

УДК 581.6:581.19

КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ И БИОЛОГИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ *CRATAEGUS PINNATIFIDA* (ROSACEAE) (ОБЗОР)

© А.Л. Буданцев*, Л.М. Беленовская, Н.В. Битюкова

Ботанический институт им. В.Л. Комарова РАН (БИН РАН), ул. Профессора
Попова, 2, Санкт-Петербург, 197376 (Россия)

Представлены сведения о разнообразии состава терпеноидов, фенольных соединений (фенилпропаноидов, лигнанов, флавоноидов) и других групп вторичных метаболитов *Crataegus pinnatifida*, опубликованные в мировой литературе за последние десятилетия. Для новых компонентов, впервые выделенных из *C. pinnatifida*, указаны также структурные формулы. Среди новых терпеноидов листьев, плодов и семян *C. pinnatifida* преобладают моно- и сесквитерпеновые гликозиды (шаниезиды, пиннатифиданозиды и др.), а также тритерпеновые кислоты олеананового ряда. Из числа фенольных соединений в листьях и семенах обнаружены новые бифениловые гликозиды (шаниенозиды), производные коричневого альдегида (кратегусоиды), кратегусаноиды и другие финилпропаноиды. Наиболее разнообразно в различных частях *C. pinnatifida*, особенно в семенах, представлены лигнаны различных типов структуры, в частности сесквилигнановые гликозиды, а также неолигнаны (пиннатифиданины, пиннатифиданизиды, неолигнаны дибензофуранового ряда и др. вещества). Кроме этих групп в листьях, цветках, плодах и семенах обнаружены новые флавоноиды, флаванокумарины и нафтохиноны. Приведены результаты фармакологических исследований, показавших наличие цитотоксической, противовоспалительной, антиоксидантной, противодиабетической, гипохолестеринемической, тромболитической, нейропротективной, антибактериальной и других видов биологической активности, обнаруженной у экстрактов, их фракций, а также индивидуальных соединений различных органов и частей *C. pinnatifida*.

Ключевые слова: *Crataegus pinnatifida*, терпеноиды, фенилпропаноиды, флавоноиды, лигнаны, неолигнаны, цитотоксическая, противовоспалительная, нейропротективная, гипогликемическая активность.

Исследование выполнено в рамках реализации фундаментальных научных исследований по приоритетным направлениям, определенным Президиумом РАН (проект «Биоразнообразие природных систем и биологические ресурсы России», тема «Ресурсный потенциал растений и грибов России»).

Введение

Боярышники (*Crataegus* L.) представляют собой листопадные деревья или высокие кустарники с колючими, как правило, побегами и простыми, часто перистолопастными или перисторассеченными, листьями. Цветки собраны в щитковидные или зонтиковидные соцветия. Плоды (яблокообразные костянки) шаровидные, грушевидные от желтых до черных. Этот род насчитывает более 250 видов (а с учетом апомиктных рас – до 1500), распространенных в Голарктике и в горах северной части тропиков в Центральной Америке и Южной Азии. Особенно разнообразны боярышники в Северной Америке, для флоры которой приводится 169 видов. В России произрастает свыше 60 видов, при этом для европейской части приводится свыше 50 видов, половина из которых культивируется в населенных пунктах, в садах и парках. На Дальнем Востоке встречается всего 5 видов, из которых два распространены также и в Сибири [1–5].

C. pinnatifida Bunge (б. перистонадрезанный, глет, глот, Chinese hawthorn, Shan-Zha), который отличается от других отечественных видов б.м. глубоко 5–9-перистораздельными листьями, в диком виде в России распространен в Приморье и Приамурье, а за ее пределами – в Китае и в Корее. Произрастает этот вид, как и большинство других видов рода, на лесных полянах, опушках, каменистых и мелкоземистых склонах, по долинам рек, среди кустарников. Внутри и за пределами естественного ареала *C. pinnatifida* культивируется во многих странах, в том числе и в Европейской России [1, 4, 6].

Буданцев Андрей Львович – заведующий лабораторией растительных ресурсов, доктор биологических наук, профессор, e-mail: budantsev@binran.ru

Беленовская Лидия Марковна – ведущий научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, кандидат химических наук, e-mail: belenovskaya40@mail.ru

Битюкова Наталья Валентиновна – младший научный сотрудник лаборатории растительных ресурсов, e-mail: NBityukova@binran.ru

* Автор, с которым следует вести переписку.

Некоторые виды рода *Crataegus* принадлежат к лекарственным растениям. В странах Европы и в Азии настойки плодов и цветков боярышников (*C. sanguinea* Pall., *C. laevigata* (Poir.) DC. и др.) широко используются в качестве кардиотонического средства [7–9]. Плоды *C. pinnatifida* в восточной медицине используются при язвенной болезни желудка, а также для улучшения пищеварения, гипертонической болезни и заболеваниях сосудов [10, 11]. В Китае плоды *C. pinnatifida* наряду с листьями являются официальным сырьем и показаны для стимуляции пищеварения, улучшения функции желудка, а отвар листьев – для улучшения циркуляции крови [12]. Помимо типичного *C. pinnatifida*, в Китае довольно часто используется и исследуется его разновидность *var. major* N. E. Brown культурного происхождения с более крупными (до 2.5 см в диаметре) плодами*.

Спектр терапевтического действия различных фракций плодов, цветков и листьев *C. pinnatifida*, а также отдельных его химических компонентов, выявленный в результате фармакологических исследований, оказался гораздо более широким, о чем свидетельствуют как недавно опубликованные обзоры [9, 25–27], так и предлагаемый обзор.

Химические компоненты *C. pinnatifida*

Предварительные фитохимические исследования *C. pinnatifida* привели к выделению разнообразных вторичных метаболитов, в числе которых моно- и тритерпеноиды [28–32], флавоноиды [33, 34] и другие структурные группы соединений [35, 36]. В дальнейшем оказалось, что среди терпеноидов, фенолпропаноидов, лигнанов, флавоноидов, нафтохинонов, а также гликозидов алифатических спиртов, оказалось немало новых компонентов, впервые выделенных из б. перистонадрезанного (табл. 1, 3, рис. 1–3).

Таблица 1. Новые терпеноиды *Crataegus pinnatifida*

№	Название	Структурная формула	Часть растения	Литературные источники
1	2	3	4	5
1	(3 <i>S</i> ,5 <i>R</i> ,6 <i>R</i> ,7 <i>E</i> ,9 <i>R</i>)-3,6-эпокси-7-мегастигмен-5,9-диол-9- <i>O</i> -β-D-глюкопиранозид		Листья	37
2	Шаниегенин В		Листья	38
3	Шаниезид В		Листья	38
4	Шаниезид С		Листья	38
5	Шаниезид D		Листья	38
6	Пиннатифиданоид А		Листья	39
7	Пиннатифиданозид А		Листья	40

* Сведения о биологической активности *C. pinnatifida var. major* приведены в ряде работ [13–24].

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5
8	Пиннатифиданозид В		Листья	40
9	Пиннатифиданозид С		Листья	40
10	Пиннатифиданозид D		Листья	40
11	(1 α ,4 $\alpha\beta$,8 $\alpha\alpha$)-1-Изопропанол-4а-метил-8-метилендекагидронафталин		Семена	41
12	Норхаугорноид А		Листья	42
13	Норхаугорноид В		Листья	42
14	Пиннатифиданозид F		Листья	42
15	Пиннатифиданозид G		Листья	42
16	3 β ,6 β ,18 β -Тригидроксиолеан-12-ен-28-овая кислота		Плоды	43
17	3 β ,6 β ,18 β ,23-Тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая кислота			
18	2 α ,3 β ,6 β ,18 β -Тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая кислота			
19	2 α ,3 β ,6 β ,18 β ,23-Пентагидроксиолеан-12-ен-28-овая кислота			

Терпеноиды

В 2010 г. из листьев *C. pinnatifida* был выделен новый монотерпеновый гликозид, структура которого была установлена как (3*S*,5*R*,6*R*,7*E*,9*R*)-3,6-эпокси-7-мегастигмен-5,9-диол-9-*O*- β -D-глюкопиранозид (табл. 1, 1) [37]. Позднее там же были обнаружены 4 новых терпеноида, в их числе сесквитерпеноид шаниегенин В (2), его гликозид шаниезид В (3) и два других монотерпеновых гликозида, названных шаниезидами С и D (4, 5) [38]. При дальнейшем химическом исследовании вторичных метаболитов экстракта листьев впервые как природный продукт был выделен монотерпен (3*S**,5*R**,6*S**,9*S**)-6-9-эпоксидиол, названный пиннатифиданоидом А (6) [39].

Фракционирование экстракта листьев, направленное на поиск биологически активных компонентов, привело к выделению новых монотерпеновых гликозидов – пиннатифиданозидов А-D (7-10) [40]. Исследование семян *C. pinnatifida* привело к обнаружению нового сесквитерпена, для которого на основании данных ЯМР-спектроскопии была установлена структура (1 α ,4 α ,8 α)-1-изопропанол-4 α -метил-8-метилендекагидро-нафталина (11) [41].

Известные монотерпеноиды, обнаруженные в *C. pinnatifida*, представлены в таблице 2.

В одном из последних исследований листьев б. перистонадрезанного были выделены два новых сесквитерпеновых гликозида – пиннатифиданозиды F (12) и G (13) и два новых нордистерпеноидных гликозида с уникальным углеродным скелетом, названные норхауторноидами А и В (14, 15) [42].

Среди новых тритерпеноидов в плодах *C. pinnatifida* были обнаружены кислоты олеананового ряда. В их числе 3 β ,6 β ,18 β -тригидроксиолеан-12-ен-28-овая (16), 3 β ,6 β ,18 β ,23-тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая (17), 2 α ,3 β ,6 β ,18 β -тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая (18) и 2 α ,3 β ,6 β ,18 β ,23-пентагидроксиолеан-12-ен-28-овая (19) кислоты [43].

Что касается известных ранее тритерпеноидов, найденных в разных частях этого вида, то большая часть из них относятся к тетра- и пентациклическим тритерпеновым кислотам урсанового и олеананового типа структуры. Так, урсоловая и 3-оксоурсоловая кислоты были обнаружены в листьях, плодах и семенах [29, 32, 45–47], 2 α ,3 β ,19 α -тригидроксиурсоловая и 18,19-секо-2 α ,3 β -дигидрокси-19-оксо-урс-11,13(18)-диен-28-овая кислоты, а также уваол выделены из листьев [44], а урс-12-ен-3 β ,28-диол, бетулин, коросолювая и эускафовая кислоты – из плодов [23, 29, 32, 48, 49]. В плодах также найдены маслиновая и олеаноловая кислоты [46], последняя была обнаружена и в семенах [29, 32, 47]. В более поздних исследованиях тритерпеноидов плодов были идентифицированы другие кислоты олеананового и урсанового типов: 2 α ,3 β -дигидроксиолеан-12-ен-28-овая, 3 β ,23-дигидроксиолеан-12-ен-28-овая, 2 α ,3 β ,23-тригидроксиолеан-12-ен-28-овая, 3 β ,19 α -дигидроксиолеан-12-ен-28-овая, 2 α ,3 β ,19 α -тригидроксиолеан-12-ен-28-овая, 3 β ,19 α ,23-тригидроксиолеан-12-ен-28-овая, 2 α ,3 β ,19 α ,23-тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая, 2 α ,3 β -дигидроксиурс-12-ен-28-овая и 2 α ,3 β ,6 β -тригидроксиурс-12-ен-28-овая кислоты [43, 50].

Таблица 2. Известные монотерпеноиды, обнаруженные в *Crataegus pinnatifida*

Названия	Часть растения	Литературные источники
α -терпинеол, цитраль, лимонен	Плоды	30
3 β -глюкопиранозилокси- β -ионон, линарионозид А, линарионозид В, икаризид В6, пизумионозид, (3S,5R,6R,7E,9R)-3,6-эпокси-7-мегастигмен-5,9-диол-9-О- β -D-глюкопиранозид, (6S,7E,9R)-розеозид, (6R,9R)-3-оксо- α -ионол-9-О- β -D-глюкопиранозид, вербаскозид	Листья	37
3,9-дигидрокси-мегастигман-5-ен, (3S,5R,6R,7E)-мегастигман-7-ен-3-гидрокси-5,6-эпокси-9-О- β -D-глюкопиранозид, (3S,5R,6R,7E,9R)-3,6-эпокси-7-мегастигмен-5,9-диол-9-О- β -D-глюкопиранозид	Листья	44
(3R,5S,6S,7E,9S)-мегастигман-7-ен-3,5,6,9-тетрол, (3R,5S,6S,7E,9S)-мегастигман-7-ен-3,5,6,9-тетрол-9-О- β -D-глюкопиранозид, (6S,7E,9R)-6,9-дигидрокси-4,7-мегастигмадиен-3-он-9-О-[β -D-ксилопиранозил-(1'' \rightarrow 6'')- β -D-глюкопиранозид], линарионозид С, (3S,9R)-3,9-дигидрокси-мегастигман-5-ен-3-О-примверозид	Листья	38
3-гидрокси- β -дамаскон, 9-гидрокси-4,7-мегастигмен-3-он, 3-оксо- α -ионон, (+)-дегидровомеофолиол, 6-гидрокси-3-оксо- α -ионол, 9-гидрокси-5,7-мегастигмадиен-4-он, 3-гидроксимегастигм-5-ен-9-он, (4S*,2R*)-4-гидрокси-4,8,8-триметил-9-оксабицикло[4.2.1]-нон-1-ен-3-он, 4-гидрокси-2,3-диметил-2-нонен-4-олид	Листья	39
Бизантионозид В, (3S,5R,6R,7E,9R)-3,6-эпокси-7-мегастигмен-5,9-диол-9-О- β -D-глюкопиранозид, (6S,7Z,9R)-розеозид, β -D-глюкопиранозид оксида линалоола	Листья	40

Фенольные соединения

Простые фенолы и фенилпропаноиды. Фенольные соединения разнообразной структуры обнаружены в значительных количествах в плодах, листьях, коре и цветках *C. pinnatifida*.

Простые фенолы – флороглюцин, пирогаллол и известные фенольные кислоты протокатеховая, галловая, *n*-гидроксibenзойная и кофейная были найдены в плодах и цветках. Компонентами листьев являются *n*-гидросифенилпропионовая и *транс-n*-гидроксикоричная кислоты, а также гликозид вербаскозид [37, 44, 46, 47, 51–53].

К известным фенилпропаноидам семян *C. pinnatifida* относятся дегидродиконифероловый спирт, 7,8-*трео*-1-О-метил-гвайацилглицерин, 7,8-*эрипто*-1-О-метил-гвайацилглицерин, 7,8-*трео*-7-метоксисирингилглицерин, 8-*эрипто*-1-О-метил-гвайацилглицерин, 7,8-*трео*-7-метоксисирингилглицерин, 3-гидрокси-1-

(4-гидрокси-3-метоксифенил)-пропан-1-он, 2,3-дигидрокси-1-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-пропан-1-он, *трео*-2,3-бис-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-этоксипропан-1-ол, *эритро*-2,3-бис-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-этоксипропан-1-ол, *трео*-2,3-бис-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-метоксипропанол и *эритро*-2,3-бис-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-метоксипропанол [41, 54]. В листьях был обнаружен выделенный ранее бифениловый гликозид – шаниенозид А [55].

Новыми фенольными соединениями (рис. 1) листьев являются метил-4-*O*- β -D-глюкопиранозил-3-[(*2E*, *6E*)-8-*O*- β -D-глюкопиранозил-3,7-диметил-2,6-октадиенил]бензоат (шаниенозид Е) (**20**), бифениловые гликозиды: бифенил-5-ол-3-*O*- β -D-глюкозид (шаниенозид F) (**21**), 3,4'-диметокси-бифенил-5-ол-4-*O*- β -D-глюкозид (шаниенозид G) (**22**) и (*E*)-6-(бензоилокси)-1-гидроксигекс-3-ен-2-*O*- β -D-глюкозид (шаниенозид H) (**23**) [55]. Из плодов был выделен новый фенольный гликозид пиннатифиданозид Е (**24**) [40].

Новыми фенолпропаноидами семян оказались 7,8-*эритро*-7-метоксисирингилглицерол (рис. 2, **25**) и *трео*-2-(4-гидрокси-3,5-диметоксифенил)-3-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-этоксипропан-1-ол (**26**) [41, 54]. А из плодов впервые были выделены фенолпропаноиды, названные кратегусоидами А-Е. Структура кратегусоида А была установлена как (*E*)-4-[(3-метокси-3'-этокси-1'-ен-2'-ил)окси]-3-метокси-коричный альдегид. Он был разделен на два энантиомера: (3'*R*) и (3'*S*), которые были названы (–)-кратегусоидом А (**27**) и (+)-кратегусоидом А (**28**) соответственно. Кратегусоиды В-Д (**29–31**) также являются производными коричневого альдегида. Кратегусоид Е был разделен на два оптических изомера (–)-кратегусоид Е и (+)-кратегусоид Е (**32**, **33**), абсолютные конфигурации которых были установлены как *7S*- и *7R*- соответственно. Помимо этих компонентов, в плодах было обнаружено соединение, которое было идентифицировано как 4-[(*E*)-3-бутоксипроп-1-енил]-2-метоксифенол и названо кратегусоидом F (**34**) [56].

Продолжение исследований состава плодов этим коллективом авторов привело к выделению десяти не описанных ранее фенолпропаноидных производных, включая 4 пары энантиомеров. Новые соединения, названные кратегусаноидами А-Д, содержат одну и ту же 1,2-фенилпропаноидную часть и отличаются лишь функциональными заместителями в диоксановой половине. Особый интерес в этих структурах представляет циклизация оксигенированных групп при С-7 и С-9, которая образует основу уникальной (*E*)-2-стирил-1,3-диоксановой половины, редко встречающейся в природе. Выделенные соединения являлись рацемическими смесями и были разделены на энантиомеры: (*7S,8S,7''S*)- и (*7R,8R,7''R*)- и были названы (+)-кратегусаноидом А (**35**) и (–)-кратегусаноидом А (**36**). Кратегусаноид В оказался смесью энантиомеров: (*7S,8S,9''S*)- и (*7R,8R,9''R*) – (+)-кратегусаноида В (**37**) и (–)-кратегусаноида В (**38**) соответственно. Аналогичным образом были получены энантиомеры кратегусаноида С, абсолютные конфигурации которых были определены как (*S,S*) и (*R,R*) и названы как (+)-кратегусаноид С (**39**) и (–)-кратегусаноид С (**40**). Такие же конфигурации соединений были установлены для кратегусаноида D: (+)-кратегусаноид D (**41**) (–)-кратегусаноид D (**42**) [57].

