ.).
21. Trofimova S.V. *Farmakognosticheskoye izucheniye list'yev boyaryshnika krovavo-krasnogo Crataegus sanguinea Pall. iz flory Bashkortostana: diss. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of the leaves of the blood-red hawthorn *Crataegus sanguinea* Pall. from the flora of Bashkortostan: dissertation candidate of pharmaceutical sciences]. Moscow, 2014, 161 p. (in Russ.).
22. Morozova T.V. *Farmakognosticheskoye issledovaniye nekotorykh vidov roda boyaryshnik (Crataegus L.): diss. ... kand. farm. nauk.* [Pharmacognostic study of some species of the genus hawthorn (*Crataegus* L.): Ph.D. thesis in pharmaceutical sciences]. Samara, 2019, 159 p. (in Russ.).

* Corresponding author.

23. Khasanova S.R., Kudashkina N.V., Gusakova V.A. *Nauchnyy i innovatsionnyy potentsial razvitiya proizvodstva, pererabotki i primeneniya efiromaslichnykh i lekarstvennykh rasteniy: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. [Scientific and innovative potential for the development of production, processing and use of essential oil and medicinal plants: Materials of the International Scientific and Practical Conference]. Simferopol, 2019, pp. 293–296. (in Russ.).
24. Zhuravleva L.A., Usmanova G.A., Ushkalova V.N. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya*, 2009, no. 3, pp. 45–49. (in Russ.).
25. Miettinen T.A., Gylling H. *Phytosterols. International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 2003, vol. 73, no. 1, pp. 127–134.
26. Kruglyakova A.A., Ramenskaya G.V. *Vestnik Natsional'nogo mediko-khirurgicheskogo Tsentra im. N.I. Pirogova*, 2016, vol. 11, no. 4, pp. 35–38. (in Russ.).
27. Ipatova O.M., Prozorovskaya N.N., Baranova V.S., Guseva D.A. *Biomeditsinskaya khimiya*, 2004, vol. 50, no. 1, pp. 25–43. (in Russ.).
28. Navolokin N.A., Mudrak D.A., Polukonova N.V., Tychina S.A., Korchakov N.V., Bucharskaya A.B., Maslyakova G.N. *Sibirskiy onkologicheskii zhurnal*, 2016, vol. 15, no. 1, pp. 37–43.

Received November 5, 2020

Revised March 5, 2021

Accepted September 9, 2021

For citing: Khasanova S.R., Kudashkina N.V., Gusakova V.A., Jalalova N.K. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 373–380. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021048804.