

<https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-28-39>
УДК 615.1



Обзорная статья / Review article

Дереза: перспективы применения в фармации растительного сырья, содержащего алкалоиды, флавоноиды, полисахариды и другие биологически активные вещества растения семейства пасленовых (*Solanaceae*) (обзор)

Б. Тупа¹, О. Г. Потанина², Е. В. Успенская^{1✉}

¹ ФГАОУ ВО «Российский университет дружбы народов» (РУДН), 117198, Россия, г. Москва, ул. Миклухо-Маклая, д. 6

² ФГБОУ ВО «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ имени М. В. Ломоносова), 119991, Россия, г. Москва, Ленинские горы, д. 1

✉ Контактное лицо: Успенская Елена Валерьевна. E-mail: uspenskaya75@mail.ru

ORCID: Б. Тупа – <https://orcid.org/0000-0003-0291-6285>; О. Г. Потанина – <https://orcid.org/0000-0002-0284-419X>; Е. В. Успенская – <https://orcid.org/0000-0003-2147-8348>.

Статья поступила: 30.11.2021

Статья принята в печать: 02.09.2022

Статья опубликована: 25.11.2022

Резюме

Введение. Обзор посвящен научному анализу состава, свойств и особенностей биологического воздействия на организм человека плодов дерезы, как перспективного растительного сырья для производства новых лекарственных средств.

Текст. Рассмотрены важнейшие аспекты, связанные с растительным сырьем различных видов дерезы, такие как мировая распространенность растений и унификация многочисленных синонимичных названий сырья, обобщение фармакопейных данных, качественный и количественный состав компонентов *Lycium*, их структурные особенности, биологические эффекты на жизненно важные системы организма. В обзоре представлена проблема отсутствия в стандартах РФ монографий на сырье растений дерезы, несмотря на существующий и произрастающий на территории РФ растения дерезы русской (*Lycium ruthenicum* Murray). Этот факт открывает значительные возможности разработки нормативной документации в РФ на сырье дерезы, в том числе дерезы русской как перспективного ЛРС.

Заключение. Полученные результаты демонстрируют потенциальную возможность введения в фармацию нового вида лекарственного растительного сырья и готовых лекарственных препаратов на их основе, а также прогнозировать биологическую активность веществ плодов дерезы и механизмы действия алкалоидов, флавоноидов, полисахаридов и каротиноидов *Lycium*.

Ключевые слова: сырье дерезы обыкновенной, дерезы китайской и дерезы русской, полисахариды *Lycium barbarum* (LBPs), антиоксидантная активность

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Б. Тупа, О. Г. Потанина авторы идеи, осуществляли сбор и анализ литературных данных. Б. Тупа выполнила сбор и анализ литературных данных. Б. Тупа, Е. В. Успенская подготовили обзор по разновидностям и механизмам действия БАВ дерезы.

Для цитирования: Тупа Б., Потанина О. Г., Успенская Е. В. Дереза: перспективы применения в фармации растительного сырья, содержащего алкалоиды, флавоноиды, полисахариды и другие биологически активные вещества растения семейства пасленовых (*Solanaceae*). *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2022;11(4):28–39. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-28-39>

Lycium: Prospects of Application in Pharmacy of Plant Raw Materials Containing Alkaloids, Flavonoids, Polysaccharides and Other Biologically Active Substances of the *Solanaceae* Family Plants (Review)

Bleona Tupa¹, Olga G. Potanina², Elena V. Uspenskaya^{1✉}

¹ Peoples Friendship University of Russia (RUDN University), 6, Mikluho-Maklaya str., Moscow, 117198, Russia

² Lomonosov Moscow State University, 1, Leninskie gory, Moscow, 119991, Russia

✉ Corresponding author: Elena. V. Uspenskaya. E-mail: uspenskaya75@mail.ru

ORCID: Bleona Tupa – <https://orcid.org/0000-0003-0291-6285>; Olga G. Potanina – <https://orcid.org/0000-0002-0284-419X>; Elena V. Uspenskaya – <https://orcid.org/0000-0003-2147-8348>.

Received: 30.11.2021

Revised: 02.09.2022

Published: 25.11.2022

Abstract

Introduction. The review is dedicated to the scientific analysis of the composition, properties and features of the biological effects on the man's organism of the *Lycium Fruit* as a prospective plant raw material for the production of innovative drugs.

Text. The most important aspects related to plant raw materials of various types of *Lycium* are considered, such as, the worldwide prevalence of plants and the unification of raw materials numerous synonymous names, the generalization of pharmacopoeia data, the qualitative and quantitative composition of *Lycium* components, their structural features, biological effects on vital body systems. The review also presents the problem of the absence of general pharmacopoeia monographs on *Lycium* raw materials in Russia, despite the cultivation of *Lyceum ruthenicum* M.

© Тупа Б., Потанина О. Г., Успенская Е. В., 2022

© Tupa B., Potanina O. G., Uspenskaya E. V., 2022

plants in Russia. This fact opens up significant opportunities to develop the Russian regulatory document for *Lycium*, as a promising pharmaceutical raw material.

