

УДК 581.192:615.322

НЕКОТОРЫЕ ПРЕДСТАВИТЕЛИ РОДА *FAGOPYRUM*: ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ, ФАРМАКОЛОГИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ, ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ

© А.В. Митишев*, А.С. Феднина, Е.Е. Курдюков, М.И. Уланова

Пензенский государственный университет, ул. Красная, 40, Пенза, 440026, Россия, span2361@rambler.ru

В данном обзоре проведен анализ и обобщение информации исследований отечественных и зарубежных ученых о химическом составе, фармакологической активности метаболитов растений рода *Fagopyrum*. Род *Fagopyrum*, член семейства *Polygonaceae*, включает 15 видов, большинство из них культивируются в промышленных масштабах на территории Российской Федерации, Китая, Индии, Индонезии и стран Северной Америки. Наибольший интерес в медицине и фармации представляют четыре вида гречихи: гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) и гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*), гречиха многолетняя (*Fagopyrum dibotrys*) и гречиха красностебельная (*Fagopyrum rubricaulis*). Данные виды широко применяются в традиционной медицине Китая, Тибета, Российской Федерации, для лечения заболеваний легких, кожи, отечных синдромов, инфекционных заболеваний. В настоящее время из изученных видов гречихи выделено и идентифицировано более 150 соединений, относящихся к флавоноидам, фенилпропаноидам, дубильным веществам, фагопиритолам, тритерпеноидам, стероидам, жирным кислотам, эфирным маслам, алкалоидам, антрахинонам, кумаринам, витаминам, аминокислотам, макро- и микроэлементам. Экстракты и выделенные индивидуальные соединения обладают широким спектром фармакологических эффектов: противоопухолевым, антиоксидантным, противовоспалительным, гепатопротекторным, гипогликемическим, противоаллергическим, антибактериальным, ангиопротективным и адаптогенным. Приведенная в обзоре информация указывает на то, что растения рода *Fagopyrum* являются перспективными для дальнейшего изучения и использования в различных отраслях промышленности.

Ключевые слова: гречиха, род *Fagopyrum*, химический состав, флавоноиды, фенилпропаноиды, рутин, фармакологические эффекты.

Для цитирования: Митишев А.В., Феднина А.С., Курдюков Е.Е., Уланова М.И. Некоторые представители рода *Fagopyrum*: химический состав, фармакологические эффекты, перспективы использования // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 31–56. DOI: 10.14258/jcprm.20240112933.

Введение

В последние десятилетия внимание исследователей обращено на растения, характеризующиеся высокой способностью к образованию вторичных метаболитов, относящихся к полифенольным соединениям. Наибольший интерес вызывают сельскохозяйственные культуры, обладающие достаточной сырьевой базой. Например, представители рода Гречиха (*Fagopyrum*) имеют высокие диетические, вкусовые и питательные свойства [1], также являются перспективными источниками ценных биологически активных соединений (БАС), макро- и микроэлементов [2–6]. В мире широко возделываются два вида гречихи: гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) и гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*). Относительно недавно был селекционирован сорт гречихи с повышенным содержанием рутина в надземной массе растений – Башкирская красностебельная (*Fagopyrum rubricaulis*). Растение широко культивируется в странах СНГ, причем основные районы находятся в средней полосе России – Средневолжский, Уральский регионы. Ведущей группой БАС в сырье гречихи является полифенольные соединения. Благодаря своему богатому химическому составу гречиха обладает широким спектром фармакологической активности. Флавоноиды, дубильные вещества и фенилпропаноиды гречихи обладают противовоспалительными, антибактериальными, антиоксидантными, ангиопротекторными и противоопухолевыми эффектами [7–9]. Рутин, которым особенно богата трава гречихи, а также флавоноиды (кверцетин, кверцитрин, ориентин, витексин, изоориентин, изовитексин и др.) усиливают кровоток в мелких сосудах и капиллярах, улучшают реологические свойства крови, увеличивают

* Автор, с которым следует вести переписку.

эластичность и снижают проницаемость стенок капилляров, что способствует снижению воспалительных и застойных явлений, они также способствуют повышению тонуса сосудистой стенки и стимуляции метаболических процессов в сосудах [10–13].

В связи со сложившейся ситуацией в стране и мире поиск новых отечественных экономически выгодных источников БАС и разработка фармацевтических субстанций является перспективным направлением исследований [14].

Цель данного обзора – анализ и обобщение информации исследований отечественных и зарубежных ученых о химическом составе и фармакологических эффектах БАС некоторых видов гречихи.

Анатомо-диагностические признаки некоторых представителей рода *Fagopyrum*

Род *Fagopyrum*, член семейства *Polygonaceae*, включает 15 видов [15], среди которых наибольший интерес в медицине и фармации представляют четыре вида гречихи: гречиха посевная (*Fagopyrum esculentum*) и гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*), гречиха многолетняя (*Fagopyrum dibotrys*) и гречиха красностебельная (*Fagopyrum rubricaulis*) [16, 17].

Основные отличительные анатомо-диагностические признаки видов гречихи представлены в таблице 1.

Гречиха обыкновенная (*Fagopyrum esculentum*) – однолетнее травянистое растение с прямым, ветвистым стеблем высотой 15–70 см. Стебель голый, редко вверху покрыт мелкими сосочками, красноватый, ребристый. Листья очередные, сердцевидно-треугольные или сердцевидно-стреловидные, заостренные, до 5 см длиной; нижние длинночерешковые, самые верхние почти сидячие. Мелкие розовые обоеполые цветки на цветоножках собраны в щитковидные соцветия длиной до 15 см, располагающиеся на верхушках побегов. Плоды – остро-трехгранные коричневые или темно-серые орешки, покрытые пленчатыми оболочками [17]. Гречиха посевная разводится в умеренно теплых зонах в пределах 50–60° северной широты [18]. Самыми благоприятными являются центральная черноземная зона и южная часть нечерноземной зоны России, лесостепи Поволжья, Урал, Западная и частично Восточная Сибирь, Дальний Восток, Белоруссия и Северный Казахстан. В Российской Федерации самые большие урожаи гречихи снимают в Башкортостане, Татарстане, на Алтае и Амуре, в Приморье, Краснодаре, Ставрополье, Рязанской, Орловской, Тульской, Оренбургской, Брянской, Курской, Волгоградской, Липецкой, Челябинской, Читинской и Саратовской областях [15].

Гречиха татарская (*Fagopyrum tataricum*) – однолетнее травянистое растение с прямостоячими стеблями, высотой до 80 см. Листовые пластинки до 9 см длиной и шириной, стреловидные, в основании с широкой выемкой или обрубленные, по краю и жилкам с сосочками, переходящими в короткие волоски. Соцветия кистевидные, верхушечные, в нижней части облиственные. Околоцветник с лопастями, длиной 1.3–2 мм, зеленоватого или желто-зеленого цвета. Тычинок 8 с пыльниками длиной 0.2–0.3 мм. Плоды – орешки буровато-зеленые или темно-бурые, морщинистые, ребристые, длиной 4.5–5.5 мм и шириной 2.5 мм [18]. Гречиха татарская распространена почти по всей Евразии, занесена в Северную Америку. Встречается в Белоруссии, западных областях Украины, в южных районах нечерноземной полосы России, в Сибири и на Дальнем Востоке [19].

Гречиха многолетняя (*Fagopyrum dibotrys*) – многолетнее дикорастущее растение. Стебель до 80 см высотой, пустотелый прямостоячий, зеленый либо красновато-бурый. Листья очередные, яйцевидно-треугольные или широкотреугольные, 3–8 см длиной. Основание сердцевидное, края волнистые. Черешки листа и листовые пластинки почти одинаковой длины. Соцветия конические, рыхлые, сидят в пазухах листьев и на верхушке стебля. Околоцветник белый, состоящий из 5 долей; тычинок 8; завязь верхняя; столбиков 3. Плоды – яйцевидные трехгранные семянки с сохранившимся околоцветником. Растение широко распространено в северной умеренной зоне и в основном выращивается в Китае, Индии, Таиланде и Вьетнаме [20].

Гречиха красностебельная (*Fagopyrum rubricaulis*) – это однолетнее травянистое растение. Стебель высотой 90–95 см, красного цвета, прямостоячий, ветвящийся, голый, с 9–14 узлами. Листья очередные, длиной 1.5–6.5 см, желтовато-зеленого цвета, треугольно-сердцевидные с красным или розовым жилкованием, нижние – опушенные, длинночерешковые, верхние – стреловидные, почти сидячие. Цветки обоеполые, красного и темно-розового цвета. Околоцветник простой, пятираздельный, розового цвета. Соцветия – кисти (пазушные) и щитки (верхушечные). Плод – трехгранный орех, односемянный, длиной 5–7 мм, коричневый [21]. Цветет гречиха красностебельная в июне-июле. Плоды созревают в августе-сентябре [22, 23]. Растение широко культивируется в странах СНГ, причем основные районы находятся в средней полосе России – Средневолжский, Уральский регионы.

Таблица 1. Основные отличительные признаки видов гречихи

Признаки	Гречиха обыкновенная	Гречиха татарская	Гречиха многолетняя	Гречиха красностебельная
Форма соцветия	Щитковидная кисть	Рыхлая кисть	Рыхлая кисть	Кисти (пазушные) и щитки (верхушечные)
Величина цветков	Сравнительно крупные	Мелкие	Мелкие	Сравнительно крупные
Окраска цветков	Белая, розоватая, красная	Зеленовато-желтая	Белая	Розоватая, красная
Ароматичность цветков	Пахучие	Без запаха	Без запаха	Пахучие
Форма плодов	Отчетливо трехгранная	Слабо трехгранная	Отчетливо трехгранная	Отчетливо трехгранная
Поверхность граней плода	Гладкая	Морщинистая, с продольной бороздкой посередине	Гладкая	Гладкая
Характер ребер плода	Гладкие	Городчатые, в нижней части бугорчатые	Гладкие	Гладкие

Фитохимический состав сырья представителей рода *Fagopyrum*

Химический состав видов гречихи отличается большим разнообразием (табл. 2–8) [24–25]. Ведущей группой БАС является флавоноиды.

Флавоноиды – группа полифенольных соединений, состоящих из 15-углеродного основного скелета (С6-С3-С6), широко встречающихся в растениях и микроводорослях [26, 27]. Matsui K. Et al. (2019) доказали, что надземные части гречихи содержат разные концентрации флавоноидов [28, 29]. Например, шесть флавоноидов (рутин, кверцетин, ориентин, витексин, изовитексин и изоориентин) были обнаружены в оболочках *F. esculentum*, напротив, семена содержали только рутин и изовитексин. Кроме того, согласно данным исследования [27], в цветках *F. esculentum*, *F. dibotrys*, *F. tataricum* обнаружено значительно большее содержание рутина, чем в стеблях и листьях. Однако при изучении других источников литературы выявлено, что содержание рутина составляло в гречихе посевной: цветки – 3.08%, листья – 5.05%, стебли – 1.08% [28]; гречихи татарской: цветки – 4.9%, листья – 6.7%, стебли – 0.9% [17, 29]; гречихи красностебельной: цветки – 5.39%, листья – 11.2%, стебли – 1.26% [2, 30]. При этом у гречихи красностебельной содержание флавоноидов в соцветиях и листьях было сопоставимым с семенами софоры японской [31, 32].

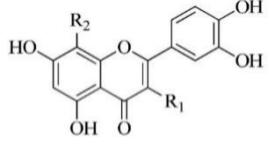
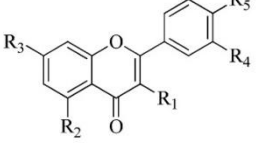
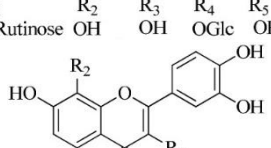
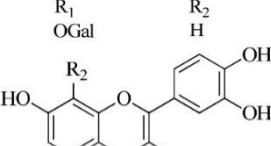
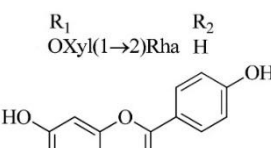
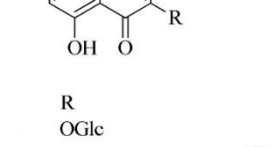
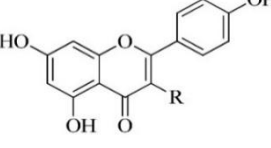
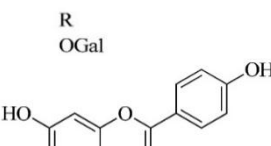
За последние 20 лет из сырья гречихи было выделено и идентифицировано более 30 флавоноидов (табл. 2) [33, 34], таких как аромандрин-3-О-D-галактозид и таксифолин-3-О-D-ксилозид из надземной части *F. esculentum* [35], 3-метил-госсипетин-8-О-β-D-глюкопиранозид и кверцетин 3-О-(2ϕO-p-гидроксикумароил)-глюкозид из травы *F. dibotrys* [36], 5,7,3ϕ4ϕтетраметилкверцетин-3-О-рутинозид и кверцетин-3-О-рутинозид-7-О-галактозид из надземной части *F. tataricum* [37], ориентин, витексин, изоориентин, изовитексин из сырья *F. rubricaulis*, большинство из которых были в виде О-гликозидов. Кроме того, в этих сортах гречихи обнаружены также катехины (флаванолы) и конденсированные дубильные вещества (проантоцианидины). У гречихи посевной были обнаружены (-)-Эпикатехин, (-)-эпикатехин-3-О-p-гидроксibenзоат, (-)-эпикатехин-3-О-(3,4-ди-О-метил)-галлат, и (+)-катехин-7-О-глюкозид [38], тогда как (+)-катехин и (-)-эпикатехин были обнаружены у гречихи многолетней и красностебельной [36, 30].