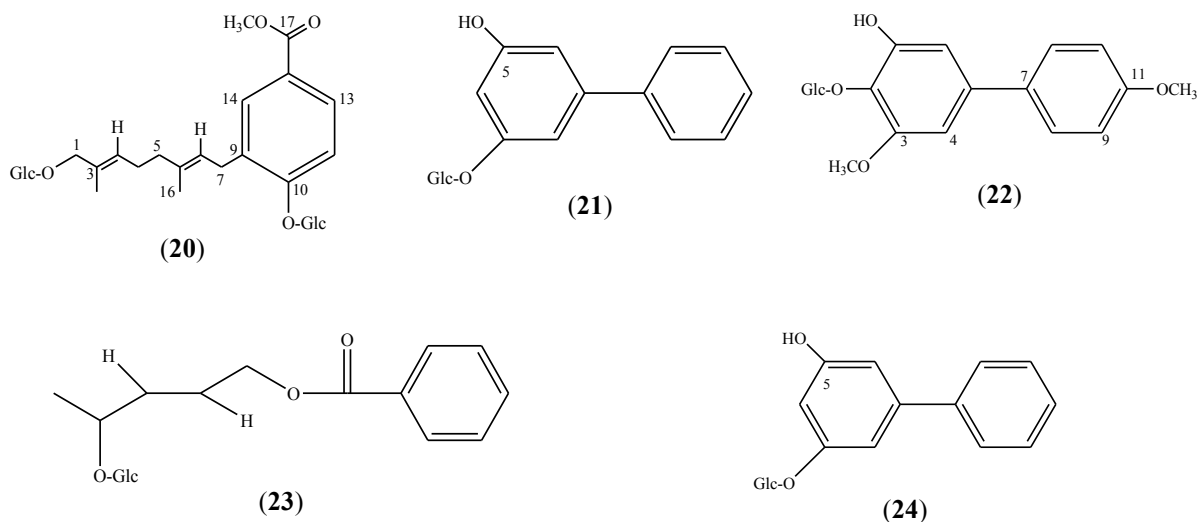


Рис. 1. Новые фенольные соединения из *Crataegus pinnatifida*. **20** – шаниенозид Е; **21** – шаниенозид F; **22** – шаниенозид G; **23** – шаниенозид H; **24** – пиннатифиданозид Е

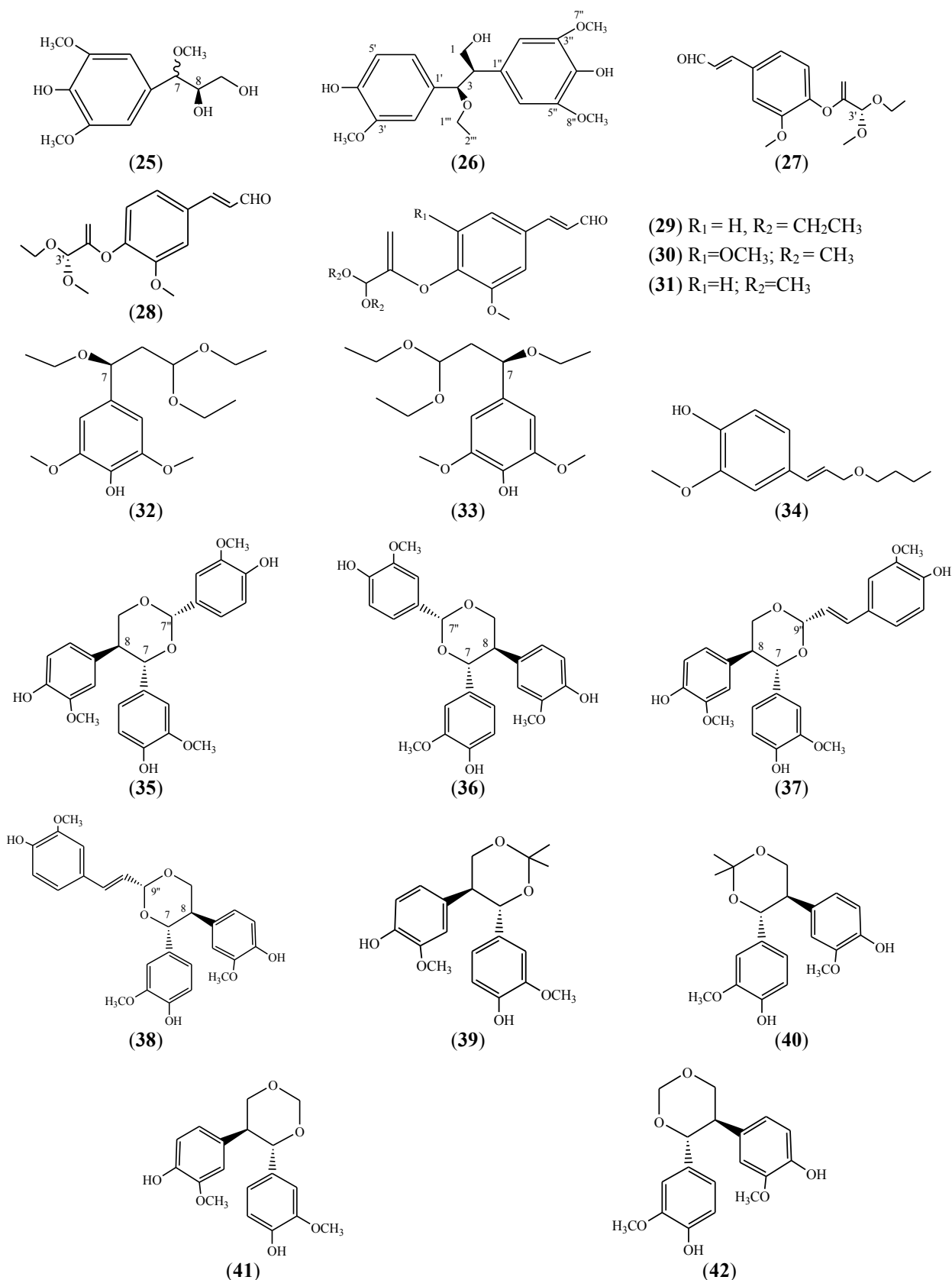


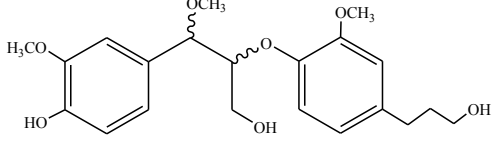
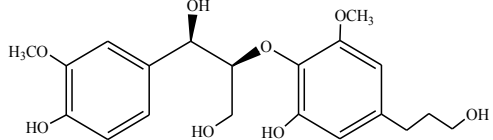
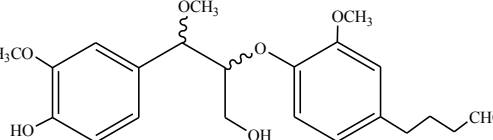
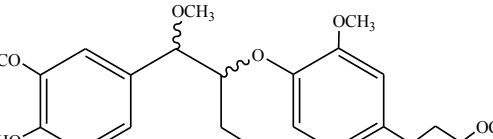
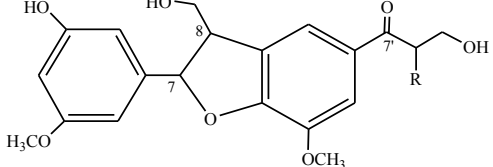
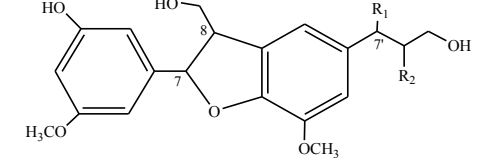
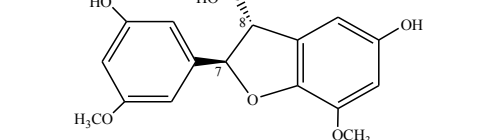
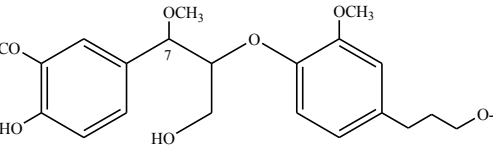
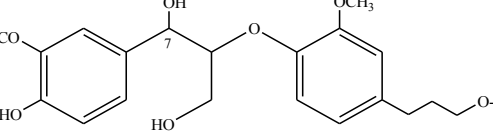
Рис. 2. Новые фенилпропаноиды *Crataegus pinnatifida*. **25** – 7,8-эрипто-7-Метоксисирингилглицерол; **26** – *трео*-2-(4-гидрокси-3,5-диметоксифенил)-3-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-этоксипропан-1-ол; **27** – 3'*R*-(-)-кратегусоид А; **28** – (+)-кратегусоид А; **29** – кратегусоид В; **30** – кратегусоид С; **31** – кратегусоид D; **32** – (-)-кратегусоид Е; **33** – (+)-кратегусоид Е; **34** – кратегусоид F; **35** – (+)-кратегусаноид А; **36** – (-)-кратегусаноид А; **37** – (+)-кратегусаноид В; **38** – (-)-кратегусаноид В; **39** – (+)-кратегусаноид С; **40** – (-)-кратегусаноид С; **41** – (+)-кратегусаноид D; **42** – (-)-кратегусаноид D

Наряду с новыми соединениями в плодах были обнаружены известные фенолпропаноиды: дигидросинапиловый спирт, дигидроконифероловый спирт, эуофолин В, пропиосирингон, ω -гидроксипропиогвайакон, 3-гидрокси-1-(4-гидрокси-3,5-диметоксифенил)пропан-1-он, 2-[4-(3-гидроксипропил)-2-метоксифенокси]-1,3-пропандиол и 3-(3,4,5-триметоксифенил)-пропан-1-ол [57].

Лигнаны и неолигнаны. Одной из наиболее многочисленных групп компонентов *C. pinnatifida* являются соединения лигнанового типа структуры (табл. 3). В 2010 г. в листьях был обнаружен новый секвилгнановый гликозид ацерникол-4''-*O*- β -D-глюкопиранозид (**43**) и новый сесквилигнан, названный пиннатифиданином А (**44**) [37, 39].

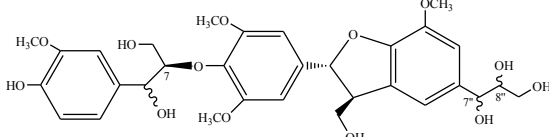
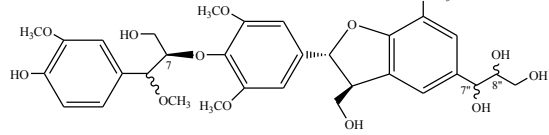
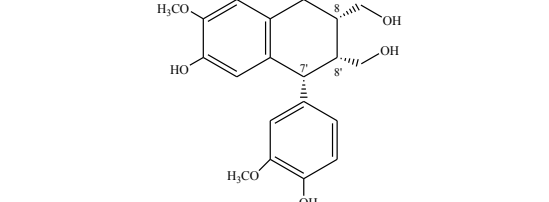
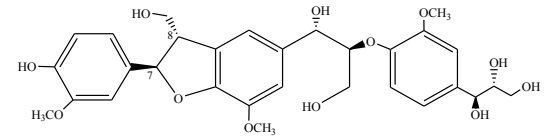
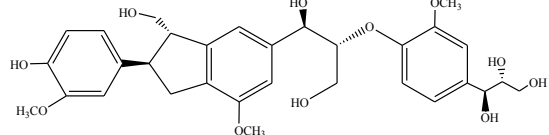
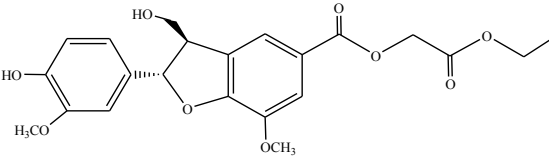
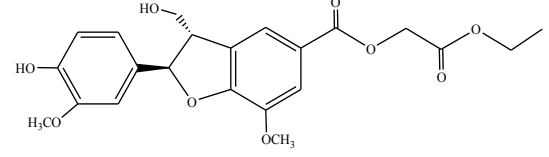
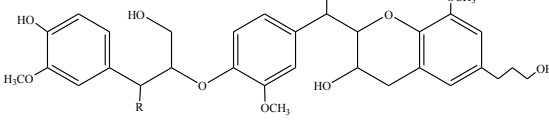
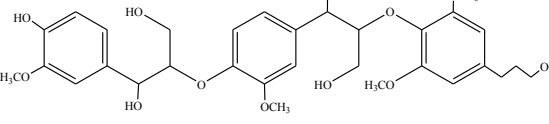
Таблица 3. Новые лигнаны *Crataegus pinnatifida*

№	Название	Структурная формула	Часть растения	Литературные источники
1	2	3	4	5
43	Ацерникол-4''- <i>O</i> - β -D-глюкопиранозид		Листья	37
44	Пиннатифиданин А		Листья	39
45	(7 <i>S</i> ,8 <i>S</i>)-4-[2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-(гидрокси-метил)этокси]-3,5-диметоксифензальдегид		Семена	58
46	Пиннатифиданин А I		Семена	54
47	Пиннатифиданин В I		Семена	59
48	Пиннатифиданин В II	$R_1 = \text{OCH}_3; R_2 = \text{H}; R_3 = \text{OH}; \textit{erythro-7S,8R}$	Семена	59
49	Пиннатифиданин В III	$R_1 = \text{OCH}_2\text{CH}_3; R_2 = R_3 = \text{OH}; \textit{erythro-7S,8R}$	Семена	59
50	Пиннатифиданин В IV	$R_1 = \text{OCH}_2\text{CH}_3; R_2 = \text{OH}; R_3 = \text{H}; \textit{erythro-7R,8S}$	Семена	59

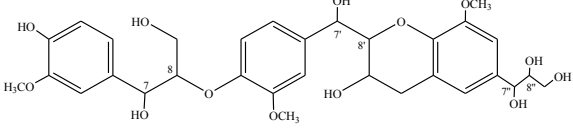
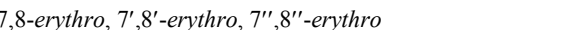
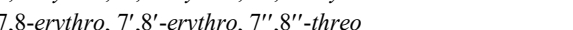
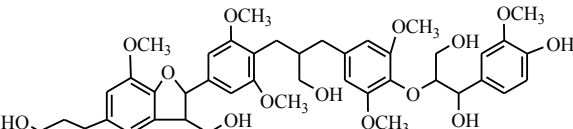
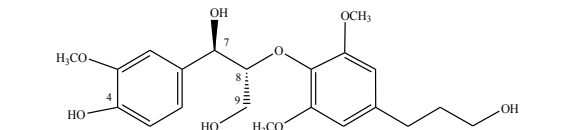
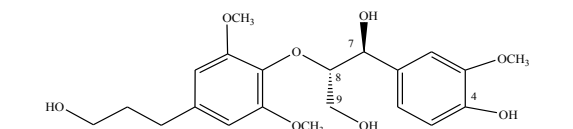
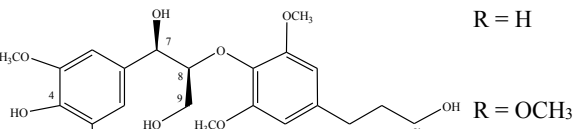
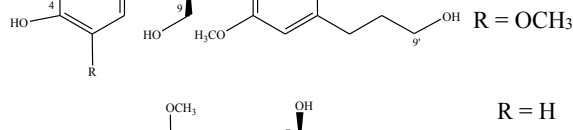
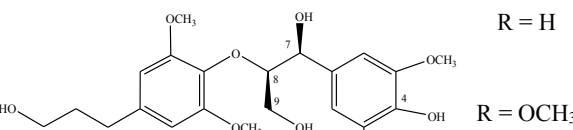
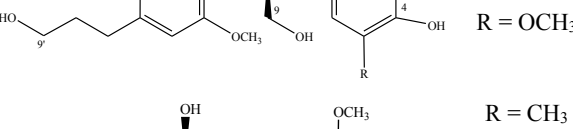
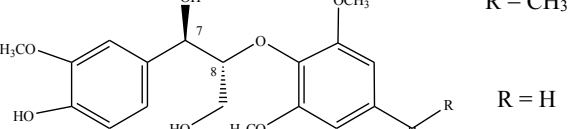
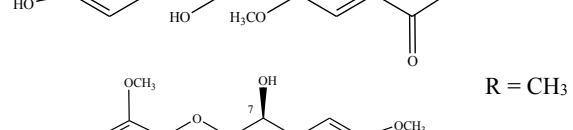
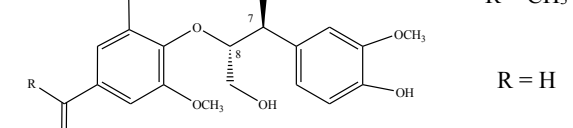
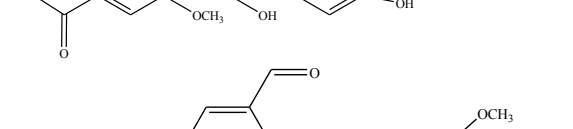
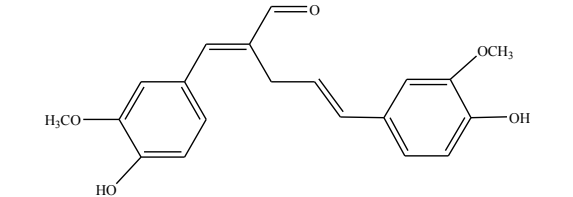
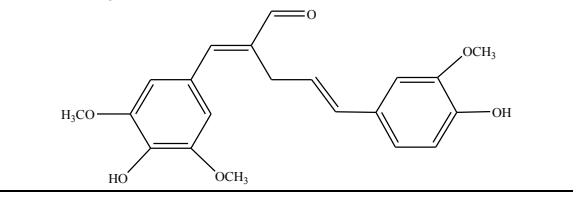
1	2	3	4	5
51	Пиннатифиданин В V		Семена	59
52	Пиннатифиданин В VI	<i>threo-7R,8R</i> <i>erythro-7S,8R</i>	Семена	59
53	Пиннатифиданин В VII		Семена	59
54	Пиннатифиданин В VIII		Семена	59
55	Пиннатифиданин В IX		Семена	59
56	Пиннатифиданин С I		Семена	60
57	Пиннатифиданин С II	R = H; <i>7S,8R</i> R = OH; <i>7R,8S</i> 	Семена	60
58	Пиннатифиданин С III	R ₁ = OCH ₃ ; R ₂ = OH; <i>7S,8R</i> ; <i>7',8'-threo</i>	Семена	60
59	Пиннатифиданин С IV	R ₁ = OCH ₃ ; R ₂ = OH; <i>7R,8S</i> ; <i>7',8'-threo</i>	Семена	60
60	Пиннатифиданин С V	R ₁ = OCH ₂ CH ₃ ; R ₂ = OH; <i>7S,8R</i> ; <i>7',8'-threo</i>	Семена	60
61	Пиннатифиданин С VI	R ₁ = OCH ₂ CH ₃ ; R ₂ = OH; <i>7R,8S</i> ; <i>7',8'-threo</i>	Семена	60
62	Пиннатифиданин С VII	R ₁ = OCH ₂ CH ₃ ; R ₂ = H; <i>7R,8S</i>	Семена	60
63	Пиннатифиданин С VIII		Семена	60
64	Пиннатифиданид А	 <i>7S,8S-threo</i>	Семена	61
65	Пиннатифиданид В	<i>7R,8S-erythro</i>	Семена	61
66	Пиннатифиданид С	 <i>7R,8R-threo</i>	Семена	61
67	Пиннатифиданид D	<i>7S,8R-erythro</i>	Семена	61

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
68	Хаугорннин А	R = CH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	62
69	Хаугорннин В	R = CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	62
70	Хаугорннин С	R = CH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>erythro</i>	Семена	62
71	Хаугорннин D	R = CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>erythro</i>	Семена	62
72	Хаугорннин E	R = CH ₂ CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>erythro</i>	Семена	62
73	Хаугорннин F	R = CH ₂ CH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>erythro</i>	Семена	62
74	Хаугорннин G		Семена	62
75	Хаугорннин H		Семена	62
76	Хуангнин А	R = CH ₂ OCH ₂ CH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> - <i>threo</i> ; 7' <i>E</i>	Семена	63
77	Хуангнин В	R = CH ₂ OCH ₂ CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> - <i>erythro</i> ; 7' <i>E</i>	Семена	63
78	Кратегуснин А	R ₁ = OCH ₃ ; R ₂ = H; R ₃ = OH; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64
79	Кратегуснин В	R ₁ = OH; R ₂ = H; R ₃ = OCH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64
80	Кратегуснин С	R ₁ = OH; R ₂ = OCH ₃ ; 7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64
81	Кратегуснин D	R ₁ = OH; R ₂ = OCH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64
82	Кратегуснин E	R ₁ = OH; R ₂ = OCH ₂ CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64
83	Кратегуснин F	R ₁ = OH; R ₂ = CH ₂ OCH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>erythro</i>	Семена	64
84	Кратегуснин G	R ₁ = OCH ₃ ; R ₂ = OCH ₂ CH ₃ ; 7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> ; 7',8'- <i>threo</i>	Семена	64