Conclusion. The obtained results demonstrate the potential of introducing into pharmacy a new type of pharmaceutical raw material and a new finished products based on them, as well as predicting the biological activity of the substances of *Lycium fruit* and mechanisms of alkaloids, flavonoids, polysaccharides and *Lycium* carotenoids action.

Keywords: pharmaceutical raw material of *Lycium barbarum*, *Lycium chinense* and *Lycium ruthenicum*, *Lycium barbarum* polysaccharides (LBPs), antioxidant activity

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Bleona Tupa, Olga G. Potanina the authors of the idea, collection and analysis of literary data. Bleona Tupa performed the collection and analysis of literary data. Bleona Tupa, Elena V. Uspenskaya prepared a review on the varieties and mechanisms of action of *Lycium* components.

For citation: Tupa B., Potanina O. G., Uspenskaya E. V. *Lycium*: prospects of application in pharmacy of plant raw materials containing alkaloids, flavonoids, polysaccharides and other biologically active substances of the *Solanaceae* family plants. *Drug development & registration*. 2022;11(4):28–39. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2022-11-4-28-39>

ВЕДЕНИЕ

Научный интерес к дерезе или *Lycium barbarum* L. был проявлен в середине XX века и был связан не только с накопленными данными, свидетельствующими о биологических эффектах данного растения, но и инструментальными возможностями изолирования и анализа активных веществ [1].

Примером служит научное заявление исследователей из Пакистана в 1969 г. о гипотензивном действии бербамина – алкалоида *Lycium barbarum* L., механизм которого заключался в прямом угнетающем действии на миокард в дозе от 0,125 мг до 1 мг и высвобождении гистамина из тканей подопытных животных [2]. В 1968 г. японскими исследователями из Школы медицины университета Токио было установлено, что введение внутривенной инъекции неочищенного экстракта *Lycium chinense* M. способствовало овуляции у взрослой самки кролика. Это дало начало исследованиям в репродуктивной физиологии животных по оценке влияния плодов *Lycium* на гормональный профиль, продуктивность и репродуктивную функцию самок кроликов [3].

Растения рода *Lycium* широко используется в традиционной китайской медицине, а также приобрели широкое мировое признание в качестве компонента питания. Опрос среди 106 фитотерапевтов Израиля об использовании пасленовых в качестве лекарственных растений показал, что только четыре вида, среди которых встречается и дереза – *Lycium europaeum*, *Solanum nigrum*, *Hyoscyamus aureus*, *Hyoscyamus albus*, – широко используются в настоящее время [4]. Наглядным примером, свидетельствующим об эффективном и распространенном

применении *Lycium* в медицине, является состав традиционного китайского медицинского экстракта (Traditional Chinese Medicine Plant Extract, TCME) для лечения алкоголь-зависимой остеопении, включающего ЛРС: *Lycium barbarum*, *Astragalus*, *Cistanche deserticola*, *Dioscorea polystachya*, *Epimedium*, *Cinnamomum cassia*, *Syzygium aromaticum*, *Angelica sinensis*, and *Curculigo orchoides* [5].

История упоминания дерезы (*Lycium*) датируется 2070 г. до н. э. в виде костяных скриптов в китайских династиях Ся и Шан бассейна реки Хуанхэ [6]. В китайском языке плоды дерезы называются «gou qi zi», где «gou» означает «собака/волк», а «zi» – «маленький фрукт/ягода». В литературе встречаются многочисленные альтернативные (претенциозные) названия дерезы: лиций, волчья ягода (wolfberry), ягода годжи (goji berry), чайное растение герцога Аргайла (Duke of Argyll's tea plant), тибетский барбарис (Tibetan barberry), чертовы плети, ткенна белолозая. Однако во избежание ошибок при описании растительного сырья дерезы следует придерживаться ботанических научных названий растений: дереза обыкновенная (*Lycium barbarum* L.), дереза китайская (*Lycium chinense* Mill.), дереза арабская (*Lycium arabicum* Schweinf. ex Boiss.), дереза европейская (*Lycium europaeum* Miers), дереза русская (*Lycium ruthenicum* Murray) и др., соответствующие естественному ареалу их произрастания [7]. Все разновидности дерезы относятся к таксономическим категориям: отдел – цветковые; класс – двудольные; семейство – пасленовые (*Solanaceae*); триба – *Lycieae*; род – дереза; включают более 90 видов, семь из которых встречаются в Китае [8].

Дереза обыкновенная – многолетний листопадный ветвистый кустарник 1–2,5 м высотой с длинными, тонкими светло-желтыми побегами и неолистовенными пазушными колючками 6–15 мм. Плод – красная продолговато-яйцевидная или острая ягода, 8–18 мм длиной. Ягоды собирают спелыми, сушат до состояния сморщенного околоплодника и подвергают воздействию прямого солнечного света до тех пор, пока экзокарпий станет сухим и твердым, а мякоть – мягкой [9]. Долгое время в качестве компонентов пищи использовались плоды, листья, кора, корни и молодые побеги *Lycium*. Позднее для извлечения биологически активных веществ использовали плоды – ягоды и корни. Согласно [10] из 97 только 35 видов *Lycium* зарегистрированы в мире для применения в диетологии и медицине (рисунок 1).