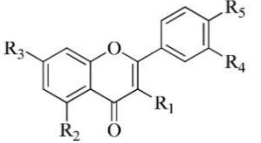
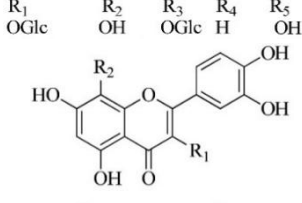
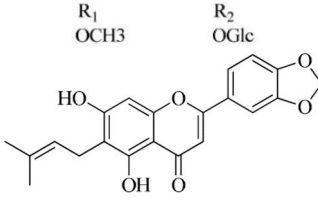
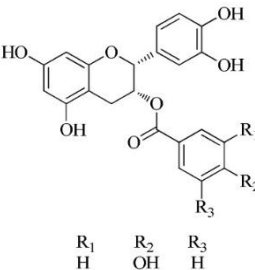
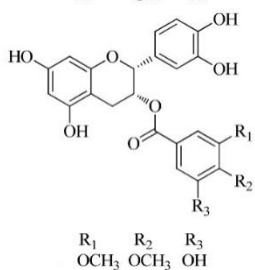
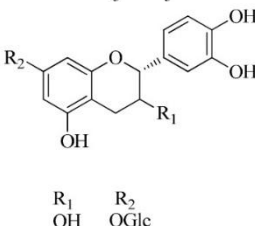
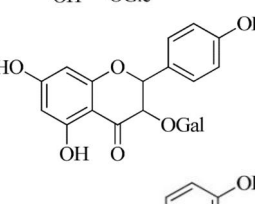
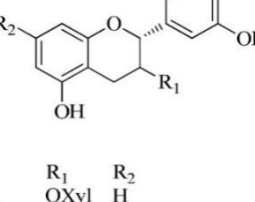
Помимо флавоноидов в надземной части гречихи обнаружены и фенольные соединения. Основными фенольными соединениями исследуемых видов гречихи являются фенилпропаноиды и производные гидроксibenзойной и гидроксикоричневой кислот (табл. 3). Недавно из корней *F. tataricum* были выделены и идентифицированы семь новых фенилпропаноидных гликозидов – татаризидов А–Г, обладающих мощным цитотоксическим действием [45] вместе с дибозидом А. Также из семян *F. tataricum* были выделены 1,3,6,6ϕ тетраферулоилсахароза, 3,6-ди-p-кумароил-1,6,1-ди-ферулоилсахарозой, 1,3,6ϕтри-ферулоил-6-p-кумароилсахарозой и 1,3,6-три-p-кумароил-6ϕферулоилсахарозой [41, 46].

Таблица 2. Флавоноиды надземной части гречихи

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
1	2	3	4
Витексин		Fe, Ft, Fr	[39, 30]
Изовитексин		Fe, Ft, Fr	[39, 30]
3,5-Диметилкверцетин		Fd	[36]
Гесперидин		Fd	[40]
Рамнетин		Fd	[40]
Кверцетин-3-О-(2ϕ- <i>l</i> -гидроксикумароил)-гликозид		Fd	[36]
5,7,3ϕ4ϕТетраметилкверцетин-3-О-рутинозид		Ft	[37]
Кверцетин-3-О-рутинозид-7-О-галактозид		Ft	[37]

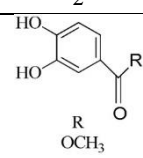
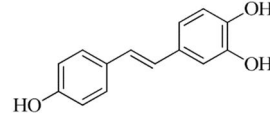
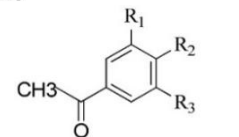
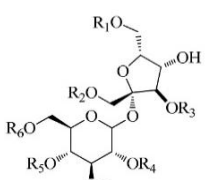
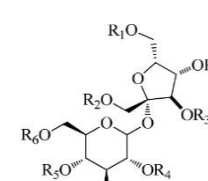
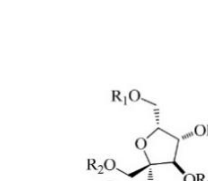
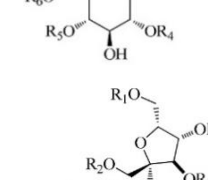
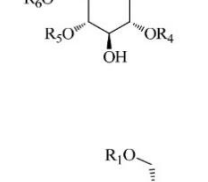
Продолжение таблицы 2

1	2	3	4
Кверцетин-3-О-рамнозид	 <p>R₁ OXyl R₂ H</p>	Ft, Fd	[36, 41]
Кверцетин-3-О-рутинозид-3-О-β-глюкопиранозид	 <p>R₁ ORutinosyl R₂ H</p>	Ft, Fd	[40]
Кверцетин-3-О-β-D-галактозид	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ ORutinosyl OH OH OGlc OH</p>	Fe, Ft	[38, 41]
Кверцетин-3-О-[β-D-ксилокс-(1-2)-α-L-рамнозид]	 <p>R₁ R₂ OXyl(1→2)Rha H</p>	Ft	[41]
Кемпферол-3-О-гликозид	 <p>R OGlc</p>	Ft	[41]
Кемпферол-3-О-галактозид	 <p>R OGal</p>	Ft	[41]
Кемпферол-3-О-рутинозид	 <p>R ORutinosyl</p>	Ft	[42-44]
Кемпферол-3-О-софорозид	 <p>R OGlc(2→1)Glc</p>	Fe	[35]

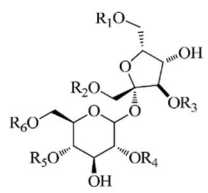
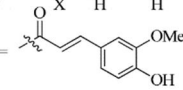
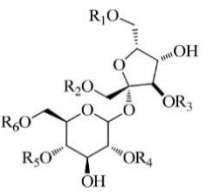
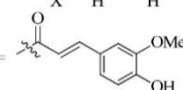
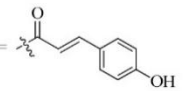
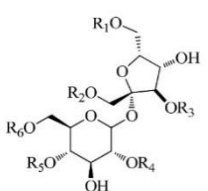
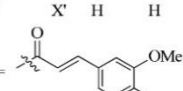
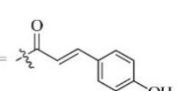
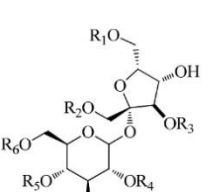
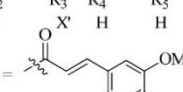
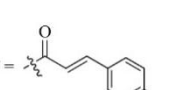
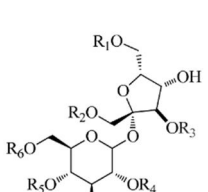
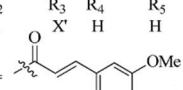
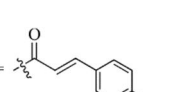
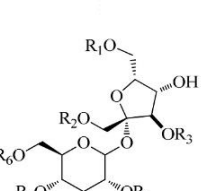
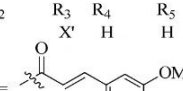
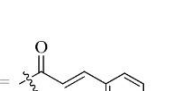
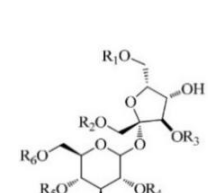
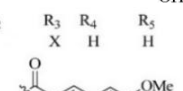
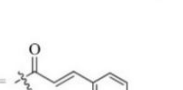
1	2	3	4
Кемпферол-3-О-гликозид-7-О-гликозид		Fe	[35]
3-Метилгосипетин-8-О-β-D-глюкопиранозид	 <p>R₁ OGlc R₂ OH R₃ OGlc R₄ H R₅ OH</p>	Fd	[36]
3,4,6-метилendioкси-7-гидрокси-6-изопентенилфлавонон	 <p>R₁ OCH₃ R₂ OGlc</p>	Fd	[37]
(-)-Эпикатехин-3-О-п-гидроксибензоат	 <p>R₁ H R₂ OH R₃ H</p>	Fe	[38]
(-)-Эпикатехин-3-О-(3,4-ди-О-метил)-галлат	 <p>R₁ OCH₃ R₂ OCH₃ R₃ OH</p>	Fe	[38]
(+) -Катехин-7-О-гликозид	 <p>R₁ OH R₂ OGlc</p>	Fe	[38]
Аромандрин-3-О-D-галактозид		Fe, Fr	[30, 35]
Таксифолин-3-О-D-ксилозид	 <p>R₁ OXyl R₂ H</p>	Fe, Fr	[30, 35]

Примечание: Fr – *Fagopyrum rubricaulis*, Fe – *Fagopyrum esculentum*, Ft – *Fagopyrum tataricum*, Fd – *Fagopyrum dibotrys*

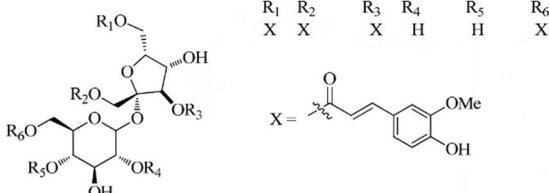
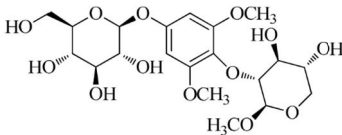
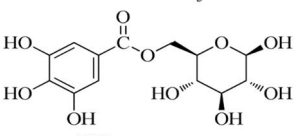
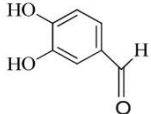
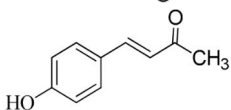
Таблица 3. Фенольные соединения сырья гречихи видов *Fagopyrum esculentum*, *Fagopyrum tataricum*, *Fagopyrum dibotrys* и *Fagopyrum rubricaulis*

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
1	2	3	4
Метилловый эфир протокатехиновой кислоты		Fd	[47]
Ресвератрол		Fe, Fr	[35, 48]
Сиреневая кислота	 R_1 OCH ₃ , R_2 OH, R_3 OCH ₃	Ft	[49]
Татаризид А	 R_1 OCH ₃ , R_2 X', R_3 COCH ₃ , R_4 X', R_5 COCH ₃ , R_6 H	Ft	[50]
Татаризид В	 R_1 OCH ₃ , R_2 X', R_3 COCH ₃ , R_4 X', R_5 COCH ₃ , R_6 H	Ft	[50]
Татаризид С	 R_1 OCH ₃ , R_2 X', R_3 COCH ₃ , R_4 X', R_5 COCH ₃ , R_6 COCH ₃	Ft	[50]
Татаризид D	 R_1 OCH ₃ , R_2 X', R_3 H, R_4 X', R_5 COCH ₃ , R_6 H	Ft	[50]
Татаризид E	 R_1 OCH ₃ , R_2 X', R_3 COCH ₃ , R_4 X', R_5 COCH ₃ , R_6 H	Ft	[50]

Продолжение таблицы 3

1	2	3	4
Татаризид F	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X X' X H H X'</p> <p>X = </p>	Ft	[50]
Татаризид G	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X' X' X H H H</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Ft	[50]
Дибозид А	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X X' X' H H X'</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Ft, Fd	[36]
Лапатоизид А	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X X X' H H X'</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Fd	[36]
1,3,6-Три- <i>n</i> -кумароил-6-ферулоилсахароза	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X' X' X' H H X</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Ft	[41]
3,6-Ди- <i>n</i> -кумароил-1,6-ди-ферулоилсахароза	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X' X X X' H H X</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Ft	[41]
1,3,6-Три-ферулоил-6- <i>n</i> -кумароилсахароза	 <p>R₁ R₂ R₃ R₄ R₅ R₆ X' X X X H H X</p> <p>X = </p> <p>X' = </p>	Ft	[41]

Окончание таблицы 3

1	2	3	4
1,3,6,6-Тетраферулоил-сахароза		Ft	[41]
1,3-Диметокси-2-О-β-ксило-пиранозил-5-О-β-глюкопиранозилбензол		Fd	[51]
6-О-Галлоил-D-глюкоза		Fd	[36]
3,4-Дигидроксibenзальдегид		Fe, Fd	[35, 47]
Транс-п-гидрокси коричный метиловый эфир		Fd	[47]

Примечание: Fr – *Fagopyrum rubricaulis*, Fe – *Fagopyrum esculentum*, Ft – *Fagopyrum tataricum*, Fd – *Fagopyrum dibotrys*

Wang K. et al. из корневищ *F. dibotrys* выделили четыре основных конденсированных дубильных вещества, димеры производных катехина [39], включая процианидин В-1, процианидин В-2, 3,3-ди-О-галлоил-процианидин В-2 и 3-О-галлоил-процианидин В-2 (табл. 4).

Фагопиритолы представляют собой моно-, ди- и тригалактозилные производные D-хироинозитола, которые накапливаются в зародышевых и алейроновых тканях семян гречихи. На данный момент получено в общей сложности шесть фагопиритолов (фагопиритолы А1, А2, А3, В1, В2 и В3) из семян *F. esculentum* (табл. 5) [52, 53]. Данные вещества классифицированы в два ряда олигомеров фагопиритола на основе связи между галактопиранозилом и D-хироинозитольной частью. Фагопиритолы А1, А2 и А3 были из серии А со связью 1-3, идентифицированной как α-D-гал-(1-3)-D-хироинозитол, α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-3)-D-хироинозитол и α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-3)-D-хироинозитол, соответственно, в то время как фагопиритолы В1, В2 и В3, со связью 1-2 были идентифицированы как α-D-гал-(1-2)-D-хироинозитол, α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-2)-D-хироинозитол и α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-6)-α-D-гал-(1-2)-D-хироинозитол соответственно. Фагопиритол А1 и фагопиритол В1 являются наиболее распространенными фагопиритолами, они способствуют устойчивости семян гречихи к высушиванию при хранении [53, 54]. Более того, фагопиритолы структурно схожи с галактозаминным производным D-хироинозитола, предполагаемого медиатора инсулина [55] и, следовательно, могут быть использованы при лечении инсулиннезависимого сахарного диабета [54].

В некоторых источниках литературы сообщалось о наличии нескольких тритерпеноидов в гречихе (табл. 6). Глютинон и глютинол были выделены из корневищ *F. dibotrys* [47], в то время как олеан-12-ен-3-ол и урс-12-ан-3-ол были идентифицированы в масле семян *F. esculentum* методом капиллярной ГЖХ/МС [57]. Кроме того, урсоловая кислота была выделена из *F. rubricaulis* и *F. dibotrys* [36].

Вао Т.Н., et al. выделили из семян гречихи татарской пять стероидов: β-ситостерин, β-ситостерина пальмитат, эргостерола пероксид, даукостерол и стигмат-4-ен-3,6-дион (табл. 7) [44]. Другие стероиды были идентифицированы как 6-гидроксистеригмат-4,22-диен-3-он, 23S-метилхолестерол, стигмат-5-ен-3-ол, стигмат-5,24-диен-3-ол и транс-стигмат-5,22-диен-3-ол в масле семян гречихи посевной методом капиллярной ГХ/МС [57]. Гекогенин был выделен из гречихи многолетней.