1	2	3	4	5
85	Кратеганин А		Семена	65
86	Кратеганин В	7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> , 7' <i>R</i> ,8' <i>S</i> ; 7'',8''- <i>threo</i>	Семена	65
87	Кратеганин С	7 <i>R</i> , <i>R</i> , 7' <i>R</i> ,8' <i>S</i> ; 7'',8''- <i>erythro</i>	Семена	65
88	Кратеганин D		Семена	65
89	Кратеганин E	7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> ,7' <i>R</i> ,8' <i>S</i> ; 7'',8''- <i>threo</i>	Семена	65
90	Кратеганин F	7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> ,7' <i>R</i> ,8' <i>S</i> ; 7'',8''- <i>erythro</i>	Семена	65
91	Кратеганин G	7 <i>S</i> ;8 <i>R</i> ,7' <i>R</i> ,8' <i>S</i> ; 7'',8''- <i>erythro</i>	Семена	65
92	(7' <i>R</i> ,8' <i>R</i> ,8 <i>S</i>)- изоларицирезинол		Семена	66
93	Хауторнесквинин К		Семена	67
94	Хауторнесквинин L		Семена	67
95	Кратегусин А		Плоды	68
96	Кратегусин В		Плоды	68
97	Красесквиллиган А		Семена	69
98	Красесквиллиган В	R = OCH ₂ CH ₃ ; 7,8- <i>erythro</i> , 7',8'- <i>threo</i>	Семена	69
99	Красесквиллиган С		Семена	69
100	Красесквиллиган D	7,8- <i>threo</i> , 7',8'- <i>threo</i>	Семена	69

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4	5
101	Красесквилигнан E	 <p><i>7,8-threo, 7',8'-threo, 7'',8''-threo</i></p>	Семена	69
102	Красесквилигнан F	 <p><i>7,8-erythro, 7',8'-erythro, 7'',8''-erythro</i></p>	Семена	69
103	Красесквилигнан G	 <p><i>7,8-erythro, 7',8'-erythro, 7'',8''-threo</i></p>	Семена	69
104	Кратегуслигнан A		Плоды	70
105	7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,3',5'-триметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан		Плоды	71
106	7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,3',5'-триметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан		Плоды	71
107	7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,3',5'-триметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан	 <p>R = H</p>	Плоды	71
108	7 <i>R</i> ,8 <i>S</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,5,3',5'-тетраметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан	 <p>R = OCH₃</p>	Плоды	71
109	7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,3',5'-триметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан	 <p>R = H</p>	Плоды	71
110	7 <i>S</i> ,8 <i>R</i> -(4,7,9,9')-тетрагидрокси-3,5,3',5'-тетраметокси-8- <i>O</i> -4'-неолигнан	 <p>R = OCH₃</p>	Плоды	71
111	7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> -гваяцилглицерол-8-ацетованиллоновый эфир	 <p>R = CH₃</p>	Плоды	71
112	7 <i>S</i> ,8 <i>S</i> -гваяцилглицерол-8-ацетованиллиновый эфир	 <p>R = H</p>	Плоды	71
113	7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> -гваяцилглицерол-8-ацетованиллоновый эфир	 <p>R = CH₃</p>	Плоды	71
114	7 <i>R</i> ,8 <i>R</i> -гваяцилглицерол-8-ваниллиновый эфир	 <p>R = H</p>	Плоды	71
115	Кратегусаноид E		Плоды	57
116	Кратегусаноид F		Плоды	57

Наибольшее разнообразие компонентов лигнановой структуры оказалось в семенах, где был найден близкий по структуре пиннатифиданину А новый сесквилигнан, названный пиннатифиданином А I (46) [54], а также новый норлигнан (7*S*,8*S*)-4-[2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-гидроксиметил]этокси]-3,5-диметоксибензальдегид (45) [58], новые неолигнаны пиннатифиданины В I-IX (56-55) [59], дигидробензофурановые неолигнаны пиннатифиданины С I-VIII (56-63) [60] и неолигнановые гликозиды пиннатифиданины А-D (64-67) [61]. Фракционирование экстракта семян *C. pinnatifida* привело к выделению новых неолигнанов дигидробензофуранового типа, названных хауторннинами А-Н (68-75) [62]. К числу новых компонентов семян относятся также неолигнаны 8-*O*-4'-типа структуры: хуангнин А, хуангнин В (76, 77) [63] и кратегуснины А-G (78-84) [64]. Дальнейшее исследование семян привело к выделению новых изомерных сесквинеолигнанов – кратеганинов А-G (85-91) [65] и нового лигнана арилнафталинового типа – (7'*R*,8'*R*,8*S*)-изоларицирезинола (92) [66]. Изучение структур новых сесквинеолигнанов хауторнсесквининов К и L (93, 94) показало, что они содержат дигидробензофурановую неолигнановую часть и фрагмент структуры неолигнана 8-*O*-4'-типа [67].

Из плодов *C. pinnatifida* выделены энантиомеры дигидробензофурановых неолигнанов, названные кратегусином А (95), (+)-кратегусином А, (-)-кратегусином А, кратегусином В (96), (+)-кратегусином В и (-)-кратегусином В [68]. Продолжение исследований экстракта семян привело к выделению 7 новых сесквинеолигнанов – красесквинеолигнанов А-G (97-103), являющихся сесквинеолигнанами 8-*O*-4'-типа структуры [69].

В недавнее время из плодов *C. pinnatifida* был выделен новый динеолигнан с дигидрофурановой частью структуры и неолигнановым фрагментом 8-*O*-4'-типа, получивший название кратегуслигнан А (104). Структура этого вещества была определена как (7',8'-*транс*;7'',8''-*эрипто*;7''',8'''-*эрипто*)-4''-*O*-(8-гвайацилглицерил)-5''-метоксидигидробуддленол А [70].

В ходе продолжающихся исследований плодов были выделены 5 пар энантиомеров неолигнанов 8-*O*-4 типа структуры (105-114). Все выделенные соединения были рацемическими смесями, которые были разделены на хиральной хроматографической колонке. В одном из последних исследований плодов были выделены два новых неолигнана, с 8-9'-связью в пропаноидной части структур, которые были названы кратегусаноидами Е (115) и F (116) [57].

В публикациях, посвященных изучению химического разнообразия лигнанов *C. pinnatifida*, сообщается также о наличии известных соединений этого класса. Так, листья содержат лигнановые гликозиды (-)-2α-*O*-(β-D-глюкопиранозил)лионирезинол, тортозид А, вербаскозид, (7*S*,8*R*)-уролигнозид, 4-*O*-β-D-глюкопиранозид (7*S*,8*R*)-5-метоксидигидроксидегидродикониферилового спирта, а также *эрипто*-1-(4-*O*-β-D-глюкопиранозил-3-метоксифенил)-2-[4-(3-гидроксипропил)-2,6-диметоксифенокси]-1,3-пропандиол [37]. В семенах были идентифицированы 7*R*,8*S*-сакурарезинол, 7*S*,8*R*-фикусаль, 7*R*,8*S*-баланофонин, (+)-баланофонин, 7*R*,8*S*-*эрипто*-, 7*S*,8*R*-*эрипто*- и 7*S*,8*R*-*трео*- изомеры дигидроксидегидродикониферилового спирта, а также 7*S*,8*R*-5-метоксидигидроксидегидродикониферилловый спирт, *трео*-(7*R*,8*R*)- и *эрипто*-(7*S*,8*R*)-изомеры (1-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-2-{4-[(*E*)-3-гидрокси-1-пропенил]-2-метоксифенокси}-1,3-пропандиола), *эрипто*-(7*S*,8*R*)-гвайацилглицерил-β-кониферилловый альдегид, а также соединение, которое было охарактеризовано как эфир *трео*-(7*R*,8*R*)-гвайацилглицерина и β-кониферилового спирта [58, 60-63]. Здесь же были обнаружены лептолеписол D, а также 7*R*,8*S*-изомеры 1-[4-[2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-(гидроксиметил)этокси]-3,5-диметоксифенил]-1,2,3-пропандиола [64], нудипозид, лептолеписол, (7'*S*,8'*R*,8*R*)-изоларицирезинол, (7'*R*,8'*S*,8*S*)-изоларицирезинол и 9'-*O*-β-D-глюкопиранозид (7'*S*,8'*R*,8*R*)-изоларицирезинола [65, 66, 69]. Из плодов были выделены лигнаны и неолигнаны: пинорезинол, эпипинорезинол, медиорезинол, сингарезинол, лионирезинол, ларицирезинол, 5'-метоксиларицирезинол и неолигнан дигидрофуранового типа – 3-[2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-3-(гидроксиметил)-7-метокси-2,3-дигидро-1-бензофуран-5-ил]пропилацетат, а также динеолигнан, идентифицированный как 4''-*O*-(8-*O*-гвайацилглицерил)-буддленол А [68, 71].

Флавоноиды. Цветки и плоды *C. pinnatifida*, как и многие другие виды боярышников, богаты флавоноидами, с которыми связываются терапевтические свойства официальных видов этого рода. Исследование данной группы фенольных соединений сопровождалось публикациями, содержащими открытия как новых компонентов, так и идентификацию известных веществ. Так, в одном из наиболее ранних исследований флавоноидов цветков *C. pinnatifida* был обнаружен новый флавоноловый гликозид, названный пиннатифидином-а (рис 3, 117). Его структура была установлена как 3-β-D-глюкопиранозилокси-4',5,7-тригидрокси-8-метоксифлавонон [35]. Два новых природных продукта пиннатифин С (118) и пиннатифин D (119) с редкой флавоноидной структурой, содержащей фурановый фрагмент, были выделены из листьев *C. pinnatifida* [33, 34, 72, 73].

В начале нынешнего столетия группой китайских исследователей из листьев были выделены новые флавоноидные кетогексозофуранозиды – пиннаифинозиды А-D (**120-123**) [34, 72]. Там же были обнаружены два новых флавоновых С-гликозида – 8-С-β-D-(2''-О-ацетил)гликофуранозилапигенин и 3''-О-ацетилвитексин, обладающих идентичной структурой [74, 75].

Большая часть известных компонентов флавоноидной структуры, обнаруженных в разных надземных органах *C. pinnatifida*, являются О- и С-гликозидами флавонолов кверцетина и кемпферола, а также флавонового С-гликозида витексина (табл. 4).

Другие группы фенольных соединений. Новые флаванокумарины – кратегусин А (**124**) и кратегусин В (**125**) – выделены из сухих плодов *C. pinnatifida*. Эти вещества содержат в своей молекуле кумариновый скелет, при этом его ароматическое кольцо конденсировано с А-кольцом скелета эпикатехина. Структуры данных компонентов представляют особый интерес, так как они содержат функциональные заместители в лактонном кольце, что является первым примером среди флаванокумаринов, обнаруженных к настоящему времени [85].

В плодах этого вида обнаружены два новых фууро-1,2-нафтохинона – 11,12-диметокси-3,4-фууро-1,2-нафтохинон и 11,12-диметокси-5-гидрокси-3,4-фууро-1,2-нафтохинон с тривиальными названиями кратехинон А и кратехинон В (**126, 127**) [86].

Летучие компоненты плодов содержат также другие производные фурана, а именно фуральдегид, 5-метил-2-фуранкарбоксальдегид, бис-(5-формил)-фурфуриловый эфир и метиловый эфир 3-фуранкарбоновой кислоты [30, 50, 87].

Алифатические соединения. В листьях *C. pinnatifida* обнаружены несколько гликозидов алифатического спирта (Z)-гексенола: (Z)-3-гексенил-О-β-D-ксилопиранозил-(1''→6'')-β-D-гликопиранозид, (Z)-3-гексенил-О-β-D-гликопиранозил-(1''→6'')-β-D-гликопиранозид, (Z)-3-гексенил-О-β-D-ксилопиранозил-(1''→6'')-β-D-гликопиранозид, (Z)-3-гексенил-О-β-D-рамнопиранозил-(1''→6'')-β-D-гликопиранозид [38, 47].

Таблица 4. Известные флавоноиды *Crataegus pinnatifida*

Название	Часть растения	Литературные источники
Апигенин, изовитексин, лютеолин, ориентин, изоориентин	Листья	76
Кверцетин	Листья, плоды	34, 46, 77–79
Гиперин (гиперозид)	Листья, плоды	23, 45, 46, 77, 79–84
Рутин	Листья, плоды	46, 52, 79, 81, 82, 84
Изокверцитрин	Листья, плоды	23, 45, 79, 83;
Витексин	Листья, плоды	40, 46, 52, 74–77, 79, 81, 84
2''-О-рамнозилвитексин	Листья, цветки, плоды	40, 46, 52, 55, 74, 75, 79–82;
2''-О-гликозилвитексин	Листья	82
3''-О-ацетилвитексин	Листья	74
6''-О-ацетилвитексин	Листья	46, 74, 75
4''-О-гликозилвитексин	Листья	46, 79
Кверцетин-3-О-α-L-рамнопиранозил-(1→6)-β-D-галактопиранозид	Листья	80
Кверцетин-3-О-α-L-рамнопиранозил-(1→4)-α-L-рамнопиранозил-(1→6)-β-D-гликопиранозид	Листья	46
Кверцетин-3-О-β-D-гликопиранозид	Листья	34, 46
Кверцетин-3-О-β-D-галактопиранозид, кверцетин-3-О-β-D-гликопиранозил-(6→1)-α-L-рамнопиранозид, кверцетин-3-О-β-D-галактопиранозил-(6→1)-α-L-рамнопиранозид	Листья	34
Кверцетин-3-О-(2,6-ди-α-L-рамнопиранозил)-β-D-галактопиранозид	Листья	23
Кемпферол, кемпферол-7-О-α-L-рамнозил-3-О-β-D-гликопиранозид	Листья	34
Эриодиктиол	Листья	55
Катехин	Семена	51
Эпикатехин	Цветки, плоды	45, 52
(–)-эпикатехин	Цветки, плоды	23

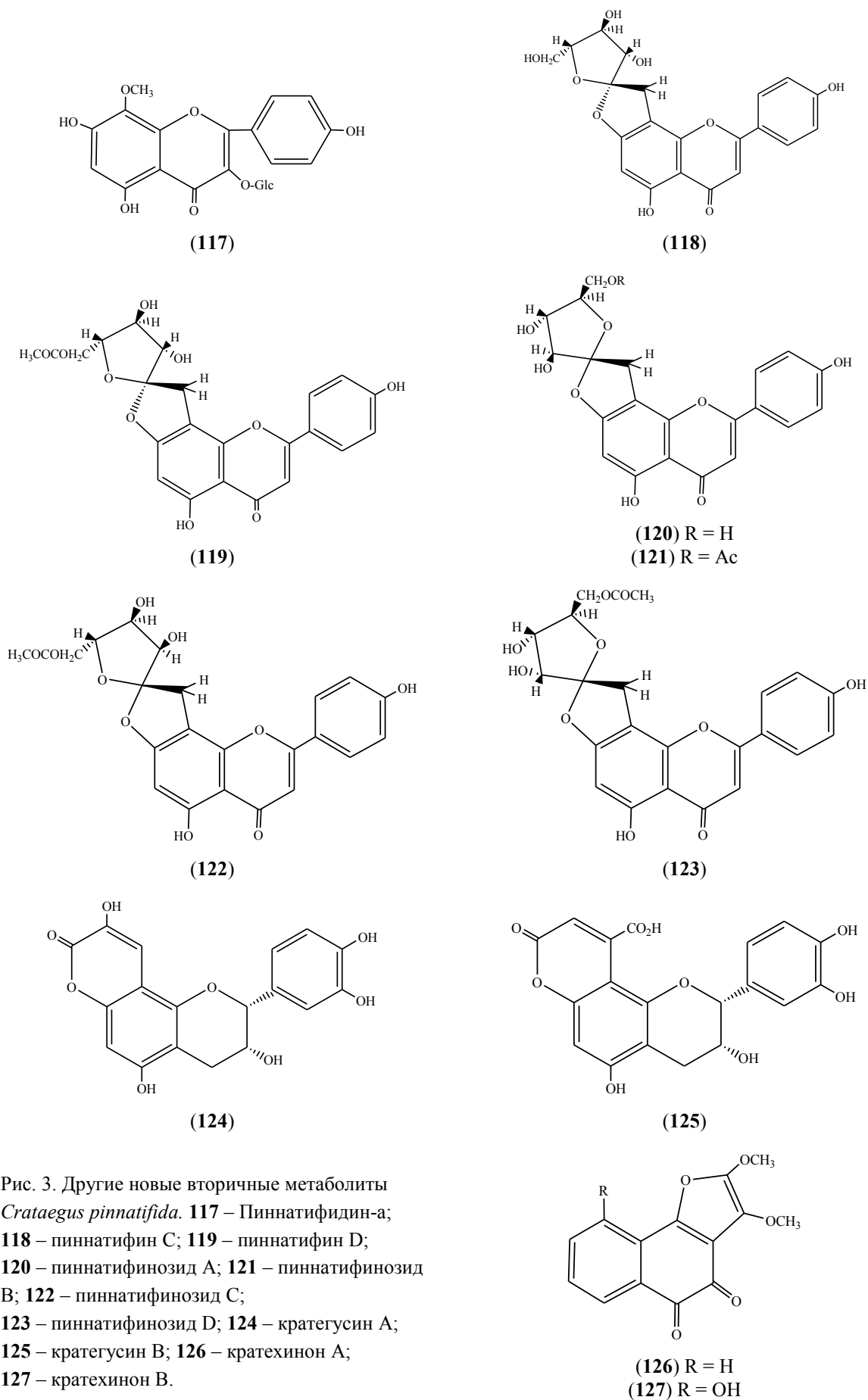


Рис. 3. Другие новые вторичные метаболиты *Crataegus pinnatifida*. **117** – Пиннатифидин-а; **118** – пиннатифин С; **119** – пиннатифин D; **120** – пиннатифинозид А; **121** – пиннатифинозид В; **122** – пиннатифинозид С; **123** – пиннатифинозид D; **124** – кратегусин А; **125** – кратегусин В; **126** – кратехинон А; **127** – кратехинон В.