Таблица 4. Танины сырья гречихи

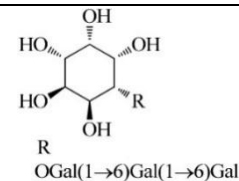
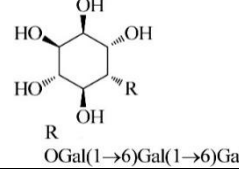
Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
Процианидин В1		Fd	[36]
Процианидин В2		Fd	[36]
3,3-Ди-О-галлоил-процианидин В2		Fd	[36]
3-О-Галлоил-процианидин В2		Fd	[36]

Примечание: Fd – *Fagopyrum dibotrys*

Таблица 5. Фагопиритолы надземной части гречихи

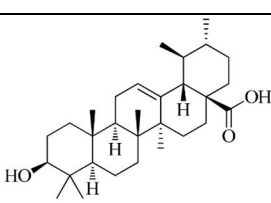
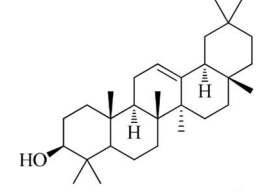
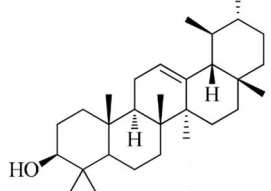
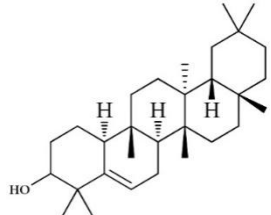
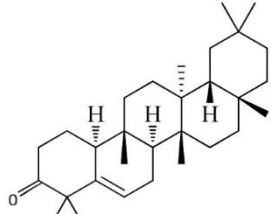
Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
1	2	3	4
Фагопиритол А1		Fe	[52]
Фагопиритол А2		Fe	[53]
Фагопиритол А3		Fe	[53]
Фагопиритол В1		Fe	[52]

Окончание таблицы 5

1	2	3	4
Фагопиритол В2		Fe	[56]
Фагопиритол В3		Fe	[56]

Примечание: Fe – *Fagopyrum esculentum*

Таблица 6. Тритерпеноиды сырья гречихи

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
Урсоловая кислота		Ft, Fr	[30, 42, 58]
Олеан-12-ен-3-ол		Fe	[57]
Урс-12-ан-3-ол		Fe	[57]
Глютинон		Fd	[47]
Глютинол		Fd	[47]

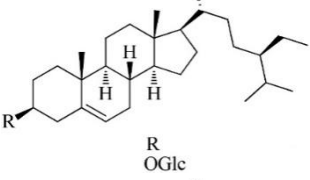
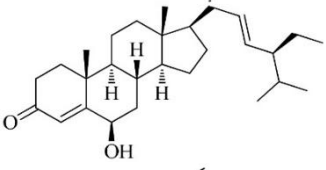
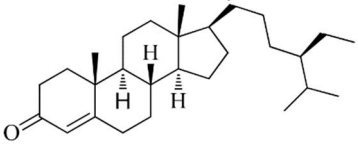
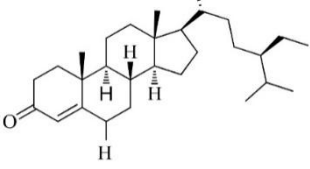
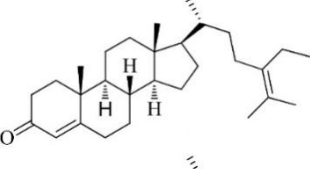
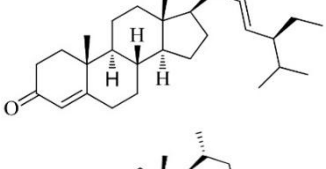
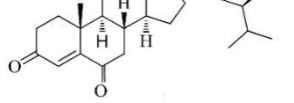
Примечание: Fr – *Fagopyrum rubricaulis*, Fe – *Fagopyrum esculentum*, Ft – *Fagopyrum tataricum*, Fd – *Fagopyrum dibotrys*

В метанольных и эфирных экстрактах семян *F. esculentum* и *F. rubricaulis* методом ГЖХ/МС, идентифицированы пятнадцать жирных кислот: пальмитиновая, олеиновая, линолевая, стеариновая, линоленовая, арахионовая, бегеновая и др. кислоты [57, 60]. Кроме того, из метанольного экстракта шелухи *F. esculentum* были выделены три новые жирные кислоты, 6,7-дигидрокси-3,7-диметил-окта-2(Z),4(E)-диеновая кислота, 6,7-дигидрокси-3,7-диметил-окта-2(E),4(E)-диеновая кислота и 4,7-дигидрокси-3,7-диметил-

окта-2(Е),5(Е)-диеновая кислота (табл. 8). Данные жирные кислоты в дозе 500 мкг/мл проявляли потенциальную антимикробную активность в отношении золотистого стафилококка [61].

Сырье гречихи обладает сильным характерным запахом. Zhou Q. (2002) анализировали методом ГЖХ/МС летучие вещества из измельченной муки *F. esculentum*, среди которых были выявлены 2,5-диметил-4-гидрокси-3(2H)-фуранон, (Е,Е)-2,4-декадиенал, фенилацетальдегид, 2-метокси-4-винилфенол, (Е)-2-ноненал, деканал, гексанал, 3-метилбутаналь, 3-гидрокси-4,5-диметил-2(5H)-фуранон и (Е)-β-дамаскенон, причем 3-метилбутаналь в первую очередь отвечает за отчетливый солодовый аромат.

Таблица 7. Стероиды надземной части гречихи татарской и гречихи посевной

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
Даукостерол		Ft	[44, 58]
6-Гидроксистергмсата-4,22-диен-3-он		Fe	[57]
23S-Метилхолестерол		Fe	[57]
Стергмсата-5-ен-3-ол		Fe	[57]
Стергмсата-5,24-диен-3-ол		Fe	[57]
Транс-Стергмсата-5,22-диен-3-ол		Fe	[57]
Стергмсата-4-ен-3,6-дион		Ft	[44]

Примечание: Fe – *Fagopyrum esculentum*, Ft – *Fagopyrum tataricum*

Сообщалось также об обнаружении алкалоидов, антрахинонов, кумаринов и производных углеводов в этих четырех видах гречихи (табл. 9). Урацил, 3,4-дигидроксибензамин, 5,5-диметиловый эфир ди-α-фуральдегида, сахарозу и фруктозу выделяли из семян *F. tataricum*. (3-метоксифенил)-2-пиперидинметанол, *n*-бутил-β-D-фруктопиранозид, γ-токоферол и сквален были выделены из *F. esculentum*. Янтарная кислота, эмодин, эмодин-8-О-β-D-глюкопиранозид и 7-гидроксикумарин были выделены из корневищ *F. dibotrys* [36,

40, 42, 44, 61]. Сырье *F. rubricaulis* богато витаминами B1, B2, PP, фолиевой кислотой, β-каротином [62]. Кроме того, эти четыре вида гречневой крупы содержат большое количество белка с хорошо сбалансированными незаменимыми аминокислотами (глутаминовая кислота, аргинин, аспарагиновая кислота, глицин, лизин и т.д.) и минералами (K, Mg, Na, Zn, Ca, Mn и т.д.) [48, 63].

Таблица 8. Впервые выявленные жирные кислоты надземной части гречихи

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
6,7-Дигидрокси-3,7-диметил-окта-2(Z),4(E)-диеновая кислота		Fe	[61]
6,7-Дигидрокси-3,7-диметил-окта-2(E),4(E)-диеновая кислота		Fe	[61]
4,7-Дигидрокси-3,7-диметил-окта-2(E),5(E)-диеновая кислота		Fe	[61]

Примечание: Fe – *Fagopyrum esculentum*

Таблица 9. Прочие соединения надземной части гречихи

Название соединения	Химическая формула	Источник выделения	Источник литературы
(3-Метоксифенил)-2-пиперидинметанол		Fd	[47]
<i>n</i> -транс-Ферулоилтирамин		Ft	[41]
3,4-Дигидроксибензамин		Fd	[47]
Эмодин		Fd	[44]
Эмодин-8-О-β-D-глюкопиранозид		Fd	[36]
5,5ϕ-Диметилловый эфир ди-α-фуральдегида		Ft	[61]
7-Гидроксикумарин		Ft	[64]
<i>n</i> -Бутил-β-D-фруктопиранозид		Fd	[47]

Примечание: Fe – *Fagopyrum esculentum*, Ft – *Fagopyrum tataricum*, Fd – *Fagopyrum dibotrys*, Fr – *Fagopyrum rubricaulis*

Фармакологические эффекты

БАС видов гречихи обладают широким спектром фармакологических эффектов: противоопухолевым [50, 65–86], антиоксидантным [35, 87–98], противовоспалительным [99–102], гепатопротекторным [103–109], гипогликемическим [110–119], противоаллергическим [65], антибактериальным [42, 115–122] и адаптогенным [123, 124].

Противоопухолевый эффект

В традиционной китайской медицине долгое время использовалось сырье гречихи многолетней для лечения различных легочных заболеваний, в том числе и онкологических. Эксперименты *in vitro* показали, что экстракт сырья *F. dibritys* проявлял цитотоксические эффекты, значительно ингибируя рост опухолевых клеток легких (H460), печени (HepG2), толстой кишки (HCT116), лейкоцитов (K562) и костей (U2OS). Средняя эффективная концентрация (EC₅₀) лежала в диапазоне 25–40 мкг/мл. Однако опухолевые клетки, полученные из предстательной железы (DU145), шейки матки (HeLa-S3), яичников (OVCAR-3) и головного мозга (T98G), не были чувствительны к экстракту гречихи многолетней [68]. Многочисленные исследования *in vivo* и *in vitro* показали, что за антипролиферативную активность отвечает фракция Ф4, полученная из экстракта корневищ *F. dibritys*. Фракция Ф4 отличалась высоким содержанием фенольных соединений (более 50%). Основным действующим веществом фракции Ф4 был признан димер 5,7,3',4'-тетрагидроксифлаван-3-ола (связанный С4–С8). Фракция Ф4 в дозе 400 мг/кг значительно ингибировала рост опухоли легкого у мыши C57BL/6, что снижало экспрессию матриксной металлопротеазы (ММР-9) у мышей [71]. Кроме того, фракция Ф4 может подавлять рост пересаженных опухолей саркомы-180 (S180) и гепатомы-22 (H22) [68], проявлять синергический эффект с циклофосфамидом, а также ослаблять побочные эффекты циклофосфамида при миелосупрессии [69, 70]. Согласно данным X.F. Chen, et al. (2006) фракция Ф4 индуцировала апоптоз клеток лейкемии человека (HL-60) посредством понижающей регуляции активности теломеразы [74].

Комбинация экстрактов гречихи многолетней и розы роксбургской продемонстрировала синергический эффект *in vitro* на ингибирование роста и индуцирование апоптоза клеточных линий карциномы желудка человека (SGC-7901), карциномы легких (A549) [77] и карциномы пищевода (CaEs-17) [81]. Совместное применение экстрактов гречихи многолетней и софоры японской может ингибировать экспрессию молекул адгезии (CD44, CD49, ICAM-1 и E-селектина), тем самым снижая адгезионную способность клеточной линии рака легкого с высоким уровнем метастазирования эндотелиальных клеток пупочной вены человека. Комбинация растительных экстрактов предотвращает адгезию опухолевых клеток на стенке сосудов, что способствует ингибированию инвазии клеточной линии гепатоцеллюлярной карциномы печени человека посредством усиления экспрессии мРНК nm23-H1 и понижающей регуляции экспрессии Tiam-1 [76].

Экстракт цветков и листьев гречихи посевной значительно ингибировал пролиферацию опухолевых клеток и индуцировал апоптоз клеток H22 [85, 86]. Кроме того, это могло бы облегчить иммуносупрессию, индуцированную циклофосфамидом [84]. Экстракт гречихи также ингибирует рост опухоли S180 у мышей, что может быть связано с увеличением активности GSH-Px и SOD и снижением содержания малонового диальдегида [82]. *In vitro* он также ингибировал рост клеток HL-60 и блокировал переход клеток из G0/G1 в S-фазу [85]. Этилацетатные и бутанольные фракции этанольного экстракта проростков *F. esculentum* в концентрации 1.0 мг/мл продемонстрировали сильный цитотоксический эффект в отношении линий опухолевых клеток A549, AGS, MCF-7, Hep3B и Colo205 с ингибированием роста 70.3, 94.8, 79.6, 82.3, и 73.2% соответственно [83]. Кроме того, рекомбинантный ингибитор трипсина гречихи обладал мощной антипролиферативной активностью *in vitro*, а его модифицированная форма проявляла гораздо более сильную антипролиферативную эффективность *in vitro* против клеток HL-60, EC9706 и HepG2 и могла быть перспективным лекарственным препаратом для лечения рака [79, 80]. Рандомизированное исследование показало, что потребление гречневой крупы снижает риск развития рака легких [75].

Из водного экстракта гречихи татарской был выделен белок, кодируемый как TBWSP31. TBWSP31 значительно ингибировал рост клеток рака молочной железы человека (Vcap37) в зависимости от времени и концентрации, со значениями среднеэффективной концентрации (IC₅₀) 43.37 (48 ч) мг/мл и 19.75 мг/мл (72 ч), посредством индукции апоптоза и снижения регуляции В-клеточной лимфомы 2 (Bcl-2) [66]. Кроме того, пептид, выделенный из гречихи татарской, проявлял противоопухолевую активность *in vivo* в отношении 1,2-диметилгидразин-индуцированного канцерогенеза толстой кишки путем подавления клеточной пролиферации [73], а также замедлял 7,12-диметилбенз- α -антрацен-индуцированный канцерогенез молочной железы у крыс [120]. Кроме того, в работе Zheng C.J., et al. упоминается, что семь новых фенилпропаноидных гликозидов, татаризидов А–G из корней *F. tataricum* проявляют мощную цитотоксическую активность в отношении четырех линий раковых клеток человека (A549, HCT116, ZR-75-30 и HL-60) со значениями IC₅₀ в диапазоне 2.83–55.66 мкг/мл [45].

Необходимо отметить, что гречиха красностебельная содержит фотосенсибилизаторы, участвующие в фотодинамическом разрушении опухолевых клеток. Основным фотосенсибилизатором гречихи красностебельной является пигмент фагопирин, который может использоваться в медицине для лечения и диагностики онкологических и кожных заболеваний [3].

Антиоксидантная активность

Широкое использование гречихи в качестве лечебного питания в значительной степени обусловлено наличием высоких концентраций фенольных соединений [89]. Фенольные соединения гречихи, такие как флавоноиды, дубильные вещества, фенольные кислоты, кумарины, лигнаны, стильбены и куркуминоиды, обладают ярко выраженной антиоксидантной активностью [8, 91, 119–121].

Экстракты гречихи посевной, содержащие аскорбиновую кислоту, бутилированный гидрокситолуол и рутин в концентрации 0.05 мг/мл, проявляли 92.8, 58.8 и 90.4% ингибирование радикала 1,1-дифенил-2-пикрилгидразил соответственно, а рутин также демонстрировал эффективное ингибирование перекисного окисления липидов [94].

Экстракция сырья гречихи растворителями различной полярности существенно влияла на выход, общее содержание фенольных соединений и антиоксидантную активность экстрактов. Например, метанольные экстракты продемонстрировали самый высокий коэффициент антиоксидантной активности 627.0 ± 40.0 при 200 мг/л методом окисления β -каротина и самое длительное время индукции 7.0 ± 0.2 ч методом Ранцимата, в то время как ацетоновый экстракт показал самую высокую активность поглощения 78.6–6.2% при 0.1 мг/мл методом ингибирования радикала 1,1-дифенил-2-пикрилгидразил [88]. Содержание рутина, а также сумма флавоноидов значительно варьировались в зависимости от вида гречихи и места произрастания. Помимо семян другие части гречихи также проявляли значительную антиоксидантную активность. Этанольный экстракт шелухи гречихи ингибировал перекисное окисление липидов, и из его биологически активных фракций были выделены пять антиоксидантных соединений, которые были идентифицированы как кверцетин, гиперин, рутин, протокатехиновая кислота и 3,4-дигидроксибензальдегид [35]. Шелуха, отруби и белковые гидролизаты гречихи посевной проявляли превосходный антиоксидантный эффект, включая способность поглощать свободные радикалы и способность ингибировать перекисное окисление линолевой кислоты [90, 95, 96, 98].

Кроме того, благодаря их значительной антиоксидантной активности, этанольные экстракты *F. esculentum* и *F. tataricum* заметно ингибировали неспецифическое повреждение ДНК, опосредованное гидроксильными радикалами, и специфические разрывы нитей ДНК, опосредованные гидроксильными радикалами *in vitro*. Этанольный экстракт *F. tataricum* обладал более высоким содержанием фенольных соединений и, следовательно, проявлял более сильную антиоксидантную активность, чем у *F. esculentum* [93].

Противовоспалительная активность

Этанольный экстракт ростков *F. esculentum* проявлял значительную противовоспалительную активность как *in vitro*, так и *in vivo*. Экстракт снижал уровень IL-6 и TNF- α у мышей. Кроме того, экстракт влиял на экспрессию генов IL-6 и IL-8 в клетках HeLa [99, 122]. Хлороформенная фракция 80%-ного этанольного экстракта корней *F. dibtorys* значительно ингибировала отек ушной раковины у мышей и снижала уровень PGE₂ при отеке стопы у крыс [101, 123]. 50%-ный этанольный экстракт корней *F. dibtorys*, содержащий (-)-эпикатехин в качестве основного биологически активного компонента (2.18 мг/г), также может значительно уменьшить отек уха мыши, вызванный диметилбензолом, по сравнению с модельной контрольной группой [100, 125].

Гепатопротекторная активность

Этанольный экстракт пророщенных семян гречихи посевной проявлял мощную гиполипидемическую активность в печени, что значительно снижало уровни триглицеридов и общего холестерина в крови, печени мышей, получавших диету с высоким содержанием жиров, путем подавления экспрессии ключевых адипогенных транскрипционных факторов, таких как PPAR γ и C/EBP α в гепатоцитах [103].

Было показано, что 60%-ный этанольный экстракт семян *F. tartaricum* дозозависимо снижает активность сывороточной аминотрансферазы (АЛТ) и аспаратаминотрансферазы (АСТ) у мышей с острым повреждением печени, вызванным четыреххлористым углеродом и D-галактозамином. Также наблюдалось значительное улучшение гистопатологических изменений в печени у мышей, предварительно обработанных экстрактом семян *F. tartaricum* до индукции повреждения печени [107, 108]. 75%-ные этанольные экстракты гречихи татарской также показали значительную гепатопротекторную активность против вызванного этанолом и четыреххлористым углеродом повреждения печени у мышей C57BL/6 (индукция этанолом) и крыс Sprague-Dawley (индукция четыреххлористым углеродом). Экстракт снижал уровни АСТ, АЛТ и щелочной фосфатазы в сыворотке крови у животных с повреждением печени и усиливал активность антиоксидантных ферментов, включая каталазу, глутатионпероксидазу, глутатионредуктазу и супероксиддисмутазу, и ингибировал уровни воспаления печени. Все это свидетельствует о том, что этанольный экстракт предотвращает повреждение печени благодаря антиоксидантным и противовоспалительным свойствам. Рутин и кверцетин проявляли сходные эффекты с этанольным экстрактом и считались основными активными соединениями, ответственными за гепатопротекторную активность [109]. Кроме того, порошок из ростков *F. tartaricum* проявлял эффект снижения уровня холестерина в сыворотке крови за счет усиления экскреции желчных кислот с калом или усиления регуляции экспрессии мРНК печеночной холестериновой 7 α -гидроксилазы у крыс [107, 108]. Экстракт белка *F. tartaricum* проявлял значительный гипохолестеринемический эффект [104, 105] и мог подавлять образование камней в желчном пузыре *in vivo* [106].

Гипогликемическая активность

Fagopyrum tataricum традиционно использовалась для лечения диабета в Китае. Клиническое наблюдение показало, что употребление гречихи татарской, облегчало симптомы как у пациентов с сахарным диабетом I, так и II типа, снижая уровни глюкозы в крови натощак, гликозилированного гемоглобина и гликозилированного сывороточного белка и повышая уровень инсулина в сыворотке крови натощак [111]. Соединением, оказывающим противодиабетическую активность сырья *F. tataricum*, является D-хироинозитол [114]. Он заметно снижал уровень глюкозы в крови и повышал уровень инсулина и активность Na-K-АТФазы, а также повышал скорость нервной проводимости и кровоток в седалищном нерве после перорального введения крысам с диабетом, индуцированным стрептозотоцином, что указывает на то, что флавоноиды гречихи татарской обладают благоприятными нейропротекторными эффектами при диабете у крыс [112, 125, 126].

Эпидемиологическое исследование показало, что употребление гречихи посевной в рационе может снизить концентрацию глюкозы в крови и распространенность сахарного диабета [106]. Как этанольный, так и водный экстракты семян *F. esculentum* значительно снижали уровень глюкозы в крови крыс с диабетом I и II типа [115]. Цветки и листья *F. esculentum* также проявляли значительную противодиабетическую активность, рутин рассматривался в качестве основного биологически активного компонента, который регулировал нарушение метаболизма глюкозы и липидов, улучшал резистентность к инсулину у крыс с аллоксан-индуцированным диабетом [117], обладал гепатопротекторным действием при повреждении печени на ранней стадии у крыс-диабетиков путем снижения уровней АСТ, АЛТ, печеночного индекса и восстановления гистологического повреждения гепатоцитов [118]. Кроме того, совместное употребление тыквы и гречневой крупы значительно снижало уровень глюкозы в крови у крыс с аллоксан-индуцированным диабетом [116, 127].

Антибактериальная активность

Этилацетатная фракция этанольного экстракта *F. dibotrys* значительно сдерживала рост бета-гемолитического стрептококка и пневмококка в анализе *in vitro* и *in vivo* [128]. Более того, в этилацетатной фракции было идентифицировано восемь соединений, включая *транс*-*n*-гидроксикоричный метиловый эфир, протокатехиновую кислоту, метиловый эфир протокатехиновой кислоты, лютеолин, кверцитрин, рутин и (-)-эпикатехин. Эти результаты указывают на то, что фенольные соединения и флавоноиды были ответственны за бактериостатическую активность *F. dibotrys* [42]. Dong L., et al. (2011) выявили, что *F. dibotrys* обладает защитным действием против повреждения легких, вызванного *Klebsiella pneumoniae* у крыс путем подавления экспрессии мРНК TLR2/4, MyD88 и MIP-2, а также экспрессии белка I κ B- α , TNF- α , ICAM-1 и NF κ B p65 в легочной ткани

крыс [129, 130]. Кроме того, в клиническом отчете указано, что комбинация *F. dibotrys* и ципрофлоксацина проявляла лучший противовоспалительный эффект, чем ципрофлоксацин, применяемый отдельно, благодаря бактериостатической, облегчающей кашель и отхаркивающей активности *F. dibotrys* [131].

Противоаллергическая активность

Экстракт зерна *F. esculentum*, вводимый перорально, внутривенно или внутривенно, значительно снижал проницаемость сосудов, высвобождение гистамина из тучных клеток, вызванных соединением 48/80 *in vitro*. Пероральное введение экстракта продемонстрировало значительное ингибирование пассивной кожной анафилаксии, стимулируемой антидинитрофенильным IgE. Кроме того, экстракт подавлял индукцию мРНК IL-4 и TNF- α фоболмириостатом ацетатом в тучных клетках лейкоза человека. Все эти результаты свидетельствуют о том, что экстракт зерна гречихи оказывает противоаллергическое действие [65].

Адаптогенная активность

Белок гречихи татарской состоит из хорошо сбалансированных аминокислот с высокой биологической ценностью, что обуславливает значительную адаптогенную активность. Глобулин, содержащийся в белке гречихи, заметно улучшал время плавания, время подъема на шест и содержание гепатина в печени, также снижал содержание молочной кислоты и мочевины в крови. Кроме того, в исследовании [132] показано, что глобулин способен снижать образование 5-гидрокситриптамина, который может подавлять двигательную активность [133].

Другие виды активности

Было обнаружено, что полисахарид *F. esculentum* может угнетать центральную нервную систему, эффективно подавляя спонтанные движения, сокращая латентный период засыпания и продлевая время сна, индуцированного пентобарбиталом натрия у мышей [134]. Флавоноиды *F. tataricum* проявляли эстрогеноподобную активность *in vitro* [135]. Этанольный экстракт (50%) корневищ *F. dibotrys* проявлял значительный противокашлевый и отхаркивающий эффект, который сокращал продолжительность кашля у мышей, вызванного аммиаком [100]. Тест на острую токсичность показал, что максимально переносимая доза у мышей составляла приблизительно 8.0 г/кг, это в 166 раз превышало дозу взрослого человека [100]. Кроме того, экстракт *F. esculentum* продемонстрировал ингибирующий эффект на прогрессирование почечной недостаточности у крыс, подвергшихся нефрэктомии путем улучшения состояния окислительного стресса и поражения почечной ткани, а также усиления функции почек [136].

Заключение

В результате проведенного анализа данных современной научной литературы было установлено, что виды гречихи: *F. Rubricaulis*, *F. Esculentum*, *F. Tataricum*, *F. dibotrys* обладают широким спектром БАС. Из-за тесного родства между растениями рода *Fagopyrum* они продуцируют сходные вторичные метаболиты. Основными биологически активными группами сырья гречихи являются флавоноиды, фенилпропаноиды, дубильные вещества, жирные кислоты, стероиды, с высоким потенциалом биологической активности. Несмотря на разнообразие фармакологических эффектов, данное лекарственное растительное сырье не включено в фармакопей, поэтому необходимо дальнейшее исследование анатомо-морфологических признаков и химического состава некоторых представителей рода *Fagopyrum*, например, травы гречихи красностебельной. Результаты данного обзора могут быть полезны для определения перспективных направлений разработки лекарственных средств на основе экстрактов гречихи.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Пензенского государственного университета. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Авторы данной работы заявляют, что у них нет конфликта интересов.

Открытый доступ

Эта статья распространяется на условиях международной лицензии Creative Commons Attribution 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>), которая разрешает неограниченное использование, распространение и воспроизведение на любом носителе при условии, что вы дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