Биологическая активность

Цитотоксическая активность. Оценка цитотоксической и противоопухолевой активности *C. pinnatifida* проводилась как на экстрактах, их фракциях, так и на индивидуальных соединениях. Полифенольная фракция водного экстракта плодов проявляла противоопухолевую активность в отношении клеток рака кожи *in vitro*, выступая в качестве возможного хемопревентивного агента [88], спиртовой экстракт кожуры плодов – цитотоксическую в отношении клеток линии MCF-7 (рак молочной железы) [20], фракция ацетонового экстракта плодов, содержащая тритерпеноиды – в отношении клеток линий Нер-G2 (карцинома), MDF-7 и MDA-MB-231 (рак молочной железы) [23]. Фенилпропаноиды кратегусоиды С (30) и D (31) индуцировали апоптоз клеток линии НерG2 [56]. Установлено также, что (–)-кратегусаноид А (36) и (–)-кратегусаноид В (38) были более активными по сравнению с их энантиомерами (+)-кратегузаноидом А (35) и (+)-кратегузаноидом В (39) [57]. 3 β ,6 β ,18 β ,23-Тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая, 2 α ,3 β ,6 β ,18 β -тетрагидроксиолеан-12-ен-28-овая и 2 α ,3 β ,6 β ,18 β ,23-пентагидроксиолеан-12-ен-28-овая кислоты оказались токсическими в отношении клеток линий НерG-2 и MCF-7 [43], 7R,8S-баланофонин – в отношении клеток линии НТ-1080 (IC₅₀ = 8.9 мкМ, контроль – флорурацил IC₅₀ = 6.7 мкМ) [60]. Норлигнан (7S,8S)-4-[2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-(гидроксиметил)этокси]-3,5-диметоксибензальдегид (45), (+)-баланофонин, *эритро*-(7S,8R)-гваяцилглицерил- β -конифериловый альдегид и буддленол А проявляли цитотоксическую активность в отношении клеток линии ОРМ2 [58], пиннатифиданины В VIII (54) и IX (55), эфиры *трео*-(7R,8R)-гваяцилглицерол- β -кониферилового альдегида, *эритро*-гваяцилглицерол- β -кониферилового альдегида, *трео*-(7R,8R)-гваяцилглицерол-8-ванилина и *эритро*-(7R,8R)-гваяцилглицерол-8-ванилина – в отношении клеток линии Mrc5 (рак легкого) (IC₅₀ >50 мкМ, контроль цисплатин IC₅₀ = 29.5 мкМ) [59]. Эпикатехин-(4 β →6)-эпикатехин-(4 β →8)-эпикатехин ингибировал активность желатиназ А и В (IC₅₀ = 0.4 и 2.3 мкМ, контроль хлоргексидин IC₅₀ = 7.63 мкМ) – ферментов семейства матриксных металлопротеиназ, участвующих в образовании разных патологий, в том числе и опухолей [11]. Коросолевая кислота ингибировала активность протеинкиназы С [48].

Противовоспалительные свойства. Противовоспалительными свойствами обладали гидрофобные фракции водно-ацетонового экстракта древесины и коры [89]. На модели астмы, вызванной овалбумином, аналогичные свойства выявлены у экстракта плодов в дозах 100 и 200 мг/кг, прием 18–23 дня [90]. Водный экстракт плодов подавлял синтез оксида азота, а также факторов воспаления COX-2, TNF- α , IL-1 β , and IL-6 [91]. Противовоспалительное действие оказывали некоторые лигнаны, в частности, хауторнин G (74), 7S,8R-фикусаль, 7S,8R-5-метоксидигидродегидрокси-конифериловый спирт (IC₅₀ = 31.4, 15.2 и 41.4 мкМ соответственно, контроль силибин IC₅₀ = 69.2 мкМ) [62], кратегусины А (78) и В (79), 7',8'-*трео*,7S,8R-1-[4-[2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-(гидроксиметил)этокси]-3-метоксифенил]-1,2,3-пропантриол, 7',8'-*трео*,7R- и 8R-1-[4-[(2-гидрокси-2-(4-гидрокси-3-метоксифенил)-1-(гидроксиметил)этокси]-3-метоксифенил]-1,2,3-пропантриол, ингибируя активность фактора некроза опухоли (TNF- α) (IC₅₀ = 48–94 мкМ, контроль силибин 69 мкМ), кратегусины С-G (80–84) и лептолеписол D подавляли синтез оксида азота в макрофагах RAW264.7 (IC₅₀ = 51–97 мкМ, контроль миноциклин IC₅₀ = 55 мкМ) [64]. Гиперозид ингибировал активность циклооксигеназы 2 (COX-2) [92], кратехиноны А и В (126, 127) – активность молекулы клеточной адгезии (ICAM-1), иммуноглобулина, синтез которого увеличивается при реакциях воспаления (IC₅₀ = 33 и 90 мкМ, контроль дексаметазон, IC₅₀ = 30 мкМ) [86].

Антиоксидантная активность. Благодаря богатому набору фенольных соединений, антиоксидантная активность у *C. pinnatifida* выявлялась наиболее часто. При этом некоторые лекарственные свойства б. перистонадрезанного, в частности, гепатопротективные, нейропротективные, иммуномодулирующие и др., разными исследователями связываются с данной активностью [21, 93–95 и др.].

Антиоксидантную активность проявляли экстракты древесины, коры, листьев, плодов, семян, а также водный экстракт пыльцы [19, 89, 93, 96–106] и лигнаны семян [62]. По результатам изучения сезонной динамики антиоксидантной активности экстрактов корней, листьев, ветвей и плодов показано, что она наиболее высокая у экстрактов листьев, собранных в сентябре [84]. Антиоксидантными свойствами обладали полифенольные комплексы плодов и листьев [13, 24, 107], процианидины плодов [15], дибензофурановые лигнаны [60] и индивидуальные компоненты, в том числе тритерпеновые кислоты 3 β ,6 β ,18 β -тригидроксиолеан-12-ен-28-овая и 2 α ,3 β ,19 α -тригидроксиолеан-12-ен-28-овая [43], пиннатифиданинзиды А, В (64, 65), 9-*O*- β -D-глюкозид и 9'-*O*- β -D-глюкозид 7R,8S-дигидродегидрокси-кониферилового спирта [61], гликозиды кверцетина, апи-

генина и (-)-эпикатехин [108]. Показано, что метанольный экстракт листьев ингибировал активность альдозредуктазы ($IC_{50} = 98.3$ и 89.7 мкг/мл) [109]. Полифенольный комплекс листьев ингибировал респираторный взрыв (быстрое высвобождение активных форм кислорода) в нейтрофилах [14]. Пентаолигогалактуронид плодов повышал активность супероксиддисмутазы, каталазы и глутатионпероксидазы, а также снижал содержание триглицеридов в печени [110].

Гиполипидемические свойства. Гиполипидемическими и гипохолестеринемическими свойствами обладали водный и спиртовой экстракт плодов и его фракции, а также порошок плодов в составе диеты [102, 111–119], в том числе водно-спиртовой экстракт в составе диеты на модели крыс с удаленными яичниками [120], сухие плоды и экстракт плодов в составе диеты (30 или 100 мг/кг/день, 4 недели) [121, 122], пектины плодов в дозе 300 мг/кг, 4 недели [123], а также пентаолигосахарид плодов в составе диеты (150 мг/кг, 10 недель) [124]. Показано, что гиполипидемическое действие экстракта плодов на 80% сильнее, по сравнению с отдельными его компонентами (кверцетином, гиперозидом, рутином и хлорогеновой кислотой) [125, 126]). Прием водно-спиртового экстракта плодов в дозе 250 мг/кг (7 дней), оказывал гиполипидемическое действие, активируя рецепторы пролиферации пероксисом (PPAR α) печени [17, 18]), которое также сопровождалось повышением экскреции нейтральных и кислых стероидов [111]. Порошок плодов в составе диеты (2/100 г массы животных) снижал уровень общего холестерина и триацилглицеринов на 10–23 и 13–22 % соответственно и подавлял активность кишечной Ас-СоА-холестеринацетилтрансферазы [111, 112]. Флавоноиды листьев в дозах 5 и 20 мг/кг/день (16 недель) предупреждали развитие атеросклероза, снижая уровень холестерина [95]. Водно-спиртовой экстракт листьев в дозах 250 и 500 мг/кг снижал содержание триглицеридов и поглощение глюкозы [127], а олеаноловая и урсоловая кислоты – содержание холестерина, ингибируя активность кишечной Ас-СоА-холестеринацетилтрансферазы в клетках линии Сасо-2 (клетки кишечника человека) [128].

Противодиабетические свойства. Противодиабетическими свойствами обладали водно-спиртовой экстракт [129], а также дозозависимо метанольный* и водно-метанольный экстракты плодов [131, 132]. Водно-спиртовой экстракт листьев в дозах 250 и 500 мг/кг снижал содержание триглицеридов и поглощение глюкозы *in vivo* [127], (экстракт?) ветвей подавлял реакции гликирования [133]. Метанольный экстракт плодов и 3-эпикорозоловая кислота ингибировали активность протеинтирозинфосфатазы 1В и α -глюкозидазы [134], апигенин, витексин, изовитексин, лютеолин, ориентин и изоориентин – активность α -глюкозидазы ($IC_{50} = 13$ – 25 мкг/мл, контроль – акарбоза 228.2 мкг/мл), при этом агликоны оказались более активными [76].

Нейропротективная активность. Этанольный экстракт плодов (100 и 200 мкг/г) оказывал антидепрессантное действие на модели гормональной депрессии, купируя окислительный стресс путем ингибирования активности моноаминоксидазы в астроцитах гиппокампа [135], экстракты листьев и плодов ингибировали активность пролилэндопептидазы [97], спиртовой экстракт плодов – активность ацетилхолинэстеразы [136], кверцетин – активность моноаминоксидазы [137]. Метанольный экстракт плодов вызывал апоптоз клеток феохромацитомы (PC12) в концентрации 0.5–5 мкг/мл [138]. Кратеганины А-Г (**85–91**), в особенности кратеганин А, оказывали протективное действие (от 64 до 91%) на клетки линии SH-SY5Y (нейробластома) в концентрации 50 мкгМ (контроль трополокс 56%) [65]. Хауторнсесквинин К (**93**), 9'- β -D-глюкопиранозид (7'S,8'R,8R)-изоларицирезинола, кратегуслигнан А (**104**) и лионизид препятствовали агрегации β -амилоида [66, 67, 70]. Красевинеолигнаны А, В, D, Е, F (**97, 98, 100–102**), и (7,8-эрипто;7',8'-эрипто)-лептолеписол В обладали нейропротективными свойствами при поражении клеток линии SH-SY5Y (нейробластома), вызванном перекисью водорода, снижая их гибель на 71–73%, контроль – трополокс, 69% [69]. На этой же модели установлена различная степень активности энантиомеров кратегусина А (**95**) и 7S,8R,4,7,9,9'-тетрагидрокси-3,5,3',5'-тетраметокси-8-O-4'-неолигнана (**108**) [68, 71].

Тромболитические свойства. Тромболитические свойства были обнаружены у метанольного экстракта плодов [139] и сесквитерпена (1 α ,4 α ,8 α)-1-изопропанол-4 α -метил-8-метиледекагидронафталина (**11**), который ингибировал агрегацию тромбоцитов на 81% в концентрации 1мг/мл (контроль – аспирин, 90%) [41]. Аналогичными свойствами на модели тромбоза у полосатых данио (zebrafish), вызванного FeCl $_3$, обладали эриодиктиол, пиннатифиданозид F (**12**), (6S,7Z,9R)-розеозид, 2''-O-рамнозидвитексин, шаниезид D (**5**) и норхауторноид В (**15**) [40, 42, 55, 140].

* Однако по оценке влияния на активность α -глюкозидазы, метанольный экстракт оказывал слабое противодиабетическое действие, обладая при этом антиоксидантными и противовоспалительными свойствами [130].

Антивирусная и антибактериальная активность. Установлено, что метанольный экстракт листьев подавлял активность HIV-1 протеазы в концентрации 100 мкг/мл; аналогичными свойствами обладали уваол и урсоловая кислота ($IC_{50} = 5.5$ и 8.0 мкМ соответственно) [44]. Экстракт плодов проявлял антивирусную активность в отношении полиомавирусов ВК (ВКРyV) и JC (JCRyV) [141]. Метанольный экстракт плодов проявлял антибактериальную активность [142], в том числе в отношении *Pseudomonas aeruginosa* [143].

Другие виды активности. Водорастворимые полисахариды пыльцы индуцировали фагоцитарную активность брюшинных макрофагов [144]. Метанольный экстракт [плодов?] ингибировал активность гепариназы, фактора свертываемости крови [145]. Флавоноиды листьев обладали гепатопротективными свойствами [146]. На клетках печени линии НерG2 показано, что водно-спиртовой экстракт ветвей снижал токсичность водно-спиртового раствора на 68% [147]. Показано, что проантоцианидины семян ингибировали активность тирозиназы [22], подобными свойствами обладали 9-*O*- β -D-глюкозид и 9'-*O*- β -D-глюкозид 7*R*,8*S*-дигидродегидрокониферилового спирта и *трео*-(7*S*,8*R*)-гвайацилглицерил- β -кониферилового альдегида в концентрации 500 мкг/мл. При этом активность грибной тирозиназы снижалась на 46, 58 и 67% соответственно [61, 63]. Урсоловая кислота и уваол ингибировали активность хитинсинтазы II, выделенной из гриба *Saccharomyces cerevisiae* штамма ЕСУ38-38А, которая участвует в формировании клеточных перегородок и оболочек [31]. Эпикатехин-(4 β →8)-эпикатехин-(4 β →6)-эпикатехин и эпикатехин-(4 β →6)-эпикатехин-(4 β →8)-эпикатехин ингибировали активность коллагеназы ($IC_{50} = 0.98, 0.34$ мкМ соответственно, контроль – фосфрамидон, $IC_{50} = 7.63$ мкМ) [11]. Экстракт плодов обладал цитопротективными свойствами в отношении клеток линии HaCaT при УФ-излучении [16]. Метанольный экстракт листьев оказался эффективным при катаракте, индуцированной селенитом [109]. Водный экстракт плодов способствовал росту волос [148]. Водорастворимый полисахарид плодов HAW1-1 положительно влиял на микрофлору кишечника и может рассматриваться в качестве пребиотика [149]. [Экстракт] обладал противоаллергическими свойствами при контактном дерматите, вызванном 2,4-динитрохлорбенzenом [150].

Заключение

Таким образом, приведенные выше сведения о компонентном составе и биологической активности *C. pinnatifida* демонстрируют его достаточно высокий потенциал лекарственных свойств, оправдывая в какой-то степени его использование в традиционной и народной медицине. С другой стороны, *C. pinnatifida* может служить еще одним ярким примером плодотворности комплексных исследований в познании химического разнообразия и связанными с ним фармакологическими свойствами растений.

Список литературы

1. Цвелев Н.Н. Род Боярышник – *Crataegus* L. // Флора Восточной Европы. СПб., 2001. Т. 10. С. 557–586.
2. Камелин Р.В. Розоцветные (Rosaceae). Барнаул, 2006. 100 с.
3. Конспект флоры Азиатской России: Сосудистые растения. Под ред. К. С. Байкова. Новосибирск, 2012. 640 с.
4. Cui Zhi G., Spongberg S. A. *Crataegus*. URL: www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=108272
5. Phipps J. B. *Crataegus*. URL: www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=108272
6. Недолужко В.А. Род Боярышник – *Crataegus* L. // Сосудистые растения Дальнего Востока. СПб., 1996. Т. 8. С. 147–151.
7. Палов М. Энциклопедия лекарственных растений. М., 1998. 467 с.
8. Лекарственное сырье растительного и животного происхождения. Фармакогнозия / под ред. Г.П. Яковлева. СПб., 2006. 845 с.
9. Edwards J.E., Brown P.N., Talent N., Dickinson T.A., Shipley P.R. A review of the chemistry of the genus *Crataegus* // Phytochemistry. 2012. Vol. 79. Pp. 5–26. DOI: 10.1016/j.phytochem.2012.04.006.
10. Chang Q., Zuo Z., Harrison F., Chow M. S. S. Hawthorn // J. Clin. Pharmacol. 2002. Vol. 42. Pp. 605–612. DOI: 10.1177/00970002042006003.
11. Moon H.I., Kim T.I., Cho H.S., Kim E.K. Identification of potential and selective collagenase, gelatinase inhibitors from *Crataegus pinnatifida* // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2010. Vol. 20, no. 3. Pp. 991–993. DOI: 10.1016/j.bmcl.2009.12.059.
12. Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Beijing, 2005. Vol. 1. 791 p., App.
13. Liu R.-H., Yu B.-Y., Qiu S.-X., Bai G.-C. Study on scavenging activities for superoxide anion radicals (O_2^-) and structure-activity relationship of polyphenolic compounds from leaves of *Crataegus* // Chin. Pharmaceut. J. 2005. Vol. 40, no. 14. Pp. 1066–1069.
14. Liu R.-H., Yu B.-Y., Chen L.-Y., Yang M., Shao F., Ma Z.-L. Effects of principal polyphenolic components from leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* N. E. Br. on the respiratory burst of rat neutrophils // J. China Pharmaceut. Univ. 2008. Vol. 39, no. 5. Pp. 428–432.

15. Liu T., Cao Y., Zhao M. Extraction optimization, purification and antioxidant activity of procyanidins from hawthorn (*C. pinnatifida* Bge. var. *major*) fruits // Food Chem. 2010. Vol. 119, no. 4. Pp. 1656–1662. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.001.
16. Liu S., Sui Q., Zou J., Zhao Y., Chang X. Protective effects of hawthorn (*Crataegus pinnatifida*) polyphenol extract against UVB-induced skin damage by modulating the p53 mitochondrial pathway in vitro and in vivo // J. Food Biochem. 2018. Vol. 43, no. 2. Article e12708. DOI: 10.1111/jfbc.12708.
17. Kuo D.H., Yeh C.H., Shieh P.C., Cheng K.C., Chen F.A., Cheng J.T. Effect of shanzha, a Chinese herbal product, on obesity and dyslipidemia in hamsters receiving high-fat diet // J. Ethnopharmacol. 2009. Vol. 124, no. 3. Pp. 544–550. DOI: 10.1016/j.jep.2009.05.005.
18. Niu C., Chen C., Chen L., Cheng K., Yeh C., Cheng J. Decrease of blood lipids induced by Shan-Zha (fruit of *Crataegus pinnatifida*) is mainly related to an increase of PPAR α in liver of mice fed high-fat diet // Horm. Metab. Res. 2011. Vol. 43, no. 9. Pp. 625–630. DOI: 10.1055/s-0031-1283147.
19. Choi Y.J., Hwang K.H. Radical scavenging activities of fruits of *Crataegus pinnatifida* Bunge *major* from Korea // Nat. Prod. Sci. 2013. Vol. 19, no. 2. Pp. 186–191.
20. Li T., Zhu J., Guo L., Shi X.L., Liu Y.F., Yang X.B. Differential effects of polyphenols-enriched extracts from hawthorn fruit peels and fleshes on cell cycle and apoptosis in human MCF-7 breast carcinoma cells // Food Chem. 2013. Vol. 141, no. 2. Article 1008e1018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.04.050.
21. Zhang J., Liang R., Wang L., Yan R., Hou R., Gao S., Yang B. Effects of an aqueous extract of *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br. fruit on experimental atherosclerosis in rats // J. Ethnopharmacol. 2013. Vol. 148, no. 2. Pp. 563–569. DOI: 10.1016/j.jep.2013.04.053.
22. Chai W.M., Chen C.M., Gao Y.S., Feng H.L., Ding Y.M., Shi Y., Zhou H.T., Chen Q.X. Structural analysis of proanthocyanidins isolated from fruit stone of Chinese hawthorn with potent antityrosinase and antioxidant activity // J. Agric. Food Chem. 2014. Vol. 62, no. 1. Pp. 123–129. DOI: 10.1021/jf405385j.
23. Wen L., Guo R., You L., Abbasi A.M., Li T., Fu X., Liu R.H. Major triterpenoids in Chinese hawthorn «*Crataegus pinnatifida*» and their effects on cell proliferation and apoptosis induction in MDA-MB-231 cancer cells // Food Chem. Toxicol. 2017. Vol. 100. Pp. 149–160. DOI: 10.1016/j.fct.2016.12.032.
24. Zheng G., Deng J., Wen L., You L., Zhao Z., Zhou L. Release of phenolic compounds and antioxidant capacity of Chinese hawthorn “*Crataegus pinnatifida*” during in vitro digestion // J. Funct. Foods. 2018. Vol. 40. Pp. 76–85. DOI: 10.1016/j.jff.2017.10.039.
25. Jurikova T., Sochor J., Rop O., Mlcek J., Balla S., Szekeres L., Adam V., Kizek R. Polyphenolic profile and biological activity of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) fruits // Molecules. 2012. Vol. 17, no. 12. Pp. 14490–14509. DOI: 10.3390/molecules171214490.
26. Wu J., Peng W., Qin R., Zhou H. *Crataegus pinnatifida*: chemical constituents, pharmacology, and potential applications // Molecules. 2014. Vol. 19, no. 2. Pp. 1685–1712. DOI: 10.3390/molecules19021685.
27. Dehghani S., Mehri S., Hosseinzadeh H. The effects of *Crataegus pinnatifida* (Chinese hawthorn) on metabolic syndrome: A review // Iran. J. Basic Med. Sci. 2019. Vol. 22, no. 5. Pp. 460–468.
28. Sun X., Yao Q. Chemical constituents of seeds of *Crataegus pinnatifida* // Zhongcaoyao. 1987. Vol. 18, no. 10. Pp. 441–454.
29. Park S.-W., Yook C.-S., Lee H.-K. Chemical constituents from the fruits of *Crataegus pinnatifida* var. *pilosa* // Korean J. Pharmacogn. 1994. Vol. 25, no. 4. Pp. 328–335.
30. Chen L., Xie B., Yu T.-H. Identification of the volatile compounds of hawthorn by gas chromatography/mass spectrometry // Se Pu. 1997. Vol. 15, no. 3. Pp. 219–221.
31. Jeong T.-S., Hwang E.-L., Lee H.-B., Lee E.-S., Kim Y.-K., Min B.-S., Bae K.-H., Bok S.-H., Kim S.-U. Chitin synthase II inhibitory activity of ursolic acid, isolated from *Crataegus pinnatifida* // Planta Med. 1999. Vol. 65, no. 3. Pp. 261–263. DOI: 10.1055/s-2006-960474.
32. Min B.S., Kim Y.-H., Lee S.-M., Jung H.-J., Lee J.S., Na M.K., Lee C.O., Lee J.P., Bae K. Cytotoxic triterpenes from *Crataegus pinnatifida* // Arch. Pharmacol. Res. 2000. Vol. 23, no. 2. Pp. 155–158. DOI: 10.1007/BF02975505.
33. Zhang P.-C., Xu S. Isolation and structural identification of a new flavonoids from leaves of *Crataegus pinnatifida* // Zhongguo Yaowu Huaxue Zazhi. 1999. Vol. 9, no. 3. Pp. 214–215.
34. Zhang P.-C., Xu S.-X. Flavonoid ketohexosefuranosides from the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br. // Phytochemistry. 2001. Vol. 57, no. 8. Pp. 1249–1253. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00170-4.
35. Быков И.И., Глызин В.И. Флавоноиды рода *Crataegus* // Химия природных соединений. 1972. №5. С. 672–673.
36. Xie Y., Dai L., Guo M., Xue W., Nu W., Chai W. Chemical analysis of Shan-Zi-Hong – *Crataegus pinnatifida* and comparison of the fruits of *Crataegus* species in China // Zhwn. Xuebao. 1981. Vol. 83, no. 5. Pp. 383–388.
37. Gao P.-Y., Li L.-Z., Peng Y., Li F.-F., Niu C., Huang X.-X., Ming M., Song S.-J. Monoterpene and lignan glycosides in the leaves of *Crataegus pinnatifida* // Biochem. Syst. Ecol. 2010. Vol. 38, no. 5. Pp. 988–992. DOI: 10.1016/j.bse.2010.09.010.
38. Song S.-J., Li L.-Z., Gao P.-Y., Peng Y., Yang J.-Y., Wu C.-F. Terpenoids and hexenes from the leaves of *Crataegus pinnatifida* // Food Chem. 2011. Vol. 129, no. 3. Pp. 933–939. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.05.049.
39. Huang X.X., Guo D.-D., Li L.-Z., Lou L.-L., Li D.-M., Zhou C.-C. Peng Y., Song S.-J. Monoterpene and sesquillignan compounds from the leaves of *Crataegus pinnatifida* // Biochem. Syst. Ecol. 2013. Vol. 48. Pp. 1–5. DOI: 10.1016/j.bse.2012.12.001.

40. Li L.-Z., Gao P.-Y., Song S.-J., Yuan Y.-Q., Liu C.-T., Huang X.-X., Liu Q.-B. Monoterpenes and flavones from the leaves of *Crataegus pinnatifida* with anticoagulant activities // J. Funct. Foods. 2015. Vol. 12. Pp. 237–245. DOI: 10.1016/j.jff.2014.11.012.
41. Zhou C.C., Huang X.X., Gao P.Y., Li F.F., Li D.M., Li L.Z., Song S.J. Two new compounds from *Crataegus pinnatifida* and their antithrombotic activities // J. Asian Nat. Prod. Res. 2014. Vol. 16, no. 2. Pp. 169–174. DOI: 10.1080/10286020.2013.848429.
42. Gao P.-Y., Li L.-Z., Liu K.-C., Sun C., Sun X., Wu Y.-N., Song S.-J. Natural terpenoid glycosides with: In vitro / vivo antithrombotic profiles from the leaves of *Crataegus pinnatifida* // RSC Advances. 2017. Vol. 7, no. 76. Pp. 48466–48474. DOI: 10.1039/C7RA10768D.
43. Qiao A.M., Wang Y.H., Xiang L.M., Zhang Z.X., He X.J. Novel triterpenoids isolated from hawthorn berries functioned as antioxidant and antiproliferative activities // J. Func. Foods. 2015. Vol. 13. Pp. 308–313. Article 308e313. DOI: 10.1016/j.jff.2014.12.047.
44. Huang X.X., Niu C., Gao P., Li L., Ming M., Song S. Chemical constituents from the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge (III) // J. Shenyang Pharm. Univ. 2010. Vol. 27. Pp. 615–618.
45. Min B.S., Jung H.J., Lee J.S., Kim Y.H., Bok S.H., Ma C.M., Nakamura N., Hattori M., Bae K. Inhibitory effect of triterpenes from *Crataegus pinatifida* on HIV-I protease // Planta Med. 1999. Vol. 65, no. 4. Pp. 374–375. DOI: 10.1055/s-2006-960792.
46. Cui T., Li J.-Z., Kayahara H., Ma L., Wu L.-X., Nakamura K. Quantification of the polyphenols and triterpene acids in chinese hawthorn fruit by high performance liquid chromatography // J. Agric. Food Chem. 2006. Vol. 54, no. 13. Pp. 4574–4581. DOI: 10.1021/jf060310m.
47. Liu R.-H., Yu B.-Y. Study on the chemical constituents of the leaves from *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* N. E. Br. // Zhong Yao Cai. 2006. Vol. 29, no. 11. Pp. 1169–1173.
48. Ahn K.-S., Hahn M.S., Park E.J., Lee H.-K., Kim I.-H. Corosolic acid isolated from the fruit of *Crataegus pinnatifida* var. *pilosa* is a protein kinase c inhibitor as well as cytotoxic agent // Planta Med. 1998. Vol. 64, no. 5. Pp. 468–470. DOI: 10.1055/s-2006-957487.
49. Chen L.S., Lv L., Xu S.W., Xin Y. Study on the triterpene acids in fruit of *Crataegus pinnatifida* // Lishizhen Med. Mater. Medica Res. 2008. Vol. 19, no. 12. Pp. 2909–2910.
50. Zhong L., Wang Y. W., Peng W., Liu Y.J., Wan J., Yang S.L., Li L., Wu C.J., Zhou X. Headspace solid phase microextraction coupled with gas chromatography apectrometric analysis of volatile components of raw and stir-fried fruit of *Crataegus pinnatifida* (FCP) // Trop. J. Pharm. Res. 2015. Vol. 14, no. 5. Pp. 891–898. DOI: 10.4314/tjpr.v14i5.20.
51. Wang X., Che Q., Li Y., He Y. A study on chemical constituents in seeds of *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* N. E. Br. // Zhongguo Zhonggyao Zazhi. 1999. Vol. 24, no. 12. Pp. 739–740.
52. Chen G., Liu W. Determination of six functional compounds in *Crataegus pinnatifida* Bge by capillary zone electrophoresis // J. Liq. Chromatogr. Related Technol. 2005. Vol. 28, no. 2. Pp. 223–232. DOI: 10.1081/JLC-200041295.
53. Gao Z., Wang R.-F., Kang X.-H., Qin A.-X., Jia Y. N., He T.-S., Pan Y.-L., Cui T. Determination of eucomic acid in chinese hawthorn fruit and products by gas chromatography-mass spectrometry // Asian J. Chem. 2014. Vol. 26, no. 16. Pp. 5053–5057. DOI: 10.14233/ajchem.2014.16312.
54. Huang X.X., Liu S., Lou L.-L., Liu Q.-B., Zhou C.-C., Li L.-Z., Peng Y., Song S.-J. Phenylpropanoids from *Crataegus pinnatifida* and their chemotaxonomic importance // Biochem. Syst. Ecol. 2014. Vol. 54. Pp. 208–212. DOI: 10.1016/j.bse.2014.01.018.
55. Song S.-J., Li L.-Z., Gao P.-Y., Yuan Y.-Q., Wang R.-P., Liu K.-C., Peng Y. Isolation of antithrombotic phenolic compounds from the leaves of *Crataegus pinnatifida* // Planta Med. 2012. Vol. 78, no. 18. Pp. 1967–1971. DOI: 10.1055/s-0032-1327877.
56. Guo R., Lin B., Shang X.-Y., Zhou L., Yao G.-D., Huang X.X., Song S.J. Phenylpropanoids from the fruit of *Crataegus pinnatifida* exhibit cytotoxicity on hepatic carcinoma cells through apoptosis induction // Fitoterapia. 2018. Vol. 127. Pp. 301–307. DOI: 10.1016/j.fitote.2018.03.003.
57. Guo R., Shang X.-Y., Lv T.-M., Yao G.-D., Lin B., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. Phenylpropanoid derivatives from the fruit of *Crataegus pinnatifida* Bunge and their distinctive effects on human hepatoma cells // Phytochemistry. 2019. Vol. 18. Pp. 30613–30617. DOI: 10.1016/j.phytochem.2019.05.005.
58. Li L. Z., Peng Y., Niu C., Gao P.Y., Huang X.X., Mao X.L., Song S.J. Isolation of cytotoxic compounds from the seeds of *Crataegus pinnatifida* // Chin. J. Nat. Med. 2013. Vol. 11, no. 4. Pp. 411–414. DOI: 10.1016/S1875-5364(13)60061-8.
59. Huang X.X., Zhou C.C., Li L.Z., Li F.F., Lou L.L., Li D.M., Ikejima T., Peng Y., Song S.J. The cytotoxicity of 8-O-4' neolignans from the seeds of *Crataegus pinnatifida* // Bioorg. Med. Chem. Lett. 2013. Vol. 23, no. 20. Pp. 5599–5604. DOI: 10.1016/j.bmcl.2013.08.045.
60. Huang X.X., Zhou C.C., Li L.Z., Peng Y., Lou L.L., Liu S., Li D.M., Ikejima T., Song S.J. Cytotoxic and antioxidant dihydrobenzofuran neolignans from the seeds of *Crataegus pinnatifida* // Fitoterapia. 2013. Vol. 91. Pp. 217–223. DOI: 10.1016/j.fitote.2013.09.011.
61. Huang X.X., Liu Q.B., Wu J., Yu L.H., Cong Q., Zhang Y., Lou L.L., Li L.Z., Song S.J. Antioxidant and tyrosinase inhibitory effects of neolignan glycosides from *Crataegus pinnatifida* seeds // Planta Med. 2014. Vol. 80, no. 18. Pp. 1732–1738. DOI: 10.1055/s-0034-1383253.
62. Huang X.X., Bai M., Zhou L., Lou L.L., Liu Q.B., Zhang Y., Li L. Z., Song S.J. Food byproducts as a new and cheap source of bioactive compounds: Lignans with antioxidant and anti-inflammatory properties from *Crataegus pinnatifida* seeds // J. Agric. Food Chem. 2015. Vol. 63, no. 32. Pp. 7252–7260. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b02835.

63. Huang X. X., Liu Q.-B., Zhou L., Liu S., Cheng Z.-Y., Sun Q., Li L.-Z., Song S.-J. The antioxidant and tyrosinase-inhibiting activities of 8-*O*-4'-neolignans from *Crataegus pinnatifida* seeds // *Rec. Nat. Prod.* 2015. Vol. 9, no. 3. Pp. 305–311.
64. Peng Y., Lou L.L., Liu S.F., Zhou L., Huang X.X., Song S.J. Antioxidant and anti-inflammatory neolignans from the seeds of hawthorn // *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2016. Vol. 26, no. 22. Pp. 5501–5506. DOI: 10.1016/j.bmcl.2016.10.012.
65. Huang X.X., Ren Q., Song X.Y., Zhou L., Yao G.D., Wang X.B., Song S.J. Seven new sesqueneolignans isolated from the seeds of hawthorn and their neuroprotective activities // *Fitoterapia.* 2018. Vol. 125. Pp. 6–12. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.12.010.
66. Huang X.X., Xu Y., Bai M., Zhou L., Song S.-J., Wang X.-B. Lignans from the seeds of Chinese hawthorn (*Crataegus pinnatifida* var. *major* N. E. Br.) against β -amyloid aggregation // *Nat. Prod. Res.* 2018. Vol. 32, no. 14. Pp. 1706–1713. DOI: 10.1080/14786419.2017.1399378.
67. Guo R., Zhou L., Zhao P., Wang X.B., Huang X.X., Song S.J. Two new sesqueneolignans from the seeds of *Crataegus pinnatifida* and their β -amyloid aggregation inhibitory activity // *Nat. Prod. Res.* 2018. Vol. 9. Pp. 1–7. DOI: 10.1080/14786419.2018.1448814.
68. Guo R., Lv T.-M., Han F.-Y., Lin B., Yao G.-D., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. Chiral resolution and neuroprotective activities of enantiomeric dihydrobenzofuran neolignans from the fruit of *Crataegus pinnatifida* // *Bioorg. Chem.* 2019. Vol. 85. Pp. 469–474. DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.02.018.
69. Cheng Z.-Y., Lou L.-L., Yang P.-Y., Song X.-Y., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. Seven new neuroprotective sesqueneolignans isolated from the seeds of *Crataegus pinnatifida* // *Fitoterapia.* 2019. Vol. 133. Pp. 225–230. DOI: 10.1016/j.fitote.2019.01.008.
70. Zhao P., Lou L. L., Zhang H., Guo R., Wang X. B., Huang X. X., Song S. J. A new dineolignan with anti- β -amyloid aggregation activity from the fruits of *Crataegus pinnatifida* Bge. // *Nat. Prod. Res.* 2019. DOI: 10.1080/14786419.2019.1655415.
71. Zhao P., Zhang H., Han F.-Y., Guo R., Huang S.-W., Lin B., Huang X.-X., Song S.-J. Chiral resolution and neuroprotective activities of enantiomeric 8-*O*-4' neolignans from the fruits of *Crataegus pinnatifida* Bge. // *Fitoterapia.* 2019. Vol. 136. Article 104164. DOI: 10.1016/j.fitote.2019.05.003.
72. Zhang P.-C., Xu S.-X. A new flavonoid keto-hexofuranoside from the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N.E.Br. // *Chin. Chem. Lett.* 2000. Vol. 11, no. 10. Pp. 895–896.
73. Zhang P.-C., Zhou Y.-J., Xu S.-X. Two novel flavonoid glycosides from *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* N. E. Br. // *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2001. Vol. 3, no. 1. Pp. 77–82. DOI: 10.1080/1028602010804284.
74. Zhang P.-C., Xu S.-X. Two new C-glucoside flavonoids from leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br. // *Chin. Chem. Lett.* 2002. Vol. 13, no. 4. Pp. 337–340.
75. Zhang P.-C., Xu S.-X. C-glucoside flavonoids from the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge. var. *major* N. E. Br. // *J. Asian Nat. Prod. Res.* 2003. Vol. 5, no. 2. Pp. 131–136.
76. Li H., Song F., Xing J., Rong T., Liu Z., Liu S. Screening and structural characterization of α -glucosidase inhibitors from Hawthorn leaf flavonoids extract by ultrafiltration LC-DAD-MSn and SORI-CID FTICR MS // *J. Am. Soc. Mass Spectrom.* 2009. Vol. 20. Pp. 1496–1503. DOI: 10.1016/j.jasms.2009.04.003.
77. Ding X., Jiang Y., Zhong Y., Zuo C. Chemical constituents of the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* N.F.Br. // *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi.* 1990. Vol. 15, no. 5. Pp. 295–297.
78. Sun J., Yang S., Xie H., Li G., Qin H. Studies on the chemical constituents from fruit of *Crataegus pinnatifida* // *Zhongcaoyao.* 2002. Vol. 33, no. 6. Pp. 483–486.
79. Ying X., Wang R., Xu J., Zhang W., Li H., Zhang C., Li F. HPLC-determination of eight polyphenols in the leaves of *Crataegus pinnatifida* Bge var. *major* // *J. Chromatogr. Sci.* 2009. Vol. 47, no. 3. Pp. 201–205. DOI: 10.1093/chromsci/47.3.201.
80. Oh I.S., Whang W.K., Kim I.H. Constituents of *Crataegus pinnatifida* var. *psilosa* leaves (II). Flavonoids from BuOH fraction // *Arch. Pharmacol. Res.* 1994. Vol. 17, no. 5. Pp. 314–317. DOI: 10.1007/BF02974168.
81. Liu W., Chen G.-H., Cui T. Determination of flavones in *Crataegus pinnatifida* by capillary zone electrophoresis // *J. Chromatogr. Sci.* 2003. Vol. 41, no. 2. Pp. 87–91. DOI: 10.1093/chromsci/41.2.87.
82. Cheng S., Qiu F., Huang J., He J.-Q. Simultaneous determination of vitexin-2''-*O*-glucoside, vitexin-2''-*O*-rhamnoside, rutin, and hyperoside in the extract of hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bge.) leaves by RP-HPLC with ultraviolet photodiode array detection // *J. Sep. Sci.* 2007. Vol. 30. Pp. 717–721. DOI: 10.1002/jssc.200600353.
83. Liu P., Kallio H., Lü D., Zhou C., Yang B. Quantitative analysis of phenolic compounds in Chinese hawthorn (*Crataegus* spp.) fruits by high performance liquid chromatography-electrospray ionisation mass spectrometry // *Food Chem.* 2011. Vol. 127, no. 3. Pp. 1370–1377. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.103.
84. Luo M., Yang X., Hu J.-Y., Jiao J., Mu F.-S., Song Z.-Y., Gai Q.-Y., Qiao Q., Ruan X., Fu Y.-J. Antioxidant properties of phenolic compounds in renewable parts of *Crataegus pinnatifida* inferred from seasonal variations // *J. Food Sci.* 2016. Vol. 81, no. 5. Pp. C1102–C1109. DOI: 10.1111/1750-3841.13291.
85. Kazuma K., Isobe Y., Asahina H., Nehira T., Satake M., Konno K. Crataegusins A and B, new flavanocoumarins from the dried fruits of *Crataegus pinnatifida* var. *major* (Rosaceae) // *Nat. Prod. Commun.* 2016. Vol. 11, no. 7. Pp. 965–969. DOI: 10.1177/1934578X1601100724.
86. Min B.S., Huong H.T., Kim J.H., Jun H.J., Na M.K., Nam N.H., Lee H.K., Bae K., Kang S.S. Furo-1,2-naphthoquinones from *Crataegus pinnatifida* with ICAM-1 expression inhibition activity // *Planta Med.* 2004. Vol. 70, no. 12. Pp. 1166–1169. DOI: 10.1055/s-2004-835846.