- Zhang Z.-L., Meiliang Z., Tang Y., Fa-Liang L., Yi-Xiong T., Ji-Rong S., Wen-Tong X., Zhan-Min S. Bioactive compounds in functional buckwheat food // *Food Research International*. 2012. Vol. 49. Pp. 389–395. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.07.035.
- Ye Y., Li P., Zhou J., He J., Cai J. The improvement of sensory and bioactive properties of yogurt with the introduction of Tartary buckwheat // *Foods*. 2022. Vol. 11. 1774. DOI: 10.3390/foods11121774.
- Кузьмичева Н.А., Руденко А.В., Мозолевская Е.А. Влияние микроэлементов на накопление флавоноидов в проростках гречихи посевной // *Вестник фармации*. 2005. №2. С. 17–24.
- Takanori O., Chengyun Li. Classification and systematics of the *Fagopyrum* species // *Breeding Science*. 2020. Vol. 70. Pp. 93–100. DOI: 10.1270/jsbbs.19028.
- Kreft I., Germ M., Golob A., Vombergar B., Vollmannová A., Kreft S., Luthar Z. Phytochemistry, Bioactivities of Metabolites, and Traditional Uses of *Fagopyrum tataricum* // *Molecules*. 2022. Vol. 27. 7101. DOI: 10.3390/molecules27207101.
- Hornýák M., Dziurka M., Kula-Maximenko M., Pastuszek J., Szczerba A., Szklarczyk M., Plazek A. Photosynthetic efficiency, growth and secondary metabolism of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) in different controlled-environment production systems // *Sci. Rep.* 2022. Vol. 12. P. 257. DOI 10.1038/s41598-021-04134-6.
- Jianglin Z., Lan J., Xiaohui T., Lianxin P., Xing L., Gang Z., Zhong L. Chemical Composition, Antimicrobial and Antioxidant Activities of the Flower Volatile Oils of *Fagopyrum esculentum*, *Fagopyrum tataricum* and *Fagopyrum Cymosum* // *Molecules*. 2018. Vol. 23. 182. DOI: 10.3390/molecules23010182.
- Wang Y., Qi H., Gu B., Zhao H.G. The therapeutic effects of Tartarian buckwheat protein extracts on 2 type diabetic rats // *Zhejiang J. Prev. Med.* 2009. Vol. 21. Pp. 4–6.
- Hafeez B.B., Adhami V.M., Asim M., Siddiqui I.A., Bhat K.M., Zhong W., Saleem M., Din M., Setaluri V., Mukhtar H. Targeted knockdown of Notch1 inhibits invasion of human prostate cancer cells concomitant with inhibition of matrix metalloproteinase-9 and urokinase plasminogen activator // *Clin. Cancer Res.* 2009. Vol. 15. Pp. 452–459.
- Lee K.H., Choib E.M. Myricetin, a naturally occurring flavonoid, prevents 2-deoxy-ribose induced dysfunction and oxidative damage in osteoblastic MC3T3-E1 cells // *Eur. J. Pharmacol.* 2008. Vol. 591. Pp. 1–6.
- Кашенко Н.И., Чирикова Н.К., Оленников Д.Н. Ацилированные флавоноиды рода *Spiraea* как ингибиторы α -амилазы // *Химия растительного сырья*. 2017. №4. С. 81–90.
- Vombergar B., Luthar Z. The concentration of flavonoids, tannins and crude proteins in grain fractions of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) and Tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) // *Folia Biol. Geol.* 2018. Vol. 59. Pp. 101–157. DOI: 10.3986/fbg0047.
- Kočevar G.N., Stojilkovski K., Kreft S., Park C.H., Kreft I. Determination of fagopyrins, rutin and quercetin in Tartary buckwheat products // *LWT – Food Sci. Technol.* 2017. Vol. 79. Pp. 423–427. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.01.068.
- Сабитов А.М. Направления, методы работы и результаты селекции гречихи в Башкортостане // *Достижения науки и техники АПК*. 2007. №2. С. 17–18.
- Анисимова М.М., Куркин В.А., Рьжов В.М., Тарасенко Л.В. Анатомо-морфологическое исследование травы гречихи посевной (*Fagopyrum sagittatum* Gilib.) // *Медицинский альманах*. 2010. Т. 3 (12). С. 204–206.
- Rui J., Hua-Qiang L., Chang-Ling H., Yi-Ping J., Lu-Ping Q., Cheng-Jian Z. Phytochemical and Pharmacological Profiles of Three *Fagopyrum* Buckwheats // *Int. J. Mol. Sci.* 2016. Vol. 17. P. 589. DOI: 10.3390/ijms17040589.
- Janes D., Kantar D., Kreft S., Prosen H. Identification of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) aroma compounds with GC-MS // *Food Chemistry*. 2009. Vol. 112(1). Pp. 120–124.
- Wang Y., Campbell C. Tartary buckwheat breeding (*Fagopyrum tataricum* L. Gaertn.) through hybridization with its Rice-Tartary type // *Euphytica*. 2007. Vol. 156 (3). Pp. 399–405.
- Aubert L., Konrádová D., Kebbas S., Barris S., Quinet M. Comparison of High Temperature Resistance in Two Buckwheat Species *Fagopyrum esculentum* and *Fagopyrum tataricum* // *J. Plant Physiol.* 2020. P. 251.
- Zhang L.L., He Y., Sheng F., Hu Y.F., Song Y., Li W. Towards a better understanding of *Fagopyrum dibotrys*: a systematic review // *Chin. Med.* 2021. Vol. 16 (1). P. 89. DOI: 10.1186/s13020-021-00498-z.
- Сабитов А.М. НИ Башкирская энциклопедия. Т. 1: А-Б. Уфа, 2005. 624 с.
- Клыков А.Г. Биологическая и селекционная ценность исходного материала гречихи с высоким содержанием рутина // *Сельскохозяйственная биология*. 2010. №3. С. 49–53.
- Магафурова Ф.Ф., Хуснутдинов В.В. Предварительные результаты селекции на повышение урожайности у гибридных комбинаций гречихи с высоким содержанием рутина // *Вестник КрасГАУ*. 2022. №9. С. 27–32.
- Huda M.N., Lu S., Jahan T., Ding M., Jha R., Zhang K., Zhang W., Georgiev M.L., Park S.U., Zhou M. Treasure from garden: Bioactive compounds of buckwheat // *Food Chem.* 2021. Vol. 335. 127653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127653.
- Zhu F. Chemical composition and health effects of Tartary buckwheat // *Food Chem.* 2016. Vol. 203. Pp. 231–245.

26. Liu Y., Peng X.J., Chen X.Z. A Comprehensive Review of Natural Flavonoids with Anti-SARS-CoV-2 Activity // *Molecules*. 2023. Vol. 28. P. 2735.
27. Xiong H.H., Lin S.Y., Chen L.L., Ouyang K.H., Wang W.J. The Interaction between Flavonoids and Intestinal Microbes: A Review // *Foods*. 2023. Vol. 12. P. 320.
28. Matsui K., Walker A.R. Biosynthesis and regulation of flavonoids in buckwheat // *Breed. Sci.* 2019. Vol. 70. Pp. 74–84.
29. Vombergar B., Škrabanja V., Germ M. Flavonoid concentration in milling fractions of Tartary and common buckwheat // *Fagopyrum*. 2020. Vol. 37. Pp. 11–21.
30. Dorota D.-S., Wieslaw O. Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain // *J. Agric. Food Chem.* 1999. Vol. 47. Pp. 4383–4387.
31. Танашкина Т.В., Пьянкова А.Ф., Семенюта А.А., Кантемиров А.В., Приходько Ю.В. Гречишные травяные чайные напитки: сырье, способы получения и оценка биологической активности // *Техника и технология пищевых производств*. 2021. №3. С. 564–573.
32. Borovaya S.A., Klykov A.G. Some aspects of flavonoid biosynthesis and accumulation in buckwheat plants // *Plant Biotechnol. Rep.* 2020. Vol. 14. Pp. 213–225.
33. Клыков А.Г., Парская Н.С., Чайкина Е.Л., Анисимов М.М. Сортовые ресурсы *Fagopyrum esculentum* Moench по содержанию флавоноидов в плодах и надземной массе // *Фенольные соединения: функциональная роль в растениях: сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты»*. М., 2018. С. 186–191.
34. Сабитов А.М., Магафурова Ф.Ф., Хуснутдинов В.В. О новых направлениях селекции гречихи в Башкирском НИИСХ // *Достижения науки и техники АПК*. 2010. №3. С. 23–25.
35. Rui J., Hua-Qiang L., Chang-Ling H., Yi-Ping J., Lu-Ping Q., Zheng C. Phytochemical and Pharmacological Profiles of Three *Fagopyrum* Buckwheats // *International Journal of Molecular Sciences*. 2016. Vol. 17. P. 589. DOI: 10.3390/ijms17040589.
36. Li J., Yang P., Yang Q., Gong X., Ma H., Dang K., Chen G., Gao X., Fenf B. Analysis of flavonoid metabolites in buckwheat leaves using UPLC-ESI-MS/MS // *Molecules*. 2019. Vol. 24. 1310.
37. Suzuki T., Morishita T., Takigawa S., Noda T., Ishiguro K., Otsuka S. Development of Novel Detection Method for Rutinosidase in Tartary Buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) // *Plants*. 2022. Vol. 11. P. 320.
38. Watanabe M., Ohshita Y., Tsushida T. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls // *J. Agric. Food Chem.* 1997. Vol. 45. Pp. 1039–1044.
39. Wang K., Zhang Y., Yang C. Antioxidant phenolic constituents from *Fagopyrum dibotrys* // *J. Ethnopharmacol.* 2005. Vol. 99. Pp. 259–264.
40. Saxena V.K., Samaiya G.C. A new flavonoid from *Fagopyrum tataricum* // *Fitoterapia*. 1987. Vol. 58. P. 283.
41. Watanabe M. Catechins as antioxidants from buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) groats // *J. Agric. Food Chem.* 1998. Vol. 46. Pp. 839–845.
42. Kim S.J., Zaidul I.S.M., Suzuki T., Mukasa Y., Hashimoto N., Takigawa S., Takahiro N., Chie M.-E., Hiroaki Y. Comparison of phenolic compositions between common and Tartary buckwheat (*Fagopyrum*) sprouts // *Food Chem.* 2008. Vol. 110. Pp. 814–820.
43. Wu H.Z., Zhou J.Y., Pan H.L. Study on chemical constituents of *Fagopyrum dibotrys* (D. Don) Hara // *Chin. J. Hosp. Pharm.* 2008. Vol. 28. Pp. 21–26.
44. Ren Q., Wu C., Ren Y., Zhang J. Characterization and identification of the chemical constituents from tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn) by high performance liquid chromatography/photodiode array detector/linear ion trap FTICR hybrid mass spectrometry // *Food Chem.* 2013. Vol. 136. Pp. 1377–1389.
45. Wang L.B., Shao M., Gao H.Y., Wu B., Wu L.J. Study on bacteriostasis of *Fagopyrum cymosum* Meisn // *Chin. J. Microecol.* 2005. Vol. 17. Pp. 330–331.
46. Jiang S., Liu Q., Xie Y., Zeng H., Zhang L., Jiang X., Chen X. Separation of five flavonoids from tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn) grains via off-line two dimensional high-speed counter-current chromatography // *Food Chem.* 2015. Vol. 186. Pp. 153–159.
47. Bao T.N., Peng S.L., Zhou Z.Z., Li B.G. Chemical constituents of *Fagopyrum tataricum* (Linn) Gaertn // *Nat. Prod. Res. Dev.* 2003. Vol. 15. Pp. 24–26.
48. Zheng C.J., Hu C.L., Ma X.Q., Peng C., Zhang H., Qin L.P. Cytotoxic phenylpropanoid glycosides from *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn // *Food Chem.* 2012. Vol. 132. Pp. 433–438.
49. Dziejic K., Górecka D., Szwengiel A., Sulewska H., Kreft I., Gujska E., Walkowiak J. The Content of Dietary Fibre and Polyphenols in Morphological Parts of Buckwheat (*Fagopyrum tataricum*) // *Plant Foods for Human Nutrition*. 2018. Vol. 3. Pp. 1–7.
50. Shao M., Yang Y.H., Gao H.Y., Wu B., Wang L.B., Wu L.J. Studies on the chemical constituents of *Fagopyrum dibotrys* // *J. Shenyang Pharm. Univ.* 2005. Vol. 22. Pp. 100–102.
51. Dziadek K., Kopeć A., Piątkowska E., Leszczyńska T., Pisulewska E., Witkowicz R., Bystrowska B., Francik R. Identification of polyphenolic compounds and determination of antioxidant activity in extracts and infusions of buckwheat leaves // *European Food Research and Technology*. 2017. Vol. 244. Pp. 333–343.
52. Xu B., Xiao G., Ding X. Determination of phenolic acids and proanthocyanidin in buckwheat (*Fagopyrum tataricum* (Linn) Gaertn) // *Food Ferment. Ind.* 2002. Vol. 28. Pp. 32–37.
53. Zheng C.J., Hu C.L., Ma X.Q., Peng C., Zhang H., Qin L.P. Cytotoxic phenylpropanoid glycosides from *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn // *Food Chem.* 2012. Vol. 132. Pp. 433–438.