87. Shi Y., Ding X. Chemical constituents of hawthorn // *Zhongcaoyao*. 2000. Vol. 31, no. 3. Pp. 173–174.
88. Kao E.S., Wang C.J., Lin W.L., Chu C.Y., Tseng T.H. Effects of polyphenols derived from fruit of *Crataegus pinnatifida* on cell transformation, dermal edema and skin tumor formation by phorbol ester application // *Food Chem. Toxicol.* 2007. Vol. 45, no. 10. Pp. 1795–1804. DOI: 10.1016/j.fct.2007.03.016.
89. Min H.-J., Kim Y.-K., Bae Y.-S. Evaluation of biological activity on Hawthorn tree (*Crataegus pinnatifida*) extracts // *J. Korean Wood Sci. Technol.* 2017. Vol. 45, no. 3. Pp. 317–326. DOI: 10.5658/WOOD.2017.45.3.317.
90. Shin I.S., Lee M.Y., Lim H.S., Ha H., Seo C.S., Kim J.C., Shin H. K. An extract of *Crataegus pinnatifida* fruit attenuates airway inflammation by modulation of matrix metalloproteinase-9 in ovalbumin induced asthma // *PLoS One*. 2012. Vol. 7, no. 9. Article e45734. DOI: 10.1371/journal.pone.0045734.
91. Li C., Wang M. H. Anti-inflammatory effect of the water fraction from hawthorn fruit on LPS-stimulated RAW 264.7 cells // *Nutr. Res. Pract.* 2011. Vol. 5, no. 2. Pp. 101–106. DOI: 10.4162/nrp.2011.5.2.101.
92. Kao E.S., Wang C.J., Lin W.L., Yin Y.F., Wang C.P., Tseng T.H. Anti-inflammatory potential of flavonoid contents from dried fruit of *Crataegus pinnatifida* in vitro and in vivo // *J. Agric. Food Chem.* 2005. Vol. 53, no. 2. Pp. 430–436. DOI: 10.1021/jf040231f.
93. Chang C.L., Chen H.S., Shen Y.C., Lai G.H., Lin P.K., Wang C.M. Phytochemical composition, antioxidant activity and neuroprotective effect of *Crataegus pinnatifida* fruit // *S. Afr. J. Bot.* 2013. Vol. 88. Article 432e437. DOI: 10.1016/j.sajb.2013.08.017.
94. Shao F., Gu L., Chen H., Liu R., Huang H., Ren G. Comparison of hypolipidemic and antioxidant effects of aqueous and ethanol extracts of *Crataegus pinnatifida* fruit in high-fat emulsion-induced hyperlipidemia rats // *Pharmacogn. Mag.* 2016. Vol. 12, no. 45. Pp. 64–69. DOI: 10.4103/0973-1296.176049.
95. Dong P., Pan L., Zhang X., Zhang W., Wang X., Jiang M., Chen Y., Duan Y., Wu H., Xu Y., Zhang P., Zhu Y. Hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) leaf flavonoids attenuate atherosclerosis development in apoE knock-out mice // *J. Ethnopharmacol.* 2017. Vol. 198. Pp. 479–488. DOI: 10.1016/j.jep.2017.01.040.
96. Chu C.Y., Lee M.J., Liao C.L., Lin W.L., Yin Y.F., Tseng T.H. Inhibitory effect of hot-water extract from dried fruit of *Crataegus pinnatifida* on low-density lipoprotein (LDL) oxidation in cell and cell-free systems // *J. Agric. Food Chem.* 2003. Vol. 51. Pp. 7583–7588. DOI: 10.1021/jf030407y.
97. Cui T., Nakamura K., Tian S., Kayahara H., Tian Y. Polyphenolic content and physiological activities of Chinese hawthorn extracts // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2006. Vol. 70, no. 12. Article 2948e2956. DOI: 10.1271/bbb.60361.
98. Li C., Han W., Wang M.-H. Antioxidant activity of hawthorn fruit in vitro // *J. Appl. Biol. Chem.* 2010. Vol. 53, no. 1. Pp. 8–12. DOI: 10.3839/jabc.2010.002.
99. Wang H., Zhang Z., Guo Y., Sun P., Lv X., Zuo Y. Hawthorn fruit increases the antioxidant capacity and reduces lipid peroxidation in senescence-accelerated mice // *Eur. Food Res. Technol.* 2011. Vol. 232, no. 5. Pp. 743–751. DOI: 10.1007/s00217-011-1435-7.
100. Cheng N., Wang Y., Gao H., Yuan J., Feng F., Cao W., Zheng J. Protective effect of extract of *Crataegus pinnatifida* pollen on DNA damage response to oxidative stress // *Food Chem. Toxicol.* 2013. Vol. 59. Pp. 709–714. DOI: 10.1016/j.fct.2013.07.015.
101. Duan Y., Kim M.-A., Kim H.-S., Seong J.-H., Lee Y.-G., Kim D.-S., Chung H.-S. Effects of feral haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) seed extracts on the antioxidant activities // *J. Life Sci.* 2014. Vol. 24, no. 4. Pp. 386–392. DOI: 10.5352/JLS.2014.24.4.386.
102. Kim H.-S., Duan Y. S., Kim M.-A., Jang S.-H. Contents of antioxidative components from pulpy and seed in wild haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) // *J. Environ. Sci. Intern.* 2014. Vol. 23, no. 11. Pp. 1791–1799. DOI: 10.5322/JESI.2014.23.11.1791.
103. Dou D., Leng P., Li Y., Zheng Y., Sun Y. Comparative study of antioxidant compounds and antiradical properties of the fruit extracts from three varieties of *Crataegus pinnatifida* // *J. Food Sci. Technol.-Mysore.* 2015. Vol. 52, no. 1. Pp. 430–436. DOI: 10.1007/s13197-013-0954-6.
104. Luo M., Hu J.-Y., Song Z.-Y., Jiao J., Mu F.-S., Ruan X., Gai Q.-Y., Qiao Q., Zu Y.-G., Fu Y.-J. Optimization of ultrasound-assisted extraction (UAE) of phenolic compounds from *Crataegus pinnatifida* leaves and evaluation of antioxidant activities of extracts // *RSC Advances.* 2015. Vol. 5, no. 83. Pp. 67532–67540. DOI: 10.1039/C5RA07445B.
105. Park S.-J., Kwon S.-P., Rha Y.-A. Antioxidative activities and whitening effects of ethanol extract from *Crataegus pinnatifida* Bunge fruit // *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 2017. Vol. 46, no. 10. Pp. 1158–1163. DOI: 10.3746/jkfn.2017.46.10.1158.
106. Park S.-J., Kwon S.-P., Rha Y. A. Enhancement of antioxidant activities of *Crataegus pinnatifida* Bunge fruit by ultrasonification extraction processes // *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 2017. Vol. 46, no. 7. Pp. 891–895.
107. Wen L., Guo X., Liu R. H., You L., Abbasi A. M., Fu X. Phenolic contents and cellular antioxidant activity of Chinese hawthorn "*Crataegus pinnatifida*" // *Food Chem.* 2015. Vol. 186. Pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.017.
108. Kang I.-H., Cha J.-H., Lee S.-W., Kim H.-J., Kwon S.-H., Ham I.-H., Hwang B.-S., Whang W.-K. Isolation of antioxidant from domestic *Crataegus pinnatifida* Bunge leaves // *Korean J. Pharmacogn.* 2005. Vol. 36, no. 2. Pp. 121–128.
109. Wang T., Zhang P., Zhao C., Zhang Y., Liu H., Hu L., Gao X., Zhang D. Prevention effect in selenite-induced cataract in vivo and antioxidative effects in vitro of *Crataegus pinnatifida* leaves // *Biol. Trace Elem. Res.* 2011. Vol. 142, no. 1. Pp. 106–116. DOI: 10.1007/s12011-010-8752-8.
110. Li T., Li S., Dong Y., Zhu R., Liu Y. Antioxidant activity of penta-oligogalacturonide, isolated from haw pectin, suppresses triglyceride synthesis in mice fed with a high-fat diet // *Food Chem.* 2014. Vol. 145. Pp. 335–341. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.08.036.

111. Zhang Z., Ho W.K.K., Huang Y., Chen Z.-Y. Hypocholesterolemic activity of hawthorn fruit is mediated by regulation of cholesterol-7 α -hydroxylase and acyl CoA: cholesterol acyltransferase // *Food Res. Intern.* 2002. Vol. 35, no. 9. Pp. 885–891. DOI: 10.1016/S0963-9969(02)00099-6.
112. Zhang Z., Ho W. K., Huang Y., James A. E., Lam L. W., Chen Z. Y. Hawthorn fruit is hypolipidemic in rabbits fed a high cholesterol diet // *J. Nutr.* 2002. Vol. 132, no. 1. Pp. 5–10. DOI: 10.1093/jn/132.1.5.
113. Min S.-W., Jung S.-H., Cho K.-H., Kim D.-H. Antihyperlipidemic effects of red ginseng, *Crataegii fructus* and their main constituents ginsenoside Rg3 and ursolic acid in mice // *Biomol. Therap.* 2008. Vol. 16, no. 4. Pp. 364–369. DOI: 10.4062/biomolther.2008.16.4.364.
114. Zhang Z., Ho W.K.K., Huang Y., Chen Z.-Y. Hypocholesterolemic activity of hawthorn fruit is mediated by regulation of cholesterol-7 α -hydroxylase and acyl CoA: cholesterol acyltransferase // *Food Res. Intern.* 2009. Vol. 35, no. 9. Pp. 885–891.
115. Kim H.-S., Kim M.-A., Jang S.-H. Improvement effect of hyperlipidemia by wild haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) // *J. Environ. Sci. Intern.* 2014. Vol. 23, no. 5. Pp. 787–792. DOI: 10.5322/JESI.2014.5.787.
116. Kim H.-S., Kim M.A., Duan Y., Jang S.-H., Lee W.-K., Ryu J.-Y. Effects of haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) on relaxation in the lipid components and blood glucose of lipid metabolism syndrome // *J. Environ. Sci. Intern.* 2014. Vol. 23, no. 6. Pp. 1021–1027. DOI: 10.5322/JESI.2014.23.6.1021.
117. Kim H.-S., Kim M.-F., Jang S.-H. Influences of Korean haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) on lipid concentration in hypercholesterolemia // *J. Environ. Sci. Intern.* 2014. Vol. 23, no. 5. Pp. 793–800. DOI: 10.5322/JESI.2014.5.793.
118. Seong J.-H. Effects of feral haw (*Crataegus pinnatifida* Bunge) on hepatic functional enzyme activity in dyslipidemic rats // *East Asian Soc. Diet. Life.* 2014. Vol. 24, no. 2. Pp. 176–182. DOI: 10.17495/easdl.2014.04.24.2.176.
119. Shao F., Gu L., Chen H., Liu R., Huang H., Chen L., Yang M. Evaluation of hypolipidemic and antioxidant effects in phenolrich fraction of *Crataegus pinnatifida* fruit in hyperlipidemia rats and identification of chemical composition by ultra-performance liquid chromatography coupled with quadropole time-of-flight mass spectrometry // *Pharmacogn. Mag.* 2017. Vol. 13, no. 52. Pp. 725–731. DOI: 10.4103/pm.pm_402_16.
120. Yoo J.-H., Liu Y., Kim H.-S. Hawthorn fruit extract elevates expression of Nrf2/HO-1 and improves lipid profiles in ovariectomized rats // *Nutrients.* 2016. Vol. 8, no. 5. Article 283. DOI: 10.3390/nu8050283.
121. Kwok C.-Y., Wong C. N.-Y., Yau M. Y.-C., Yu P. H.-F., Au A. L.-S., Poon C. C.-W., Seto S.-W., Lam T.-Z., Kwan Y.-W., Chan S.-W. Consumption of dried fruit of *Crataegus pinnatifida* (hawthorn) suppresses high-cholesterol diet-induced hypercholesterolemia in rats // *J. Functional Foods.* 2010. Vol. 2. Pp. 179–186. DOI: 10.1016/j.jff.2010.04.006.
122. Kwok C.-Y., Li C., Cheng H.-L., Ng Y.-F., Chan T.-Y., Kwan Y.-W., Leung G. P. H., Lee S. M. Y., Mok D. K. W., Yu P. H. F., Chan S.-W. Cholesterol lowering and vascular protective effects of ethanolic extract of dried fruit of *Crataegus pinnatifida*, hawthorn (Shan Zha), in diet-induced hypercholesterolaemic rat model // *J. Funct. Foods.* 2013. Vol. 5, no. 3. Pp. 1326–1335. DOI: 10.1016/j.jff.2013.04.020.
123. Zhu R.G., Sun Y.D., Li T.P., Chen G., Peng X., Duan W. B., Zheng Z.Z., Shi S. L., Xu J.G., Liu Y.H., Jin X.Y. Comparative effects of hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge) pectin and pectin hydrolyzates on the cholesterol homeostasis of hamsters fed high-cholesterol diets // *Chem. Biol. Interact.* 2015. Vol. 238. Pp. 42–74. DOI: 10.1016/j.cbi.2015.06.006.
124. Li T., Zhu R., Dong Y., Liu Y., Li S., Chen G. Effects of pectin pentaoligosaccharide from hawthorn (*Crataegus pinnatifida* Bunge. var. *major*) on the activity and mRNA levels of enzymes involved in fatty acid oxidation in the liver of mice fed a high-fat diet // *J. Agric. Food Chem.* 2013. Vol. 61, no. 31. Article 7599e7605. DOI: 10.1021/jf400283w.
125. Huang W., Ye X., Li X., Zhao Z., Lan P., Wang L., Liu M., Gao Y., Zhu J., Li P., Feng P. The inhibition activity of chemical constituents in hawthorn fruit and their synergistic action to HMG-CoA reductase // *Zhongguo Zhongyao Zazhi.* 2010. Vol. 35, no. 18. Pp. 2428–2431. DOI: 10.4268/cjcmm20101815.
126. Ye X.-L.I., Huang W.-W., Chen Z., Li X.-G., Li P., Lan P., Wang L., Gao Y., Zhao Z.-Q.I., Chen X. Synergetic effect and structure-activity relationship of 3-hydroxy-3-methylglutaryl coenzyme a reductase inhibitors from *Crataegus pinnatifida* Bge. // *J. Agric. Food Chem.* 2010. Vol. 58, no. 5. Pp. 3132–3138. DOI: 10.1021/jf903337f.
127. Wang T., An Y., Zhao C., Han L., Boakye-Yiadom M., Wang W., Zhang Y. Regulation effects of *Crataegus pinnatifida* leaf on glucose and lipids metabolism // *J. Agric. Food Chem.* 2011. Vol. 59, no. 9. Pp. 4987–4994. DOI: 10.1021/jf1049062.
128. Lin Y., Vermeer M.A., Trautwein E.A. Triterpenic acids present in hawthorn lower plasma cholesterol by inhibiting intestinal ACAT activity in hamsters // *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.* 2011. Article 801272. DOI: 10.1093/ecam/nep007.
129. Nam S.-M., Kang I.-J., Shin M.-H. Anti-diabetic and anti-oxidative activities of extracts from *Crataegus pinnatifida* // *East Asian Soc. Diet. Life.* 2015. Vol. 25, no. 2. Pp. 270–277. DOI: 10.17495/easdl.2015.4.25.2.270.
130. Li C., Son H.J., Huang C., Lee S.K., Lohakare J., Wang M.H. Comparison of *Crataegus pinnatifida* Bunge var. *typica* Schneider and *C. pinnatifida* Bunge fruits for antioxidant, anti- α -glucosidase, and antiinflammatory activities // *Food Sci. Biotechnol.* 2010. Vol. 19. Pp. 769–775. DOI: 10.1007/s10068-010-0108-9.
131. Shih C.C., Lin C.H., Lin Y.J., Wu J.B. Validation of the antidiabetic and hypolipidemic effects of hawthorn by assessment of gluconeogenesis and lipogenesis related genes and AMP-activated protein kinase phosphorylation // *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.* 2013. Article 597067. DOI: 10.1155/2013/597067.
132. Aierken A., Buchholz T., Chen C., Zhang X., Melzig M. F. Hypoglycemic effect of hawthorn in type II diabetes mellitus rat model // *J. Sci. Food Agric.* 2017. Vol. 97, no. 13. Pp. 4557–4561. DOI: 10.1002/jsfa.8323.