54. Bai Z.Z., Zhang X.H., Xuan L.J., Mo F.K. A phenolic glycoside from *Fagopyrum dibotrys* (D. Don) Hara // Chin. Chem. Lett. 2007. Vol. 18. Pp. 1087–1088.
55. Obendorf R.L., Steadman K.J., Fuller D.J., Horbowicz M., Lewisc B.A. Molecular structure of fagopyritol A1(O- α -D-galactopyranosyl-(1 \bar{N} 3)-D-chiro-inositol) by NMR // Carbohydr. Res. 2000. Vol. 328. Pp. 623–627.
56. Steadmana K.J., Fullerb D.J., Obendorfa R.L. Purification and molecular structure of two digalactosyl D-chiro-inositols and two trigalactosyl D-chiro-inositols from buckwheat seeds // Carbohydr. Res. 2001. Vol. 331. Pp. 19–25.
57. Horbowicz M., Brenac P., Obendorf R.L. Fagopyritol B1, O- α -D-gal-(1 \bar{N} 2)-D-chiro-inositol, a galactosyl cyclitol in maturing buckwheat seeds associated with desiccation tolerance // Planta. 1998. Vol. 205. Pp. 1–11.
58. Larner J., Huang L.C., Schwartz C.F.W., Oswald A.S., Shen T.-Y., Kinter M., Tang G., Zeller K. Rat liver insulin mediator which stimulates pyruvate dehydrogenase phosphatase contains galactosamine and D-chiroinositol // Biochem. Biophys. Res. Commun. 1988. Vol. 51. Pp. 1416–1426.
59. Obendorf R.L. Oligosaccharides and galactosyl cyclitols in seed desiccation tolerance // Seed Sci. Res. 1997. Vol. 7. Pp. 63–74.
60. Zheng F., Song Q.B., Qiang G.R., Sun P.L., Zhu X.Y., Chen D.X. GC/MS analysis of fatty acid in *Fagopyrum esculentum* seed oil // Food Sci. 2004. Vol. 25. Pp. 267–269.
61. Lee J.M., Lee K.H., Yoon Y.H., Cho E.J., Lee S. Identification of triterpenoids and flavonoids from the seeds of tartary buckwheat // Nat. Prod. Sci. 2013. Vol. 19. Pp. 137–144.
62. Zhu F. Buckwheat proteins and peptides: Biological functions and food applications // Trends in Food Science & Technology. 2021. Vol. 9. Pp. 187–192.
63. Tian L., Xu L.Z. Studies on the chemical constituents of the aerial parts of *Fagopyrum dibotrys* // China J. Chin. Mater. Med. 1997. Vol. 22. Pp. 743–745.
64. Chiang J.H., Hua X., Yu A., Peh E., See E., Henry J. A Review on Buckwheat and Its Hypoglycemic Bioactive Components in Food Systems // Food Reviews International. 2022. Vol. 39. Pp. 1–25.
65. Sun B.H., Wu Y.Q., Gao H.Y., Huang J., Wu L.J. Chemical constituents of *Fagopyrum tataricum* (L.) Gaertn // J. Shenyang Pharm. Univ. 2008. Vol. 25. Pp. 541–543.
66. Kim C.D., Lee W.K., No K.O., Park S.K., Lee M.H., Lim S.R., Roh S.S. Anti-allergic action of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) grain extract // Int. Immunopharmacol. 2003. Vol. 3. Pp. 129–136.
67. Guo X., Zhu K., Zhang H., Yao H. Purification and characterization of the antitumor protein from chinese tartary buckwheat (*Fagopyrum tataricum* Gaertn.) water-soluble extracts // J. Agric. Food Chem. 2007. Vol. 55. Pp. 6958–6961.
68. Chen X., Gu Z., Liang Z. Antitumor effect of the extract of *Fagopyrum cymosum* // Acta Acad. Med. Suzhou. 2001. Vol. 1. Pp. 23–25.
69. Chen J., Gu Z., Liang Z., Zhou W.E., Guo C. Study on anti-tumor effect of *Fagopyrum cymosum* Fr4 // Chin. Wild Plant Resour. 2002. Vol. 21. Pp. 48–50.
70. Chen J., Gu Z., Liang Z., Zhou W., Guo C. Toxic effects of cyclophosphamide tumor suppression and antagonism of *Fagopyrum cymosum* Fr4 // Chin. Tradit. Herbal Drugs. 2003. Vol. 34. Pp. 938–940.
71. Chen X.F., Gu Z.L., Yang H.H., Liang Z.Q. Effect of MMP-9, TIMP-1 protein expression in Lewis lung cancer cell of *Fagopyrum cymosum* // Suzhou Univ. J. Med. Sci. 2005. Vol. 25. Pp. 383–386.
72. Liu Z., Ishikawa W., Huang X., Tomotake H., Kayashita J., Watanabe H., Kato N. A buckwheat protein product suppresses 1,2-dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation // J. Nutr. 2001. Vol. 131. Pp. 1850–1853.
73. Chen X.F., Gu Z.L., Yang H.H., Liang Z.Q., Zhu M., Chen B.G. *Fagopyrum cymosum* Fr4 induce HL-60 apoptosis and influence telomerase activity // J. China Pharmacol. Bull. 2006. Vol. 22. Pp. 836–840.
74. Shen M., Chapman R.S., He X., Liu L.Z., Lai H., Chen W., Lan Q. Dietary factors, food contamination and lung cancer risk in Xuanwei, China // Lung Cancer. 2008. Vol. 61. Pp. 275–282.
75. Liu F., Lv Y., Ye K., Zhao J., Ye C. Effect of FR/MA on invasion of HepG2 human hepatocellular liver carcinoma cell line in vitro // J. Pract. Oncol. 2009. Vol. 24. Pp. 337–340.
76. Zhao T., Li S., Cui J., Zhang H. Extracts of *Fagopyrum cymosum* and *Rosa roxburghii* tratt inhibit proliferation and induce apoptosis of human gastric and pulmonary carcinoma cells // J. Pract. Oncol. 2009. Vol. 24. Pp. 542–547.
77. Guo X.N., Yao H.Y. Anti-proliferative effect of tartary buckwheat protein fraction TBWSP31 on breast cancer cells // Food Sci. 2010. Vol. 31. Pp. 317–320.
78. Tian X., Li C., Li Y.Y., Wang Z.H. Analysis of inhibitory activity and antineoplastic effect of wild type rBTI and its mutants // Prog. Biochem. Biophys. 2010. Vol. 3. Pp. 654–661.
79. Tian X., Li Y.Y., Wang Z.H. Expression of buckwheat protease inhibitor (aBTI) and its antitumor efficacy against human hepatoma (HepG2) cells // Chin. J. Cell Biol. 2010. Vol. 32. Pp. 589–595.
80. Zhang H., Li S.Y., Cui J.J., Zhao T. Effects of extract from *Rosa roxburghii* tratt or extract of *Fagopyrum cymosum* meissn on cell proliferation and apoptosis in human esophageal carcinoma CaEs-17 cell line // J. Oncol. 2010. Vol. 16. Pp. 35–39.
81. Guo L., Zhao Z., Han S. Study on antioxidative and antitumor effect of extraction of buckwheat flower and leaf // Chin. J. Exp. Tradit. Med. Formul. 2012. Vol. 18. Pp. 176–179.
82. Sun G., Cui T., Jin Q., Li X., Li S., Cui C. Cytotoxicity of different extract parts of buckwheat sprout // Food Sci. Technol. 2012. Vol. 10. Pp. 200–203.
83. Guo L., Wu A., Zhao Z., Han S. Effect of the extraction of buckwheat flower and leaf on immunity function of H22 tumor mice // Her. Med. 2013. Vol. 32. Pp. 1422–1424.

84. Guo L., Zhao Z., Han S. Study on the anticancer effect in vitro of extraction from buckwheat flower and leaf // *LiShiZhen Med. Mater. Med. Res.* 2013. Vol. 24. Pp. 1849–1851.
85. Guo L., Zhao Z., Han S. Studies on antitumor activities of extraction from buckwheat flower and leaf in vitro and its mechanism // *Pharmacol. Clin. Chin. Mater. Med.* 2013. Vol. 29. Pp. 50–52.
86. Jiang P., Burczynski F., Campbell C., Pierce G., Austria J.A., Briggs C.J. Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. Tataricum*, and *F. Homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation // *Food Res. Int.* 2007. Vol. 40. Pp. 356–364.
87. Sun T., Ho C.T. Antioxidant activities of buckwheat extracts // *Food Chem.* 2005. Vol. 90. Pp. 743–749.
88. Bernadetta K., Zuzana M. Prophylactic components of buckwheat // *Food Res. Int.* 2005. Vol. 38. Pp. 561–568.
89. Christel Q.D., Gressier B., Vasseur J., Dine T., Brunet C., Luyckx M., Cazin M., Cazin J.C., Bailleul F., Trotin F. Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) hulls and Flour // *J. Ethnopharmacol.* 2000. Vol. 72. Pp. 35–42.
90. Cai Y.Z., Sun M., Xing J., Luo Q., Corke H. Structure-radical scavenging activity relationships of phenolic compounds from traditional chinese medicinal plants // *Life Sci.* 2006. Vol. 78. Pp. 2872–2888.
91. Sensoy Í., Rosen R.T., Ho C.T., Karwe M.V. Effect of processing on buckwheat phenolics and antioxidant activity // *Food Chem.* 2006. Vol. 99. Pp. 388–393.
92. Cao W., Chen W.J., Suo Z.R., Yao Y.P. Protective effects of ethanolic extracts of buckwheat groats on DNA damage caused by hydroxyl radicals // *Food Res. Int.* 2008. Vol. 41. Pp. 924–929.
93. Yang J., Guo J., Yuan J. In vitro antioxidant properties of rutin // *LWT – Food Sci. Technol.* 2008. Vol. 41. Pp. 1060–1066.
94. Tang C.H., Peng J., Zhen D.W., Chen Z. Physicochemical and antioxidant properties of buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) protein hydrolysates // *Food Chem.* 2009. Vol. 115. Pp. 672–678.
95. Inglett G.E., Rose D.J., Chen D., Stevenson D.G., Biswas A. Phenolic content and antioxidant activity of extracts from whole buckwheat (*Fagopyrum esculentum moench*) with or without microwave irradiation // *Food Chem.* 2010. Vol. 119. Pp. 1216–1219.
96. Guo X.D., Ma Y.J., Parry J., Gao J.M., Yu L.L., Wang M. Phenolics content and antioxidant activity of tartary buckwheat from different locations // *Molecules.* 2011. Vol. 16. Pp. 9850–9867.
97. Hes M., Górecka D., Dziedzic K. Antioxidant properties of extracts from buckwheat by-products // *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 2012. Vol. 11. Pp. 167–174.
98. Ishii S., Katsumura T., Shiozuka C., Ooyachi K., Kawasaki K., Takigawa S., Fukushima T., Tokuji Y., Kinoshita M., Ohnishi M. Anti-inflammatory effect of buckwheat sprouts in lipopolysaccharide-activated human colon cancer cells and mice // *Biosci. Biotechnol. Biochem.* 2008. Vol. 72. Pp. 3148–3157.
99. Bao P., Zhang X., Zhou X., Ding C., Liang X., Li S. Pharmacodynamic research of *Fagopyrum dibotrys* (D. Don) // *Hara extract. Mod. Chin. Med.* 2009. Vol. 11. Pp. 36–41.
100. Cheng Y., Pan H. Study on the anti-inflammatory active site of rhizoma *Fagopyrum dibotrys* // *Lishizhen Med. Mater. Med. Res.* 2009. Vol. 20. Pp. 2219–2220.
101. Liu L., Sun Z., Lu Y., Shao M., Yan J., Chen G., Shi H. The pharmacodynamic study on the effects of antinociception and anti-inflammation of the extracts of *Fagopyrum cymosum* (Trev.) // *Meisn. Med. Inf.* 2012. Vol. 25. Pp. 49–50.
102. Choi I., Seog H., Park Y., Kim Y., Choi H. Suppressive effects of germinated buckwheat on development of fatty liver in mice fed with high-fat diet // *Phytomedicine.* 2007. Vol. 14. Pp. 563–567.
103. Kayashita J., Shimaoka I., Nakajoh M. Hypocholesterolemic effect of buckwheat protein extract in rats fed cholesterol enriched diets // *Nutr. Res.* 1995. Vol. 15. Pp. 691–698.
104. Kayashita J., Shimaoka I., Nakajoh M., Yamazaki M., Kato N. Consumption of buckwheat protein lowers plasma cholesterol and raises fecal neutral sterols in cholesterol-fed rats because of its low digestibility // *J. Nutr.* 1997. Vol. 127. Pp. 1395–1400.
105. Tomotake H., Shimaoka I., Kayashita J., Yokoyama F., Nakajoh M., Kato N. A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters // *J. Nutr.* 2000. Vol. 130. Pp. 1670–1674.
106. Shu C., Qiu J., Wang G. Effect of the seed extract of *Fagopyrum tartaricum* on the liver acutely injured by chemicals in mice // *Her. Med.* 2005. Vol. 24. Pp. 880–882.
107. Kuwabara T., Han K.H., Hashimoto N., Yamauchi H., Shimada K.I., Sekikawa M., Fukushima M. Tartary buckwheat sprout powder lowers plasma cholesterol level in rats // *J. Nutr. Sci. Vitaminol.* 2007. Vol. 53. Pp. 501–507.
108. Lee C.C., Shen S.R., Lai Y.J., Wu S.C. Rutin and quercetin, bioactive compounds from tartary buckwheat, prevent liver inflammatory injury // *Food Funct.* 2013. Vol. 4. Pp. 794–802.
109. Wang Y., Qi H.X., Gu B.B., Huang W., Zhao H.G. The therapeutic effects of tartarian buckwheat protein extracts on 2 type diabetic rats // *Zhejiang J. Prev. Med.* 2009. Vol. 21. Pp. 4–6.
110. Qin W., Lun C. The clinical observation of buckwheat for the treatment of diabetes // *Chin. J. Endocrinol. Metab.* 1992. Vol. 8. Pp. 52–53.
111. Gao T. Study of complex *Fagopyrum tataricum* prescription and its apart group on non-insulin-dependent diabetes mellitus rats // *Mod. J. Integr. Tradit. Chin. West. Med.* 2002. Vol. 11. Pp. 2209–2211.
112. Lu M., Zhang H., Zhang Y., Tong W., Zhao Y., Shan S., Liu H. An epidemiological study on relationship between buckwheat in diet and the prevalence of diabetes mellitus as blood glucose concentration // *Mod. Prev. Med.* 2002. Vol. 29. Pp. 326–327.