133. Lee Y.M., Kim Y.S., Kim J.M., Jang D.S., Kim J.H., Yoo J.L., Kim J.S. Screening of Korean herbal medicines with inhibitory activity on advanced glycation end products (AGEs) formation (II) // *Korean J. Pharmacogn.* 2008. Vol. 39, no. 3. Pp. 223–227.
134. Chowdhury S.S., Islam M.N., Jung H.A., Choi J.S. In vitro antidiabetic potential of the fruits of *Crataegus pinnatifida* // *Res. Pharm. Sci.* 2014. Vol. 9, no. 1. Pp. 11–22.
135. Lim D.W., Han T., Jung J., Song Y., Um M.Y., Yoon M., Kim Y.T., Cho S., Kim I.H., Han D., Lee C., Lee J. Chlorogenic acid from hawthorn berry (*Crataegus pinnatifida* fruit) prevents stress hormone-induced depressive behavior, through monoamine oxidase B-reactive oxygen species signaling in hippocampal astrocytes of mice // *Mol. Nutr. Food Res.* 2018. Article e1800029. DOI: 10.1002/mnfr.201800029.
136. Lee J., Kim H.-J., Lee C., Park S.H., Jung C.J., Beik G.Y., Shin J.G., Jung G.W. Comparative study on the effects of Korean and Chinese *Crataegus pinnatifida* on scopolamine-induced memory impairment in mice // *J. Physiol. Pathol. Korean Med.* 2018. Vol. 32, no. 6. Pp. 375–383. DOI: 10.15188/kjopp.2018.12.32.6.375.
137. Hong S.S., Hwang J.S., Lee S.A., Han X.H., Ro J.S., Lee K.S. Inhibitors of monoamine oxidase activity from the fruits of *Crataegus pinnatifida* Bunge // *Korean J. Pharmacogn.* 2002. Vol. 33, no. 4. Pp. 285–290.
138. Chang C.L., Lin C.S., Lai G.H. Phytochemical characteristics, free radical scavenging activities, and neuroprotection of five medicinal plant extracts // *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.* 2012. Article 984295. DOI: 10.1155/2012/984295.
139. Ryu H.-S., Kim Y.-K., Kwun I.-S., Kwon I.-S., Jin I.-N., Sohn Y.H. Thrombin inhibition activity of fructus extract of *Crataegus pinnatifida* Bunge // *J. Life Sci.* 2007. Vol. 17, no. 4. Pp. 535–539. DOI: 10.5352/JLS.2007.17.4.535.
140. Gao P., Li S., Liu K., Sun C., Song S., Li L. Antiplatelet aggregation and antithrombotic benefits of terpenes and flavones from hawthorn leaf extract isolated using the activity-guided method // *Food Funct.* 2019. Vol. 10, no. 2. Pp. 859–866. DOI: 10.1039/C8FO01862F.
141. Chen S.Y., Teng R.H., Wang M., Chen P.L., Lin M.C., Shen C.H., Chao C.N., Chiang M.K., Fang C.Y., Chang D. *Rhodiola kirilowii* radix et rhizoma and *Crataegus pinnatifida* fructus extracts effectively inhibit BK virus and JC virus infection of host cells // *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.* 2017. Article 5620867. DOI: 10.1155/2017/5620867.
142. Kim J.W., Lee J.B. Screening for antimicrobial activity from Korean plants // *Korean J. Food Nutr.* 2002. Vol. 15, no. 4. Pp. 300–306.
143. Ryu H.-Y., Ahn S.-M., Kim J.-S., Jung I.-C., Sohn H.-Y. Antimicrobial activity of fruit of *Crataegus pinnatifida* Bunge against multidrug resistant pathogenic *Pseudomonas aeruginosa* and *Candida* sp. // *Korean J. Microbiol. Biotechnol.* 2010. Vol. 38, no. 1. Pp. 77–83.
144. Li F., Yuan Q., Rashid F. Isolation, purification and immunobiological activity of a new water-soluble bee pollen polysaccharide from *Crataegus pinnatifida* Bge. // *Carbohydr. Polym.* 2009. Vol. 78, no. 1. Pp. 80–88. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.04.005.
145. Ahn S.C., Kim B.Y., Oh W.K., Lee M.S., Bae E.Y., Kang D.W., Ahn J.S. Screening of inhibitory activity of medicinal plants against heparinase // *Korean J. Pharmacogn.* 2002. Vol. 33, no. 2. Pp. 144–150.
146. Li Z., Xu J., Zheng P., Xing L., Shen H., Yang L., Zhang L., Ji G. Hawthorn leaf flavonoids alleviate nonalcoholic fatty liver disease by enhancing the adiponectin/AMPK pathway // *Int. J. Clin. Exp. Med.* 2015. Vol. 8, no. 10. Pp. 17295–17307.
147. Song E.J., Kim N.Y., Heo M.Y. Protective effect of Korean medicinal plants on ethanol-induced cytotoxicity in HepG2 Cells // *Nat. Prod. Sci.* 2013. Vol. 19, no. 4. Pp. 329–336.
148. Shin H.S., Lee J.M., Park S.Y., Yang J.E., Kim J.H., Yi T.H. Hair growth activity of *Crataegus pinnatifida* on C57BL/6 mouse model // *Phytother. Res.* 2013. Vol. 27, no. 9. Pp. 1352–1357. DOI: 10.1002/ptr.4870.
149. Zhang S., Zhang C., Li M., Chen X., Ding K. Structural elucidation of a glucan from *Crataegus pinnatifida* and its bioactivity on intestinal bacteria strains // *Int. J. Biol. Macromol.* 2019. Vol. 128. Pp. 435–443. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.158.
150. Ryu S.H., Char J.W. Effects of *Crataegus pinnatifida* (CP) on allergic contact dermatitis (ACD) induced by DNCB in mice // *J. Pediatr. Korean Med.* 2014. Vol. 28, no. 3. Pp. 59–73. DOI: 10.7778/jpkm.2014.28.3.059.

Поступила в редакцию 30 октября 2019 г.

После переработки 19 ноября 2019 г.

Принята к публикации 12 декабря 2019 г.

Для цитирования: Буданцев А.Л., Беленовская Л.М., Битюкова Н.В. Компонентный состав и биологическая активность *Crataegus pinnatifida* (Rosaceae) (обзор) // *Химия растительного сырья.* 2020. №4. С. 31–58. DOI: 10.14258/jcrpm.2020046612.

*Budantsev A.L.**, *Belenovskaya L.M.*, *Bitjukova N.V.* COMPONENT COMPOSITION AND BIOLOGICAL ACTIVITY OF *CRATAEGUS PINNATIFIDA* (ROSACEAE) (REVIEW)

Botanical Institute. V.L. Komarov RAS (BIN RAS), st. Professors Popova, 2, St. Petersburg, 197376 (Russia)

Information on the diversity of the composition of terpenoids, phenolic compounds (phenylpropanoids, lignans, flavonoids) and other groups of secondary metabolites of *Crataegus pinnatifida*, published in the world literature over the past decades, is presented. Structural formulas are also indicated for new components isolated from *C. pinnatifida*. Among the new terpenoids of the leaves, fruits, and seeds of *C. pinnatifida*, mono- and sesquiterpenic glycosides (shanyesides, pinnatifidosides, etc.), as well as triterpenic acids of the oleanan series, predominate. Among the phenolic compounds in the leaves and seeds, new biphenyl glycosides (shanyenosides), derivatives of cinnamaldehyde (crataegusoids), crataegusanoids and other phenylpropanoids were found. The most diverse in various parts of *C. pinnatifida*, especially in the seeds, are lignans of various types of structure, in particular sesquilignan glycosides, as well as new lignans (pinnatifidanins, pinnatifidaninsides, neolignans of the dibenzofuran series and other substances). In addition to these groups, new flavonoids, flavanocoumarins, and naphthoquinones were found in leaves, flowers, fruits, and seeds. The results of pharmacological studies showing the presence of cytotoxic, anti-inflammatory, antioxidant, antidiabetic, hypocholesterolemic, thrombolytic, neuroprotective, antibacterial and other types of biological activity found in extracts, their fractions, as well as individual compounds of various organs and parts of *C. pinnatifida* are presented.

Keywords: *Crataegus pinnatifida*, phenolic compounds, terpenoids, lignans, cytotoxic, anti-inflammatory, neuroprotective, hypoglycemic activity.

References

1. Tsvelev N.N. *Flora Vostochnoy Evropy*. [Flora of Eastern Europe]. St. Petersburg, 2001, vol. 10, pp. 557–586. (in Russ.).
2. Kamelin R.V. *Rozotsvetnyye (Rosaceae)*. [Rosaceae (Rosaceae)]. Barnaul, 2006, 100 p. (in Russ.).
3. *Konspekt flory Aziatskoy Rossii: Sosudistyye rasteniya*. [Abstract of the flora of Asian Russia: Vascular plants]. Ed. K.S. Baikov. Novosibirsk, 2012. 640 c. (in Russ.).
4. Cuizhi G., Spongberg S. A. *Crataegus*. URL: www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=2&taxon_id=108272
5. Phipps J.B. *Crataegus*. URL: www.efloras.org/florataxon.aspx?flora_id=1&taxon_id=108272
6. Nedoluzhko V.A. *Sosudistyye rasteniya Dal'nego Vostoka*. [Vascular plants of the Far East]. St. Petersburg, 1996, vol. 8, pp. 147–151. (in Russ.).
7. Palov M. *Entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy*. [Encyclopedia of medicinal plants]. Moscow, 1998, 467 p. (in Russ.).
8. *Lekarstvennoye syr'ye rastitel'nogo i zhivotnogo proiskhozhdeniya. Farmakognosiya*. [Medicinal raw materials of plant and animal origin. Pharmacognosy]. Ed. G.P. Yakovlev. St. Petersburg, 2006, 845 p. (in Russ.).
9. Edwards J.E., Brown P.N., Talent N., Dickinson T.A., Shipley P.R. *Phytochemistry*, 2012, vol. 79, pp. 5–26. DOI: 10.1016/j.phytochem.2012.04.006.
10. Chang Q., Zuo Z., Harrison F., Chow M.S.S. *J. Clin. Pharmacol.*, 2002, vol. 42, pp. 605–612. DOI: 10.1177/00970002042006003.
11. Moon H.I., Kim T.I., Cho H.S., Kim E.K. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2010, vol. 20, no. 3, pp. 991–993. DOI: 10.1016/j.bmcl.2009.12.059.
12. Pharmacopoeia of the People's Republic of China. Beijing, 2005, vol. 1. 791 p., App.
13. Liu R.-H., Yu B.-Y., Qiu S.-X., Bai G.-C. *Chin. Pharmaceut. J.*, 2005, vol. 40, no. 14, pp. 1066–1069.
14. Liu R.-H., Yu B.-Y., Chen L.-Y., Yang M., Shao F., Ma Z.-L. *J. China Pharmaceut. Univ.*, 2008, vol. 39, no. 5, pp. 428–432.
15. Liu T., Cao Y., Zhao M. *Food Chem.*, 2010, vol. 119, no. 4, pp. 1656–1662. DOI: 10.1016/j.foodchem.2009.09.001.
16. Liu S., Sui Q., Zou J., Zhao Y., Chang X. *J. Food Biochem.*, 2018, vol. 43, no. 2. Article e12708. DOI: 10.1111/jfbc.12708.
17. Kuo D.H., Yeh C.H., Shieh P.C., Cheng K.C., Chen F.A., Cheng J.T. *J. Ethnopharmacol.*, 2009, vol. 124, no. 3, pp. 544–550. DOI: 10.1016/j.jep.2009.05.005.
18. Niu C., Chen C., Chen L., Cheng K., Yeh C., Cheng J. *Horm. Metab. Res.*, 2011, vol. 43, no. 9, pp. 625–630. DOI: 10.1055/s-0031-1283147.
19. Choi Y.J., Hwang K.H. *Nat. Prod. Sci.*, 2013, vol. 19, no. 2, pp. 186–191.
20. Li T., Zhu J., Guo L., Shi X.L., Liu Y.F., Yang X.B. *Food Chem.*, 2013, vol. 141, no. 2. Article 1008e1018. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.04.050.
21. Zhang J., Liang R., Wang L., Yan R., Hou R., Gao S., Yang B. *J. Ethnopharmacol.*, 2013, vol. 148, no. 2, pp. 563–569. DOI: 10.1016/j.jep.2013.04.053.
22. Chai W.M., Chen C.M., Gao Y.S., Feng H.L., Ding Y.M., Shi Y., Zhou H.T., Chen Q.X. *J. Agric. Food Chem.*, 2014, vol. 62, no. 1, pp. 123–129. DOI: 10.1021/jf405385j.
23. Wen L., Guo R., You L., Abbasi A.M., Li T., Fu X., Liu R.H. *Food Chem. Toxicol.*, 2017, vol. 100, pp. 149–160. DOI: 10.1016/j.fct.2016.12.032.
24. Zheng G., Deng J., Wen L., You L., Zhao Z., Zhou L. *J. Funct. Foods.*, 2018, vol. 40, pp. 76–85. DOI: 10.1016/j.jff.2017.10.039.
25. Jurikova T., Sochor J., Rop O., Mlcek J., Balla S., Szekeres L., Adam V., Kizek R. *Molecules*, 2012, vol. 17, no. 12, pp. 14490–14509. DOI: 10.3390/molecules171214490.
26. Wu J., Peng W., Qin R., Zhou H. *Molecules*, 2014, vol. 19, no. 2, pp. 1685–1712. DOI: 10.3390/molecules19021685.
27. Dehghani S., Mehri S., Hosseinzadeh H. *Iran. J. Basic Med. Sci.*, 2019, vol. 22, no. 5, pp. 460–468.

* Corresponding author.

28. Sun X., Yao Q. *Zhongcaoyao*, 1987, vol. 18, no. 10, pp. 441–454.
29. Park S.-W., Yook C.-S., Lee H.-K. *Korean J. Pharmacogn.*, 1994, vol. 25, no. 4, pp. 328–335.
30. Chen L., Xie B., Yu T.-H. *Se Pu.*, 1997, vol. 15, no. 3, pp. 219–221.
31. Jeong T.-S., Hwang E.-L., Lee H.-B., Lee E.-S., Kim Y.-K., Min B.-S., Bae K.-H., Bok S.-H., Kim S.-U. *Planta Med.*, 1999, vol. 65, no. 3, pp. 261–263. DOI: 10.1055/s-2006-960474.
32. Min B.S., Kim Y.-H., Lee S.-M., Jung H.-J., Lee J.S., Na M.K., Lee C.O., Lee J.P., Bae K. *Arch. Pharmacol Res.*, 2000, vol. 23, no. 2, pp. 155–158. DOI: 10.1007/BF02975505.
33. Zhang P.-C., Xu S. *Zhongguo Yaowu Huaxue Zazhi*, 1999, vol. 9, no. 3, pp. 214–215.
34. Zhang P.-C., Xu S.-X. *Phytochemistry*, 2001, vol. 57, no. 8, pp. 1249–1253. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00170-4.
35. Bykov I.I., Glyzin V.I. *Khimiya prirodnikh soyedineniy*, 1972, no. 5, pp. 672–673. (in Russ.).
36. Xie Y., Dai L., Guo M., Xue W., Nu W., Chai W. *Zhwn. Xuebao*, 1981, vol. 83, no. 5, pp. 383–388.
37. Gao P.-Y., Li L.-Z., Peng Y., Li F.-F., Niu C., Huang X.-X., Ming M., Song S.-J. *Biochem. Syst. Ecol.*, 2010, vol. 38, no. 5, pp. 988–992. DOI: 10.1016/j.bse.2010.09.010.
38. Song S.-J., Li L.-Z., Gao P.-Y., Peng Y., Yang J.-Y., Wu C.-F. *Food Chem.*, 2011, vol. 129, no. 3, pp. 933–939. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.05.049.
39. Huang X.X., Guo D.-D., Li L.-Z., Lou L.-L., Li D.-M., Zhou C.-C. Peng Y., Song S.-J. *Biochem. Syst. Ecol.*, 2013, vol. 48, pp. 1–5. DOI: 10.1016/j.bse.2012.12.001.
40. Li L.-Z., Gao P.-Y., Song S.-J., Yuan Y.-Q., Liu C.-T., Huang X.-X., Liu Q.-B. *J. Funct. Foods*, 2015, vol. 12, pp. 237–245. DOI: 10.1016/j.jff.2014.11.012.
41. Zhou C.C., Huang X.X., Gao P.Y., Li F.F., Li D.M., Li L.Z., Song S.J. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2014, vol. 16, no. 2, pp. 169–174. DOI: 10.1080/10286020.2013.848429.
42. Gao P.-Y., Li L.-Z., Liu K.-C., Sun C., Sun X., Wu Y.-N., Song S.-J. *RSC Advances*, 2017, vol. 7, no. 76, pp. 48466–48474. DOI: 10.1039/C7RA10768D.
43. Qiao A.M., Wang Y.H., Xiang L.M., Zhang Z.X., He X.J. *J. Func. Foods*, 2015, vol. 13, pp. 308–313. Article 308e313. DOI: 10.1016/j.jff.2014.12.047.
44. Huang X.X., Niu C., Gao P., Li L., Ming M., Song S. *J. Shenyang Pharm. Univ.*, 2010, vol. 27, pp. 615–618.
45. Min B.S., Jung H.J., Lee J.S., Kim Y.H., Bok S.H., Ma C.M., Nakamura N., Hattori M., Bae K. *Planta Med.*, 1999, vol. 65, no. 4, pp. 374–375. DOI: 10.1055/s-2006-960792.
46. Cui T., Li J.-Z., Kayahara H., Ma L., Wu L.-X., Nakamura K. *J. Agric. Food Chem.*, 2006, vol. 54, no. 13, pp. 4574–4581. DOI: 10.1021/jf060310m.
47. Liu R.-H., Yu B.-Y. *Zhong Yao Cai*, 2006, vol. 29, no. 11, pp. 1169–1173.
48. Ahn K.-S., Hahn M.S., Park E.J., Lee H.-K., Kim I.-H. *Planta Med.*, 1998, vol. 64, no. 5, pp. 468–470. DOI: 10.1055/s-2006-957487.
49. Chen L.S., Lv L., Xu S.W., Xin Y. *Lishizhen Med. Mater. Medica Res.*, 2008, vol. 19, no. 12, pp. 2909–2910.
50. Zhong L., Wang Y.W., Peng W., Liu Y.J., Wan J., Yang S.L., Li L., Wu C.J., Zhou X. *Trop. J. Pharm. Res.*, 2015, vol. 14, no. 5, pp. 891–898. DOI: 10.4314/tjpr.v14i5.20.
51. Wang X., Che Q., Li Y., He Y. *Zhongguo Zhonggyao Zazhi*, 1999, vol. 24, no. 12, pp. 739–740.
52. Chen G., Liu W. *J. Liq. Chromatogr. Related Technol.*, 2005, vol. 28, no. 2, pp. 223–232. DOI: 10.1081/JLC-200041295.
53. Gao Z., Wang R.-F., Kang X.-H., Qin A.-X., Jia Y. N., He T.-S., Pan Y.-L., Cui T. *Asian J. Chem.*, 2014, vol. 26, no. 16, pp. 5053–5057. DOI: 10.14233/ajchem.2014.16312.
54. Huang X.X., Liu S., Lou L.-L., Liu Q.-B., Zhou C.-C., Li L.-Z., Peng Y., Song S.-J. *Biochem. Syst. Ecol.*, 2014, vol. 54, pp. 208–212. DOI: 10.1016/j.bse.2014.01.018.
55. Song S.J., Li L.Z., Gao P.Y., Yuan Y.Q., Wang R.P., Liu K.C., Peng Y. *Planta Med.*, 2012, vol. 78, no. 18, pp. 1967–1971. DOI: 10.1055/s-0032-1327877.
56. Guo R., Lin B., Shang X.Y., Zhou L., Yao G.D., Huang X.X., Song S.J. *Fitoterapia*, 2018, vol. 127, pp. 301–307. DOI: 10.1016/j.fitote.2018.03.003.
57. Guo R., Shang X.-Y., Lv T.-M., Yao G.-D., Lin B., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. *Phytochemistry*, 2019, vol. 18, pp. 30613–30617. DOI: 10.1016/j.phytochem.2019.05.005.
58. Li L.Z., Peng Y., Niu C., Gao P.Y., Huang X.X., Mao X.L., Song S.J. *Chin. J. Nat. Med.*, 2013, vol. 11, no. 4, pp. 411–414. DOI: 10.1016/S1875-5364(13)60061-8.
59. Huang X.X., Zhou C.C., Li L.Z., Li F.F., Lou L.L., Li D.M., Ikejima T., Peng Y., Song S.J. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2013, vol. 23, no. 20, pp. 5599–5604. DOI: 10.1016/j.bmcl.2013.08.045.
60. Huang X.X., Zhou C.C., Li L.Z., Peng Y., Lou L.L., Liu S., Li D.M., Ikejima T., Song S.J. *Fitoterapia*, 2013, vol. 91, pp. 217–223. DOI: 10.1016/j.fitote.2013.09.011.
61. Huang X.X., Liu Q.B., Wu J., Yu L.H., Cong Q., Zhang Y., Lou L.L., Li L.Z., Song S.J. *Planta Med.*, 2014, vol. 80, no. 18, pp. 1732–1738. DOI: 10.1055/s-0034-1383253.
62. Huang X.X., Bai M., Zhou L., Lou L.L., Liu Q.B., Zhang Y., Li L.Z., Song S.J. *J. Agric. Food Chem.*, 2015, vol. 63, no. 32, pp. 7252–7260. DOI: 10.1021/acs.jafc.5b02835.
63. Huang X.X., Liu Q.-B., Zhou L., Liu S., Cheng Z.-Y., Sun Q., Li L.-Z., Song S.-J. *Rec. Nat. Prod.*, 2015, vol. 9, no. 3, pp. 305–311.
64. Peng Y., Lou L.L., Liu S.F., Zhou L., Huang X.X., Song S.J. *Bioorg. Med. Chem. Lett.*, 2016, vol. 26, no. 22, pp. 5501–5506. DOI: 10.1016/j.bmcl.2016.10.012.

65. Huang X.X., Ren Q., Song X.Y., Zhou L., Yao G.D., Wang X.B., Song S.J. *Fitoterapia*, 2018, vol. 125, pp. 6–12. DOI: 10.1016/j.fitote.2017.12.010.
66. Huang X.X., Xu Y., Bai M., Zhou L., Song S.-J., Wang X.-B. *Nat. Prod. Res.*, 2018, vol. 32, no. 14, pp. 1706–1713. DOI: 10.1080/14786419.2017.1399378.
67. Guo R., Zhou L., Zhao P., Wang X.B., Huang X.X., Song S.J. *Nat. Prod. Res.*, 2018, vol. 9, pp. 1–7. DOI: 10.1080/14786419.2018.1448814.
68. Guo R., Lv T.-M., Han F.-Y., Lin B., Yao G.-D., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. *Bioorg. Chem.*, 2019, vol. 85, pp. 469–474. DOI: 10.1016/j.bioorg.2019.02.018.
69. Cheng Z.-Y., Lou L.-L., Yang P.-Y., Song X.-Y., Wang X.-B., Huang X.-X., Song S.-J. *Fitoterapia*, 2019, vol. 133, pp. 225–230. DOI: 10.1016/j.fitote.2019.01.008.
70. Zhao P., Lou L.L., Zhang H., Guo R., Wang X.B., Huang X.X., Song S.J. *Nat. Prod. Res.*, 2019. DOI: 10.1080/14786419.2019.1655415.
71. Zhao P., Zhang H., Han F.-Y., Guo R., Huang S.-W., Lin B., Huang X.-X., Song S.-J. *Fitoterapia*, 2019, vol. 136. Article 104164. DOI: 10.1016/j.fitote.2019.05.003.
72. Zhang P.-C., Xu S.-X. *Chin. Chem. Lett.*, 2000, vol. 11, no. 10, pp. 895–896.
73. Zhang P.-C., Zhou Y.-J., Xu S.-X. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2001, vol. 3, no. 1, pp. 77–82. DOI: 10.1080/1028602010804284.
74. Zhang P.-C., Xu S.-X. *Chin. Chem. Lett.*, 2002, vol. 13, no.4, pp. 337–340.
75. Zhang P.-C., Xu S.-X. *J. Asian Nat. Prod. Res.*, 2003, vol. 5, no. 2, pp. 131–136.
76. Li H., Song F., Xing J., Rong T., Liu Z., Liu S. *J. Am. Soc. Mass Spectrom.*, 2009, vol. 20, pp. 1496–1503. DOI: 10.1016/j.jasms.2009.04.003.
77. Ding X., Jiang Y., Zhong Y., Zuo C. *Zhongguo Zhong Yao Za Zhi*, 1990, vol. 15, no. 5, pp. 295–297.
78. Sun J., Yang S., Xie H., Li G., Qin H. *Zhongcaoyao*, 2002, vol. 33, no. 6, pp. 483–486.
79. Ying X., Wang R., Xu J., Zhang W., Li H., Zhang C., Li F. *J. Chromatogr. Sci.*, 2009, vol. 47, no. 3, pp. 201–205. DOI: 10.1093/chromsci/47.3.201.
80. Oh I.S., Whang W.K., Kim I.H. *Arch. Pharmacol. Res.*, 1994, vol. 17, no. 5, pp. 314–317. DOI: 10.1007/BF02974168.
81. Liu W., Chen G.-H., Cui T. *J. Chromatogr. Sci.*, 2003, vol. 41, no. 2, pp. 87–91. DOI: 10.1093/chromsci/41.2.87.
82. Cheng S., Qiu F., Huang J., He J.-Q. *J. Sep. Sci.*, 2007, vol. 30, pp. 717–721. DOI: 10.1002/jssc.200600353.
83. Liu P., Kallio H., Lü D., Zhou C., Yang B. *Food Chem.*, 2011, vol. 127, no. 3, pp. 1370–1377. DOI: 10.1016/j.foodchem.2011.01.103.
84. Luo M., Yang X., Hu J.-Y., Jiao J., Mu F.-S., Song Z.-Y., Gai Q.-Y., Qiao Q., Ruan X., Fu Y.-J. *J. Food Sci.*, 2016, vol. 81, no. 5, pp. C1102–C1109. DOI: 10.1111/1750-3841.13291.
85. Kazuma K., Isobe Y., Asahina H., Nehira T., Satake M., Konno K. *Nat. Prod. Commun.*, 2016, vol. 11, no. 7, pp. 965–969. DOI: 10.1177/1934578X1601100724.
86. Min B.S., Huong H.T., Kim J.H., Jun H.J., Na M.K., Nam N.H., Lee H.K., Bae K., Kang S.S. *Planta Med.*, 2004, vol. 70, no. 12, pp. 1166–1169. DOI: 10.1055/s-2004-835846.
87. Shi Y., Ding X. *Zhongcaoyao*, 2000, vol. 31, no. 3, pp. 173–174.
88. Kao E.S., Wang C.J., Lin W.L., Chu C.Y., Tseng T.H. *Food Chem. Toxicol.*, 2007, vol. 45, no. 10, pp. 1795–1804. DOI: 10.1016/j.fct.2007.03.016.
89. Min H.-J., Kim Y.-K., Bae Y.-S. *J. Korean Wood Sci. Technol.*, 2017, vol. 45, no. 3, pp. 317–326. DOI: 10.5658/WOOD.2017.45.3.317.
90. Shin I.S., Lee M.Y., Lim H.S., Ha H., Seo C.S., Kim J.C., Shin H.K. *PLoS One*, 2012, vol. 7, no. 9. Article e45734. DOI: 10.1371/journal.pone.0045734.
91. Li C., Wang M.H. *Nutr. Res. Pract.*, 2011, vol. 5, no. 2, pp. 101–106. DOI: 10.4162/nrp.2011.5.2.101.
92. Kao E.S., Wang C.J., Lin W.L., Yin Y.F., Wang C.P., Tseng T.H. *J. Agric. Food Chem.*, 2005, vol. 53, no. 2, pp. 430–436. DOI: 10.1021/jf040231f.
93. Chang C.L., Chen H.S., Shen Y.C., Lai G.H., Lin P.K., Wang C.M.S. *Afr. J. Bot.*, 2013, vol. 88. Article 432e437. DOI: 10.1016/j.sajb.2013.08.017.
94. Shao F., Gu L., Chen H., Liu R., Huang H., Ren G. *Pharmacogn. Mag.*, 2016, vol. 12, no. 45, pp. 64–69. DOI: 10.4103/0973-1296.176049.
95. Dong P., Pan L., Zhang X., Zhang W., Wang X., Jiang M., Chen Y., Duan Y., Wu H., Xu Y., Zhang P., Zhu Y. *J. Ethnopharmacol.*, 2017, vol. 198, pp. 479–488. DOI: 10.1016/j.jep.2017.01.040.
96. Chu C.Y., Lee M.J., Liao C.L., Lin W.L., Yin Y.F., Tseng T.H. *J. Agric. Food Chem.*, 2003, vol. 51, pp. 7583–7588. DOI: 10.1021/jf030407y.
97. Cui T., Nakamura K., Tian S., Kayahara H., Tian Y. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2006, vol. 70, no. 12. Article 2948e2956. DOI: 10.1271/bbb.60361.
98. Li C., Han W., Wang M.-H. *J. Appl. Biol. Chem.*, 2010, vol. 53, no. 1, pp. 8–12. DOI: 10.3839/jabc.2010.002.
99. Wang H., Zhang Z., Guo Y., Sun P., Lv X., Zuo Y. *Eur. Food Res. Technol.*, 2011, vol. 232, no. 5, pp. 743–751. DOI: 10.1007/s00217-011-1435-7.
100. Cheng N., Wang Y., Gao H., Yuan J., Feng F., Cao W., Zheng J. *Food Chem. Toxicol.*, 2013, vol. 59, pp. 709–714. DOI: 10.1016/j.fct.2013.07.015.
101. Duan Y., Kim M.-A., Kim H.-S., Seong J.-H., Lee Y.-G., Kim D.-S., Chung H.-S. *J. Life Sci.*, 2014, vol. 24, no. 4, pp. 386–392. DOI: 10.5352/JLS.2014.24.4.386.

102. Kim H.-S., Duan Y.S., Kim M.-A., Jang S.-H. *J. Environ. Sci. Intern.*, 2014, vol. 23, no. 11, pp. 1791–1799. DOI: 10.5322/JESI.2014.23.11.1791.
103. Dou D., Leng P., Li Y., Zheng Y., Sun Y. *J. Food Sci. Technol.-Mysore*, 2015, vol. 52, no. 1, pp. 430–436. DOI: 10.1007/s13197-013-0954-6.
104. Luo M., Hu J.-Y., Song Z.-Y., Jiao J., Mu F.-S., Ruan X., Gai Q.-Y., Qiao Q., Zu Y.-G., Fu Y.-J. *RSC Advances*, 2015, vol. 5, no. 83, pp. 67532–67540. DOI: 10.1039/C5RA07445B.
105. Park S.-J., Kwon S.-P., Rha Y.-A. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 2017, vol. 46, no. 10, pp. 1158–1163. DOI: 10.3746/jkfn.2017.46.10.1158.
106. Park S.-J., Kwon S.-P., Rha Y.A. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 2017, vol. 46, no. 7, pp. 891–895.
107. Wen L., Guo X., Liu R.H., You L., Abbasi A.M., Fu X. *Food Chem.*, 2015, vol. 186, pp. 54–62. DOI: 10.1016/j.foodchem.2015.03.017.
108. Kang I.-H., Cha J.-H., Lee S.-W., Kim H.-J., Kwon S.-H., Ham I.-H., Hwang B.-S., Whang W.-K. *Korean J. Pharmacogn.*, 2005, vol. 36, no. 2, pp. 121–128.
109. Wang T., Zhang P., Zhao C., Zhang Y., Liu H., Hu L., Gao X., Zhang D. *Biol. Trace Elem. Res.*, 2011, vol. 142, no. 1, pp. 106–116. DOI: 10.1007/s12011-010-8752-8.
110. Li T., Li S., Dong Y., Zhu R., Liu Y. *Food Chem.*, 2014, vol. 145, pp. 335–341. DOI: 10.1016/j.foodchem.2013.08.036.
111. Zhang Z., Ho W.K.K., Huang Y., Chen Z.-Y. *Food Res. Intern.*, 2002, vol. 35, no. 9, pp. 885–891. DOI: 10.1016/S0963-9969(02)00099-6.
112. Zhang Z., Ho W.K., Huang Y., James A.E., Lam L.W., Chen Z.Y. *J. Nutr.*, 2002, vol. 132, no. 1, pp. 5–10. DOI: 10.1093/jn/132.1.5.
113. Min S.-W., Jung S.-H., Cho K.-H., Kim D.-H. *Biomol. Therap.*, 2008, vol. 16, no. 4, pp. 364–369. DOI: 10.4062/biomolther.2008.16.4.364.
114. Zhang Z., Ho W.K.K., Huang Y., Chen Z.-Y. *Food Res. Intern.*, 2009, vol. 35, no. 9, pp. 885–891.
115. Kim H.-S., Kim M.-A., Jang S.-H. *J. Environ. Sci. Intern.*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 787–792. DOI: 10.5322/JESI.2014.5.787.
116. Kim H.-S., Kim M.A., Duan Y., Jang S.-H., Lee W.-K., Ryu J.-Y. *J. Environ. Sci. Intern.*, 2014, vol. 23, no. 6, pp. 1021–1027. DOI: 10.5322/JESI.2014.23.6.1021.
117. Kim H.-S., Kim M.-F., Jang S.-H. *J. Environ. Sci. Intern.*, 2014, vol. 23, no. 5, pp. 793–800. DOI: 10.5322/JESI.2014.5.793.
118. Seong J.-H. *East Asian Soc. Diet. Life.*, 2014, vol. 24, no. 2, pp. 176–182. DOI: 10.17495/easdl.2014.04.24.2.176.
119. Shao F., Gu L., Chen H., Liu R., Huang H., Chen L., Yang M. *Pharmacogn. Mag.*, 2017, vol. 13, no. 52, pp. 725–731. DOI: 10.4103/pm.pm_402_16.
120. Yoo J.-H., Liu Y., Kim H.-S. *Nutrients*, 2016, vol. 8, no. 5. Article 283. DOI: 10.3390/nu8050283.
121. Kwok C.-Y., Wong C. N.-Y., Yau M. Y.-C., Yu P. H.-F., Au A. L.-S., Poon C. C.-W., Seto S.-W., Lam T.-Z., Kwan Y.-W., Chan S.-W. *J. Functional Foods*, 2010, vol. 2, pp. 179–186. DOI: 10.1016/j.jff.2010.04.006.
122. Kwok C.-Y., Li C., Cheng H.-L., Ng Y.-F., Chan T.-Y., Kwan Y.-W., Leung G.P.H., Lee S.M.Y., Mok D.K.W., Yu P.H.F., Chan S.-W. *J. Funct. Foods*, 2013, vol. 5, no. 3, pp. 1326–1335. DOI: 10.1016/j.jff.2013.04.020.
123. Zhu R.G., Sun Y.D., Li T.P., Chen G., Peng X., Duan W. B., Zheng Z.Z., Shi S.L., Xu J.G., Liu Y. H., Jin X.Y. *Chem. Biol. Interact.*, 2015, vol. 238, pp. 42–74. DOI: 10.1016/j.cbi.2015.06.006.
124. Li T., Zhu R., Dong Y., Liu Y., Li S., Chen G. *J. Agric. Food Chem.*, 2013, vol. 61, no. 31. Article 7599e7605. DOI: 10.1021/jf400283w.
125. Huang W., Ye X., Li X., Zhao Z., Lan P., Wang L., Liu M., Gao Y., Zhu J., Li P., Feng P. *Zhongguo Zhongyao Zazhi*, 2010, vol. 35, no. 18, pp. 2428–2431. doi: 10.4268/cjcm.20101815.
126. Ye X.-L.I., Huang W.-W., Chen Z., Li X.-G., Li P., Lan P., Wang L., Gao Y., Zhao Z.-Q.I., Chen X. *J. Agric. Food Chem.*, 2010, vol. 58, no. 5, pp. 3132–3138. DOI: 10.1021/jf903337f.
127. Wang T., An Y., Zhao C., Han L., Boakye-Yiadom M., Wang W., Zhang Y. *J. Agric. Food Chem.*, 2011, vol. 59, no. 9, pp. 4987–4994. DOI: 10.1021/jf1049062.
128. Lin Y., Vermeer M.A., Trautwein E.A. *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.*, 2011. Article 801272. DOI: 10.1093/ecam/nep007.
129. Nam S.-M., Kang I.-J., Shin M.-H. *East Asian Soc. Diet. Life*, 2015, vol. 25, no. 2, pp. 270–277. DOI: 10.17495/easdl.2015.4.25.2.270.
130. Li C., Son H.J., Huang C., Lee S.K., Lohakare J., Wang M.H. *Food Sci. Biotechnol.*, 2010, vol. 19, pp. 769–775. DOI: 10.1007/s10068-010-0108-9.
131. Shih C.C., Lin C.H., Lin Y.J., Wu J.B. *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.*, 2013. Article 597067. DOI: 10.1155/2013/597067.
132. Aierken A., Buchholz T., Chen C., Zhang X., Melzig M.F. *J. Sci. Food Agric.*, 2017, vol. 97, no. 13, pp. 4557–4561. DOI: 10.1002/jsfa.8323.
133. Lee Y.M., Kim Y.S., Kim J.M., Jang D.S., Kim J.H., Yoo J.L., Kim J.S. *Korean J. Pharmacogn.*, 2008, vol. 39, no. 3, pp. 223–227.
134. Chowdhury S.S., Islam M.N., Jung H.A., Choi J.S. *Res. Pharm. Sci.*, 2014, vol. 9, no. 1, pp. 11–22.
135. Lim D.W., Han T., Jung J., Song Y., Um M.Y., Yoon M., Kim Y.T., Cho S., Kim I.H., Han D., Lee C., Lee J. *Mol. Nutr. Food Res.*, 2018. Article e1800029. DOI: 10.1002/mnfr.201800029.
136. Lee J., Kim H.-J., Lee C., Park S.H., Jung C.J., Beik G.Y., Shin J.G., Jung G.W. *J. Physiol. Pathol. Korean Med.*, 2018, vol. 32, no. 6, pp. 375–383. DOI: 10.15188/kjopp.2018.12.32.6.375.

137. Hong S.S., Hwang J.S., Lee S.A., Han X.H., Ro J.S., Lee K.S. *Korean J. Pharmacogn.*, 2002, vol. 33, no. 4, pp. 285–290.
138. Chang C.L., Lin C.S., Lai G.H. *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.*, 2012. Article 984295. DOI: 10.1155/2012/984295.
139. Ryu H.-S., Kim Y.-K., Kwun I.-S., Kwon I.-S., Jin I.-N., Sohn Y.H. *J. Life Sci.*, 2007, vol. 17, no. 4, pp. 535–539. DOI: 10.5352/JLS.2007.17.4.535.
140. Gao P., Li S., Liu K., Sun C., Song S., Li L. *Food Funct.*, 2019, vol. 10, no. 2, pp. 859–866. DOI: 10.1039/C8FO01862F.
141. Chen S.Y., Teng R.H., Wang M., Chen P.L., Lin M.C., Shen C.H., Chao C.N., Chiang M.K., Fang C.Y., Chang D. *Evid.-Based Complement. Alternat. Med.*, 2017. Article 5620867. DOI: 10.1155/2017/5620867.
142. Kim J.W., Lee J.B. *Korean J. Food Nutr.*, 2002, vol. 15, no. 4, pp. 300–306.
143. Ryu H.-Y., Ahn S.-M., Kim J.-S., Jung I.-C., Sohn H.-Y. *Korean J. Microbiol. Biotechnol.*, 2010, vol. 38, no. 1, pp. 77–83.
144. Li F., Yuan Q., Rashid F. *Carbohydr. Polym.*, 2009, vol. 78, no. 1, pp. 80–88. DOI: 10.1016/j.carbpol.2009.04.005.
145. Ahn S.C., Kim B.Y., Oh W.K., Lee M.S., Bae E.Y., Kang D.W., Ahn J.S. *Korean J. Pharmacogn.*, 2002, vol. 33, no. 2, pp. 144–150.
146. Li Z., Xu J., Zheng P., Xing L., Shen H., Yang L., Zhang L., Ji G. *Int. J. Clin. Exp. Med.*, 2015, vol. 8, no. 10, pp. 17295–17307.
147. Song E.J., Kim N.Y., Heo M.Y. *Nat. Prod. Sci.*, 2013, vol. 19, no. 4, pp. 329–336.
148. Shin H.S., Lee J.M., Park S.Y., Yang J.E., Kim J.H., Yi T.H. *Phytother. Res.*, 2013, vol. 27, no. 9, pp. 1352–1357. DOI: 10.1002/ptr.4870.
149. Zhang S., Zhang C., Li M., Chen X., Ding K. *Int. J. Biol. Macromol.*, 2019, vol. 128, pp. 435–443. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.01.158.
150. Ryu S.H., Char J.W. *J. Pediatr. Korean Med.*, 2014, vol. 28, no. 3, pp. 59–73. DOI: 10.7778/jpkm.2014.28.3.059.

Received October 30, 2019

Revised November 19, 2019

Accepted December 12, 2019

For citing: Budantsev A.L., Belenovskaya L.M., Bitjukova N.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 4, pp. 31–58. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020046612.