113. Cao W., Zhang Y., Su Y. Study on extracting of the D-chiro-inositol in *Fagopyrium tartarian* and curative of the extraction on diabetes // *Cereals Oils*. 2006. Vol. 1. Pp. 22–24.
114. Han G., Yao G., Lin Q., Zhai G., Fan Y. Effect of extracts of buckwheat seed on blood glucose in type 2 diabetes mellitus rat // *Mod. Preve. Med*. 2008. Vol. 35. Pp. 4677–4678.
115. Liu R., Wang Y., Guo H., Jia S., Hu Y. Study on the effect of buckwheat protein in lowering blood glucose of diabetic mice // *J. Jilin Agric. Univ*. 2009. Vol. 31. Pp. 102–104.
116. Li G., Chu J., Han S. Role and mechanism of rutin from buckwheat flowers and leaves on metabolism of glucose and lipids // *West China J. Pharm. Sci*. 2010. Vol. 25. Pp. 426–428.
117. Li G., Chu J., Han S. Protective effect of rutin from buckwheat flowers and leaves on hepatic injury at early stage in diabetic rats // *Jiangsu Med. J*. 2010. Vol. 36. Pp. 935–937.
118. Nam T.G., Kim D.O., Eom S.H. Effect of light sources on major flavonoids and antioxidant activity in common buckwheat sprouts // *Food Sci. Biotechnol*. 2018. Vol. 27. Pp. 169–176.
119. Vogrinčič M., Kreft I., Filipic M., Zegura B. Antigenotoxic Effect of Tartary (*Fagopyrum tataricum*) and Common (*Fagopyrum esculentum*) Buckwheat Flour // *Journal of medicinal food*. 2013. Vol. 16 (10). Pp. 1–10.
120. Chen Z., Dai G., Wu X., Li L., Tian Y., Tan L. Protective effects of *Fagopyrum dibotrys* on oxidized oil-induced oxidative stress, intestinal barrier impairment, and altered cecal microbiota in broiler chickens // *Poultry Science*. 2023. Vol. 102(4). Pp. 1–13.
121. Hannan A., Akhtar B., Sharif A., Anjum F., Pasha I., Khan A., Akhtar M.F., Saleem A. Quercetin-loaded chitosan nanoparticles ameliorate adjuvant-induced arthritis in rats by regulating anti-oxidant enzymes and down regulating pro- and inflammatory cytokines // *Inflammo pharmacology*. 2022. Vol. 31. Pp. 287–300.
122. Hou D.D., Zhang W., Gao Y.L., Sun Y.Z., Wang H.X., Qi R.Q., Chen H.D., Gao X.H. Anti-inflammatory effects of quercetin in a mouse model of MC903-induced atopic dermatitis // *Int. Immunopharmacol*. 2019. Vol. 74. Pp. 2–11.
123. Maleki S.J., Crespo J.F., Cabanillas B. Anti-inflammatory effects of flavonoids // *Food Chem*. 2019. Vol. 299. Pp. 36–41.
124. Sheng Y.T., Xu F., Ruan Q.X. Effects of tartary wheat flavone on neurofunction in diabetic rats // *Pract. Pharm. Clin. Remedies*. 2006. Vol. 9. Pp. 219–221.
125. Wang J.Q., Wang Z.X., Huang J., Sun B.H., Gao H.Y., Wu L.J. Chemical constituents from the seeds of *Fagopyrum tataricum* (L.) gaertn // *J. Shenyang Pharm Univ*. 2009. Vol. 26. Pp. 270–273.
126. Hai Q., Liu O. The antidiabetic effect of rats by pumpkin and buckwheat mixed feeding // *J. Med. Forum*. 2011. Vol. 32. Pp. 84–85.
127. Wu X., Fu G., Xu Z., Dong B., Li R., Wan Y., Jiang G., Liu C. In vitro nutrition properties of whole Tartary buckwheat straight noodles and its amelioration on type 2 diabetic rats // *Food Biosci*. 2022. Vol. 46. Pp. 2–10.
128. Dong L., Wang C., Wu C., Jiang Q., Zhang Z. Effect of jinqiaomai on expression of TLR2/4, MyD88 mRNA and IκB-α in lung tissue of rats with *Klebsiella pneumonia* // *J. Chin. Med*. 2011. Vol. 36. Pp. 200–204.
129. Dong L., Wang C., Wu C., Jiang Q., Zhang Z. Protection and mechanism of *Fagopyrum cymosum* on lung injury in rats with *Klebsiella pneumonia* // *J. Chin. Med. Mater*. 2012. Vol. 35. Pp. 603–607.
130. Tian Y., Zhang J., Wang M. Treatment effects on 80 cases of pneumonia in the elderly of *Fagopyrum dibotrys* // *Chin. J. Geriatr. Care*. 2007. Vol. 5. P. 26.
131. Chaouloff F., Elghozi J.L., Guezennec Y., Laude D. Effect of conditioned running on plasma, liver and brain tryptophan and on brain 5-hydroxytryptamine metabolism of the rat // *Br. J. Pharmacol*. 1985. Vol. 86. Pp. 33–41.
132. Zhang C., Lu Y., Guo G.X., Zhang H. Studies on antifatigue of buckwheat protein // *J. Food Sci. Biotechnol*. 2005. Vol. 24. Pp. 78–82.
133. Lai Y., Xiao H., Huan Z. The study on the sleep effect and the spontaneous motion of Esculentum Polyaccharide in mice // *J. Gannan Med. Univ*. 2009. Vol. 29. Pp. 5–6.
134. Urszula G.D., Dzikowski D., Baraniak B., Lin R. The effect of simulated digestion in vitro on bioactivity of wheat bread with tartary buckwheat flavones addition // *LWT – Food Sci. Technol*. 2009. Vol. 42. Pp. 137–143.
135. Yokozawa T., Kim H., Nonaka G., Kosuna K. Buckwheat extract inhibits progression of renal failure // *J. Agric. Food Chem*. 2002. Vol. 50. Pp. 3341–3345.
136. Kreft M. Buckwheat phenolic metabolites in health and disease // *Nutrition research reviews*. 2016. Vol. 1. Pp. 1–10.

Поступила в редакцию 3 мая 2023 г.

Принята к публикации 7 июля 2023 г.

Mitishev A.V.* , Fednina A.S., Kurdyukov Ye.Ye., Ulanova M.I. SOME SPECIES OF THE GENUS *FAGOPYRUM*: CHEMICAL COMPOSITION, PHARMACOLOGICAL EFFECTS, PROSPECTS OF USE

Penza State University, Krasnaya st., 40, Penza, 440026, Russia, e-mail: span2361@rambler.ru

This review analyzes and summarizes the information of research by domestic and foreign scientists on the chemical composition, pharmacological activity of metabolites of plants of the genus *Fagopyrum*. The genus *Fagopyrum*, a member of the *Polygonaceae* family, includes 15 species, most of them are cultivated on an industrial scale on the territory of the Russian Federation, China, India, Indonesia and North American countries. The greatest interest in medicine and pharmacy is represented by four types of buckwheat: seed buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tatar buckwheat (*Fagopyrum tataricum*), perennial buckwheat (*Fagopyrum dibotrys*) and red-stem buckwheat (*Fagopyrum rubricaulis*). These types are widely used in traditional medicine of China, Tibet, the Russian Federation, for the treatment of lung diseases, skin, edematous syndromes and infectious diseases. Currently, more than 150 compounds related to flavonoids, phenylpropanoids, tannins, phagopyritols, triterpenoids, steroids, fatty acids, essential oils, alkaloids, anthraquinones, coumarins, vitamins, amino acids, macro- and microelements have been isolated and identified from the studied buckwheat species. Extracts and isolated individual compounds have a wide range of pharmacological effects: antitumor, antioxidant, anti-inflammatory, hepatoprotective, hypoglycemic, antiallergic, antibacterial, angioprotective and adaptogenic. The information given in the review indicates that plants of the genus *Fagopyrum* are promising for further study and use in various industries.

Keywords: buckwheat, *Fagopyrum*, chemical composition, flavonoids, phenolic compounds, rutin, pharmacological effect.

For citing: Mitishev A.V., Fednina A.S., Kurdyukov Ye.Ye., Ulanova M.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 31–56. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240112933.

References

1. Zhang Z.-L., Meiliang Z., Tang Y., Fa-Liang L., Yi-Xiong T., Ji-Rong S., Wen-Tong X., Zhan-Min S. *Food Research International*, 2012, vol. 49, pp. 389–395. DOI: 10.1016/j.foodres.2012.07.035.
2. Ye Y., Li P., Zhou J., He J., Cai J. *Foods*, 2022, vol. 11, 1774. DOI: 10.3390/foods11121774.
3. Kuz'micheva N.A., Rudenko A.V., Mozolevskaya Ye.A. *Vestnik farmatsii*, 2005, no. 2, pp. 17–24. (in Russ.).
4. Takanori O., Chengyun Li. *Breeding Science*, 2020, vol. 70, pp. 93–100. DOI: 10.1270/jsbbs.19028.
5. Kreft I., Germ M., Golob A., Vombergar B., Vollmannová A., Kreft S., Luthar Z. *Molecules*, 2022, vol. 27, 7101. DOI: 10.3390/molecules27207101.
6. Hornyák M., Dziurka M., Kula-Maximenko M., Pastuszak J., Szczerba A., Szklarczyk M., Płazek A. *Sci. Rep.*, 2022, vol. 12, p. 257. DOI 10.1038/s41598-021-04134-6.
7. Jianglin Z., Lan J., Xiaohui T., Lianxin P., Xing L., Gang Z., Zhong L. *Molecules*, 2018, vol. 23, 182. DOI: 10.3390/molecules23010182.
8. Wang Y., Qi H., Gu B., Zhao H.G. *Zhejiang J. Prev. Med.*, 2009, vol. 21, pp. 4–6.
9. Hafeez B.B., Adhami V.M., Asim M., Siddiqui I.A., Bhat K.M., Zhong W., Saleem M., Din M., Setaluri V., Mukhtar H. *Clin. Cancer Res.*, 2009, vol. 15, pp. 452–459.
10. Lee K.H., Choib E.M. *Eur. J. Pharmacol.*, 2008, vol. 591, pp. 1–6.
11. Kashchenko N.I., Chirikova N.K., Olennikov D.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 4, pp. 81–90. (in Russ.).
12. Vombergar B., Luthar Z. *Folia Biol. Geol.*, 2018, vol. 59, pp. 101–157. DOI: 10.3986/fbg0047.
13. Kočevár G.N., Stojilkovski K., Kreft S., Park C.H., Kreft I. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2017, vol. 79, pp. 423–427. DOI: 10.1016/j.lwt.2017.01.068.
14. Sabitov A.M. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2007, no. 2, pp. 17–18. (in Russ.).
15. Anisimova M.M., Kurkin V.A., Ryzhov V.M., Tarasenko L.V. *Meditinskiy al'manakh*, 2010, vol. 3 (12), pp. 204–206. (in Russ.).
16. Rui J., Hua-Qiang L., Chang-Ling H., Yi-Ping J., Lu-Ping Q., Cheng-Jian Z. *Int. J. Mol. Sci.*, 2016, vol. 17, p. 589. DOI: 10.3390/ijms17040589.
17. Janes D., Kantar D., Kreft S., Prosen H. *Food Chemistry*, 2009, vol. 112(1), pp. 120–124.
18. Wang Y., Campbell C. *Euphytica*, 2007, vol. 156 (3), pp. 399–405.
19. Aubert L., Konrádová D., Kebbas S., Barris S., Quinet M. *J. Plant Physiol.*, 2020, p. 251.
20. Zhang L.L., He Y., Sheng F., Hu Y.F., Song Y., Li W. *Chin. Med.*, 2021, vol. 16 (1), p. 89. DOI: 10.1186/s13020-021-00498-z.
21. Sabitov A.M. *NI Bashkirkaya entsiklopediya. T. 1: A-B*. [NI Bashkir Encyclopedia. Vol. 1: A-B]. Ufa, 2005, 624 p. (in Russ.).
22. Klykov A.G. *Sel'skokhozyaystvennaya biologiya*, 2010, no. 3, pp. 49–53. (in Russ.).
23. Magafurova F.F., Khusnutdinov V.V. *Vestnik KrasGAU*, 2022, no. 9, pp. 27–32. (in Russ.).
24. Huda M.N., Lu S., Jahan T., Ding M., Jha R., Zhang K., Zhang W., Georgiev M.I., Park S.U., Zhou M. *Food Chem.*, 2021, vol. 335, 127653. DOI: 10.1016/j.foodchem.2020.127653.

* Corresponding author.

25. Zhu F. *Food Chem.*, 2016, vol. 203, pp. 231–245.
26. Liu Y., Peng X.J., Chen X.Z. *Molecules*, 2023, vol. 28, p. 2735.
27. Xiong H.H., Lin S.Y., Chen L.L., Ouyang K.H., Wang W.J. *Foods*, 2023, vol. 12, p. 320.
28. Matsui K., Walker A.R. *Breed. Sci.*, 2019, vol. 70, pp. 74–84.
29. Vombergar B., Škrabanja V., Germ M. *Fagopyrum*, 2020, vol. 37, pp. 11–21.
30. Dorota D.-S., Wieslaw O. *J. Agric. Food Chem.*, 1999, vol. 47, pp. 4383–4387.
31. Tanashkina T.V., P'yankova A.F., Semenyuta A.A., Kantemirov A.V., Prikhod'ko Yu.V. *Tekhnika i tekhnologiya pishchevykh proizvodstv*, 2021, no. 3, pp. 564–573. (in Russ.).
32. Borovaya S.A., Klykov A.G. *Plant Biotechnol. Rep.*, 2020, vol. 14, pp. 213–225.
33. Klykov A.G., Parskaya N.S., Chaykina Ye.L., Anisimov M.M. *Fenol'nyye soyedineniya: funktsional'naya rol' v ras-teniyakh: sbornik nauchnykh statey po materialam X Mezhdunarodnogo simpoziuma «Fenol'nyye soyedineniya: fun- damental'nyye i prikladnyye aspekty»*. [Phenolic compounds: functional role in plants: a collection of scientific articles based on the materials of the X International Symposium “Phenolic Compounds: Fundamental and Applied Aspects”]. Moscow, 2018, pp. 186–191. (in Russ.).
34. Sabitov A.M., Magafurova F.F., Khusnutdinov V.V. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2010, no. 3, pp. 23–25. (in Russ.).
35. Rui J., Hua-Qiang L., Chang-Ling H., Yi-Ping J., Lu-Ping Q., Zheng C. *International Journal of Molecular Sciences*, 2016, vol. 17, p. 589. DOI: 10.3390/ijms17040589.
36. Li J., Yang P., Yang Q., Gong X., Ma H., Dang K., Chen G., Gao X., Fenf B. *Molecules*, 2019, vol. 24, 1310.
37. Suzuki T., Morishita T., Takigawa S., Noda T., Ishiguro K., Otsuka S. *Plants*, 2022, vol. 11, p. 320.
38. Watanabe M., Ohshita Y., Tsushida T. *J. Agric. Food Chem.*, 1997, vol. 45, pp. 1039–1044.
39. Wang K., Zhang Y., Yang C. *J. Ethnopharmacol.*, 2005, vol. 99, pp. 259–264.
40. Saxena V.K., Samaiya G.C. *Fitoterapia*, 1987, vol. 58, p. 283.
41. Watanabe M. *J. Agric. Food Chem.*, 1998, vol. 46, pp. 839–845.
42. Kim S.J., Zaidul I.S.M., Suzuki T., Mukasa Y., Hashimoto N., Takigawa S., Takahiro N., Chie M.-E., Hiroaki Y. *Food Chem.*, 2008, vol. 110, pp. 814–820.
43. Wu H.Z., Zhou J.Y., Pan H.L. *Chin. J. Hosp. Pharm.*, 2008, vol. 28, pp. 21–26.
44. Ren Q., Wu C., Ren Y., Zhang J. *Food Chem.*, 2013, vol. 136, pp. 1377–1389.
45. Wang L.B., Shao M., Gao H.Y., Wu B., Wu L.J. *Chin. J. Microecol.*, 2005, vol. 17, pp. 330–331.
46. Jiang S., Liu Q., Xie Y., Zeng H., Zhang L., Jiang X., Chen X. *Food Chem.*, 2015, vol. 186, pp. 153–159.
47. Bao T.N., Peng S.L., Zhou Z.Z., Li B.G. *Nat. Prod. Res. Dev.*, 2003, vol. 15, pp. 24–26.
48. Zheng C.J., Hu C.L., Ma X.Q., Peng C., Zhang H., Qin L.P. *Food Chem.*, 2012, vol. 132, pp. 433–438.
49. Dziedzic K., Górecka D., Szwengiel A., Sulewska H., Kreft I., Gujska E., Walkowiak J. *Plant Foods for Human Nu- trition*, 2018, vol. 3, pp. 1–7.
50. Shao M., Yang Y.H., Gao H.Y., Wu B., Wang L.B., Wu L.J. *J. Shenyang Pharm. Univ.*, 2005, vol. 22, pp. 100–102.
51. Dziadek K., Kopeć A., Piątkowska E., Leszczyńska T., Pisulewska E., Witkiewicz R., Bystrowska B., Francik R. *Eu- ropean Food Research and Technology*, 2017, vol. 244, pp. 333–343.
52. Xu B., Xiao G., Ding X. *Food Ferment. Ind.*, 2002, vol. 28, pp. 32–37.
53. Zheng C.J., Hu C.L., Ma X.Q., Peng C., Zhang H., Qin L.P. *Food Chem.*, 2012, vol. 132, pp. 433–438.
54. Bai Z.Z., Zhang X.H., Xuan L.J., Mo F.K. *Chin. Chem. Lett.*, 2007, vol. 18, pp. 1087–1088.
55. Obendorf R.L., Steadman K.J., Fuller D.J., Horbowicz M., Lewisc B.A. *Carbohydr. Res.*, 2000, vol. 328, pp. 623–627.
56. Steadman K.J., Fuller D.J., Obendorf R.L. *Carbohydr. Res.*, 2001, vol. 331, pp. 19–25.
57. Horbowicz M., Brenac P., Obendorf R.L. *Planta*, 1998, vol. 205, pp. 1–11.
58. Larner J., Huang L.C., Schwartz C.F.W., Oswald A.S., Shen T.-Y., Kinter M., Tang G., Zeller K. *Biochem. Biophys. Res. Commun.*, 1988, vol. 51, pp. 1416–1426.
59. Obendorf R.L. *Seed Sci. Res.*, 1997, vol. 7, pp. 63–74.
60. Zheng F., Song Q.B., Qiang G.R., Sun P.L., Zhu X.Y., Chen D.X. *Food Sci.*, 2004, vol. 25, pp. 267–269.
61. Lee J.M., Lee K.H., Yoon Y.H., Cho E.J., Lee S. *Nat. Prod. Sci.*, 2013, vol. 19, pp. 137–144.
62. Zhu F. *Trends in Food Science & Technology*, 2021, vol. 9, pp. 187–192.
63. Tian L., Xu L.Z. *China J. Chin. Mater. Med.*, 1997, vol. 22, pp. 743–745.
64. Chiang J.H., Hua X., Yu A., Peh E., See E., Henry J. *Food Reviews International*, 2022, vol. 39, pp. 1–25.
65. Sun B.H., Wu Y.Q., Gao H.Y., Huang J., Wu L.J. *J. Shenyang Pharm. Univ.*, 2008, vol. 25, pp. 541–543.
66. Kim C.D., Lee W.K., No K.O., Park S.K., Lee M.H., Lim S.R., Roh S.S. *Int. Immunopharmacol.*, 2003, vol. 3, pp. 129–136.
67. Guo X., Zhu K., Zhang H., Yao H. *J. Agric. Food Chem.*, 2007, vol. 55, pp. 6958–6961.
68. Chen X., Gu Z., Liang Z. *Acta Acad. Med. Suzhou.*, 2001, vol. 1, pp. 23–25.
69. Chen J., Gu Z., Liang Z., Zhou W.E., Guo C. *Chin. Wild Plant Resour.*, 2002, vol. 21, pp. 48–50.
70. Chen J., Gu Z., Liang Z., Zhou W., Guo C. *Chin. Tradit. Herbal Drugs*, 2003, vol. 34, pp. 938–940.
71. Chen X.F., Gu Z.L., Yang H.H., Liang Z.Q. *Suzhou Univ. J. Med. Sci.*, 2005, vol. 25, pp. 383–386.
72. Liu Z., Ishikawa W., Huang X., Tomotake H., Kayashita J., Watanabe H., Kato N. *J. Nutr.*, 2001, vol. 131, pp. 1850–1853.

73. Chen X.F., Gu Z.L., Yang H.H., Liang Z.Q., Zhu M., Chen B.G. *J. China Pharmacol. Bull.*, 2006, vol. 22, pp. 836–840.
74. Shen M., Chapman R.S., He X., Liu L.Z., Lai H., Chen W., Lan Q. *Lung Cancer.*, 2008, vol. 61, pp. 275–282.
75. Liu F., Lv Y., Ye K., Zhao J., Ye C. *J. Pract. Oncol.*, 2009, vol. 24, pp. 337–340.
76. Zhao T., Li S., Cui J., Zhang H. *J. Pract. Oncol.*, 2009, vol. 24, pp. 542–547.
77. Guo X.N., Yao H.Y. *Food Sci.*, 2010, vol. 31, pp. 317–320.
78. Tian X., Li C., Li Y.Y., Wang Z.H. *Prog. Biochem. Biophys.*, 2010, vol. 3, pp. 654–661.
79. Tian X., Li Y.Y., Wang Z.H. *Chin. J. Cell Biol.*, 2010, vol. 32, pp. 589–595.
80. Zhang H., Li S.Y., Cui J.J., Zhao T. *J. Oncol.*, 2010, vol. 16, pp. 35–39.
81. Guo L., Zhao Z., Han S. *Chin. J. Exp. Tradit. Med. Formul.*, 2012, vol. 18, pp. 176–179.
82. Sun G., Cui T., Jin Q., Li X., Li S., Cui C. *Food Sci. Technol.*, 2012, vol. 10, pp. 200–203.
83. Guo L., Wu A., Zhao Z., Han S. *Her. Med.*, 2013, vol. 32, pp. 1422–1424.
84. Guo L., Zhao Z., Han S. *LiShiZhen Med. Mater. Med. Res.*, 2013, vol. 24, pp. 1849–1851.
85. Guo L., Zhao Z., Han S. *Pharmacol. Clin. Chin. Mater. Med.*, 2013, vol. 29, pp. 50–52.
86. Jiang P., Burczynski F., Campbell C., Pierce G., Austria J.A., Briggs C.J. *Food Res. Int.*, 2007, vol. 40, pp. 356–364.
87. Sun T., Ho C.T. *Food Chem.*, 2005, vol. 90, pp. 743–749.
88. Bernadetta K., Zuzana M. *Food Res. Int.*, 2005, vol. 38, pp. 561–568.
89. Christel Q.D., Gressier B., Vasseur J., Dine T., Brunet C., Luyckx M., Cazin M., Cazin J.C., Bailleul F., Trotin F. *J. Ethnopharmacol.*, 2000, vol. 72, pp. 35–42.
90. Cai Y.Z., Sun M., Xing J., Luo Q., Corke H. *Life Sci.*, 2006, vol. 78, pp. 2872–2888.
91. Sensoy Í., Rosen R.T., Ho C.T., Karwe M.V. *Food Chem.*, 2006, vol. 99, pp. 388–393.
92. Cao W., Chen W.J., Suo Z.R., Yao Y.P. *Food Res. Int.*, 2008, vol. 41, pp. 924–929.
93. Yang J., Guo J., Yuan J. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2008, vol. 41, pp. 1060–1066.
94. Tang C.H., Peng J., Zhen D.W., Chen Z. *Food Chem.*, 2009, vol. 115, pp. 672–678.
95. Inglett G.E., Rose D.J., Chen D., Stevenson D.G., Biswas A. *Food Chem.*, 2010, vol. 119, pp. 1216–1219.
96. Guo X.D., Ma Y.J., Parry J., Gao J.M., Yu L.L., Wang M. *Molecules*, 2011, vol. 16, pp. 9850–9867.
97. Hes M., Górecka D., Dziedzic K. *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.*, 2012, vol. 11, pp. 167–174.
98. Ishii S., Katsumura T., Shiozuka C., Ooyachi K., Kawasaki K., Takigawa S., Fukushima T., Tokuji Y., Kinoshita M., Ohnishi M. *Biosci. Biotechnol. Biochem.*, 2008, vol. 72, pp. 3148–3157.
99. Bao P., Zhang X., Zhou X., Ding C., Liang X., Li S. *Hara extract. Mod. Chin. Med.*, 2009, vol. 11, pp. 36–41.
100. Cheng Y., Pan H. *Lishizhen Med. Mater. Med. Res.*, 2009, vol. 20, pp. 2219–2220.
101. Liu L., Sun Z., Lu Y., Shao M., Yan J., Chen G., Shi H. *Meisn. Med. Inf.*, 2012, vol. 25, pp. 49–50.
102. Choi I., Seog H., Park Y., Kim Y., Choi H. *Phytomedicine*, 2007, vol. 14, pp. 563–567.
103. Kayashita J., Shimaoka I., Nakajoh M. *Nutr. Res.*, 1995, vol. 15, pp. 691–698.
104. Kayashita J., Shimaoka I., Nakajoh M., Yamazaki M., Kato N. *J. Nutr.*, 1997, vol. 127, pp. 1395–1400.
105. Tomotake H., Shimaoka I., Kayashita J., Yokoyama F., Nakajoh M., Kato N. *J. Nutr.*, 2000, vol. 130, pp. 1670–1674.
106. Shu C., Qiu J., Wang G. *Her. Med.*, 2005, vol. 24, pp. 880–882.
107. Kuwabara T., Han K.H., Hashimoto N., Yamauchi H., Shimada K.I., Sekikawa M., Fukushima M. *J. Nutr. Sci. Vitaminol.*, 2007, vol. 53, pp. 501–507.
108. Lee C.C., Shen S.R., Lai Y.J., Wu S.C. *Food Funct.*, 2013, vol. 4, pp. 794–802.
109. Wang Y., Qi H.X., Gu B.B., Huang W., Zhao H.G. *Zhejiang J. Prev. Med.*, 2009, vol. 21, pp. 4–6.
110. Qin W., Lun C. *Chin. J. Endocrinol. Metab.*, 1992, vol. 8, pp. 52–53.
111. Gao T. *Mod. J. Integr. Tradit. Chin. West. Med.*, 2002, vol. 11, pp. 2209–2211.
112. Lu M., Zhang H., Zhang Y., Tong W., Zhao Y., Shan S., Liu H. *Mod. Prev. Med.*, 2002, vol. 29, pp. 326–327.
113. Cao W., Zhang Y., Su Y. *Cereals Oils*, 2006, vol. 1, pp. 22–24.
114. Han G., Yao G., Lin Q., Zhai G., Fan Y. *Mod. Preve. Med.*, 2008, vol. 35, pp. 4677–4678.
115. Liu R., Wang Y., Guo H., Jia S., Hu Y. *J. Jilin Agric. Univ.*, 2009, vol. 31, pp. 102–104.
116. Li G., Chu J., Han S. *West China J. Pharm. Sci.*, 2010, vol. 25, pp. 426–428.
117. Li G., Chu J., Han S. *Jiangsu Med. J.*, 2010, vol. 36, pp. 935–937.
118. Nam T.G., Kim D.O., Eom S.H. *Food Sci. Biotechnol.*, 2018, vol. 27, pp. 169–176.
119. Vogrinčič M., Kreft I., Filipic M., Zegura B. *Journal of medicinal food*, 2013, vol. 16 (10), pp. 1–10.
120. Chen Z., Dai G., Wu X., Li L., Tian Y., Tan L. *Poultry Science*, 2023, vol. 102(4), pp. 1–13.
121. Hannan A., Akhtar B., Sharif A., Anjum F., Pasha I., Khan A., Akhtar M.F., Saleem A. *Inflammo pharmacology*, 2022, vol. 31, pp. 287–300.
122. Hou D.D., Zhang W., Gao Y.L., Sun Y.Z., Wang H.X., Qi R.Q., Chen H.D., Gao X.H. *Int. Immunopharmacol.*, 2019, vol. 74, pp. 2–11.
123. Maleki S.J., Crespo J.F., Cabanillas B. *Food Chem.*, 2019, vol. 299, pp. 36–41.
124. Sheng Y.T., Xu F., Ruan Q.X. *Pract. Pharm. Clin. Remedies*, 2006, vol. 9, pp. 219–221.
125. Wang J.Q., Wang Z.X., Huang J., Sun B.H., Gao H.Y., Wu L.J. *J. Shenyang Pharm Univ.*, 2009, vol. 26, pp. 270–273.
126. Hai Q., Liu O. *J. Med. Forum*, 2011, vol. 32, pp. 84–85.
127. Wu X., Fu G., Xu Z., Dong B., Li R., Wan Y., Jiang G., Liu C. *Food Biosci.*, 2022, vol. 46, pp. 2–10.

128. Dong L., Wang C., Wu C., Jiang Q., Zhang Z. *J. Chin. Med.*, 2011, vol. 36, pp. 200–204.
129. Dong L., Wang C., Wu C., Jiang Q., Zhang Z. *J. Chin. Med. Mater.*, 2012, vol. 35, pp. 603–607.
130. Tian Y., Zhang J., Wang M. *Chin. J. Geriatr. Care*, 2007, vol. 5, p. 26.
131. Chaoulouff F., Elghozi J.L., Guezennec Y., Laude D. *Br. J. Pharmacol.*, 1985, vol. 86, pp. 33–41.
132. Zhang C., Lu Y., Guo G.X., Zhang H. *J. Food Sci. Biotechnol.*, 2005, vol. 24, pp. 78–82.
133. Lai Y., Xiao H., Huan Z. *J. Gannan Med. Univ.*, 2009, vol. 29, pp. 5–6.
134. Urszula G.D., Dziki D., Baraniak B., Lin R. *LWT – Food Sci. Technol.*, 2009, vol. 42, pp. 137–143.
135. Yokozawa T., Kim H., Nonaka G., Kosuna K. *J. Agric. Food Chem.*, 2002, vol. 50, pp. 3341–3345.
136. Kreft M. *Nutrition research reviews*, 2016, vol. 1, pp. 1–10.

Received May 3, 2023

Accepted July 7, 2023

Сведения об авторах

Митишев Александр Владимирович – старший преподаватель кафедры общей и клинической фармакологии, span2361@rambler.ru
Феднина Анастасия Сергеевна – студент, fedninaa@mail.ru
Курдюков Евгений Евгеньевич – кандидат фармацевтических наук, доцент кафедры общей и клинической фармакологии, e.e.kurdyukov@mail.ru
Уланова Марина Игоревна – студент, ulanova-02-02@mail.ru

Information about authors

Mitishev Alexander Vladimirovich – senior lecturer at the Department of General and Clinical Pharmacology, span2361@rambler.ru
Fednina Anastasia Sergeevna – student, fedninaa@mail.ru
Kurdyukov Evgeniy Evgenievich – Candidate of Pharmaceutical Sciences, Associate Professor of the Department of General and Clinical Pharmacology, e.e.kurdyukov@mail.ru
Ulanova Marina Igorevna – student, ulanova-02-02@mail.ru