В то время как 85 % видов *Lycium* встречаются в Америке и Африке, из них используются только 26 %, из четырнадцати – только 9 видов в Евразии, два – *L. barbarum* и *L. chinense* – в Китае и в РФ (*L. barbarum* L. и *Lycium ruthenicum* M). Несмотря на то, что плоды *Lycium barbarum* и *Lycium chinense* были внесены в государственные фармакопеи разных государств (см. рисунок 1, Ж), спецификации и требования к качеству в нормативных документах различаются.

Цель настоящего обзора – обобщение научных данных и сведений по составу, свойствам, методам испытаний и биологическим эффектам плодов *Lycium*.

ФАРМАКОПЕЙНЫЕ СТАНДАРТЫ

19 марта 2019 года некоммерческая образовательная организация (НОО) «Американская фармакопея трав» (American Herbal Pharmacopoeia, AHP) выпустила монографию на плоды дерезы (*Lycium barbarum*, *L. chinense*, *Solanaceae*). Описанная монография *Lycium* стала тридцать девятым выпуском, опубликованным некоммерческой образовательной организацией «Американская фармакопея трав» с 1998 года, и включала в себя результаты объединенной работы с Институтом развития лекарственных растений Китайской академии медицинских наук и 32 экспертов из академических кругов, промышленности и медицинской практики¹.

По состоянию на 2021 год нормативные документы на ЛРС растений *Lycium barbarum* L. и *Lycium chinense* Mill. представлены в фармакопеях Китая, Кореи, Японии, Великобритании и, как правило, вклю-

чают разделы: название и описание, подлинность, чистота, количественное определение (таблица 1)^{2, 3, 4, 5, 6}.

Таким образом, сравнительный анализ фармакопейных требований к ЛРС *Lycium* демонстрирует существующие различия в видах анализируемого сырья и перечне показателей качества, следовательно, необходимость гармонизации фармакопей на данный вид сырья в условиях глобализации их обращения.

Обзор химических компонентов рода *Lycium* (*Solanaceae*)

Согласно [11, 12], в различных видах растительного сырья *Lycium* и частях растений (плоды, корневая кора, листья, семена и цветы) обнаружено около 355 компонентов, которые классифицированы на группы: глицерогалактолипиды (около 17 соединений), фенилпропаноиды (4 соединения), кумарины (9 соединений), лигнаны (8 соединений), флавоноиды (27 соединений), амиды (около 16 соединений), алкалоиды (около 72 веществ групп имидазола, пиперидина, пиррола, спермина, тропана), антрахиноны (4 соединения), органические кислоты (32 вещества), терпеноиды (около 37 структур), стеринны и стероиды (57 соединений), пептиды (5 соединений) и другие составляющие. Соотношение различных соединений в сырье дерезы и химические структуры некоторых соединений представлены на рисунке 2 и в таблице 2.

Растительное сырье дерезы содержит также полисахариды (*L. barbarum* Polysaccharide, LBP), которые, по мнению некоторых исследований, являются основными биологически активными компонентами дерезы и составляют от 5 до 8 % по содержанию в высушенных плодах [26]. Из плодов *L. barbarum*, *L. chinense* и *L. ruthenicum* были выделены более 40 полисахаридов с диапазоном молекулярной массы 8–241 кДа. Полисахариды имеют общую гли-

² Monograph JP XVII – Lycium Fruit. The website of the Japanese Pharmacopoeia 17th Edition. Available at: <https://www.pmda.go.jp/english/rs-sb-std/standards-development/jp/0019.html>. Accessed: 21.03.2022.

³ Monograph Korean Pharmacopoeia (Tenth Edition) – Lycium Fruit. The website of the Korean Pharmacopoeia (Tenth Edition). Available at: https://www.mfds.go.kr/eng/brd/m_18/view.do?seq=70483&srchFr=&srchTo=&srchWord=&srchTp=&itm_seq_1=0&itm_seq_2=0&multi_itm_seq=0&company_cd=&company_nm=&page=1. Accessed: 21.03.2022.

⁴ Monograph Taiwan Herbal Pharmacopoeia 2nd Edition – Wolfberry, Lycii Fructus. The website of the Korean Pharmacopoeia (Tenth Edition). Available at: <https://www.mohw.gov.tw/cp-3690-39025-2.html>. Accessed: 21.03.2022.

⁵ Chinese Pharmacopoeia, 2015 (English Edition). Volume 1. Lycium barbarum L. Available at: <https://www.usp.org/products/chinese-pharmacopoeia>. Accessed: 21.03.2022.

⁶ British Pharmacopoeia, 2019, Lycium barbarum Linné. Available at: <https://www.pharmacopoeia.com/BP2019>. Accessed: 21.03.2022.

¹ Monograph AHP – Lycium (Goji) Fruit. The website of the American Herbal Pharmacopoeia. Available at: <https://herbal-ahp.com/collections/frontpage/products/lycium-goji-berry>. Accessed: 21.03.2022.

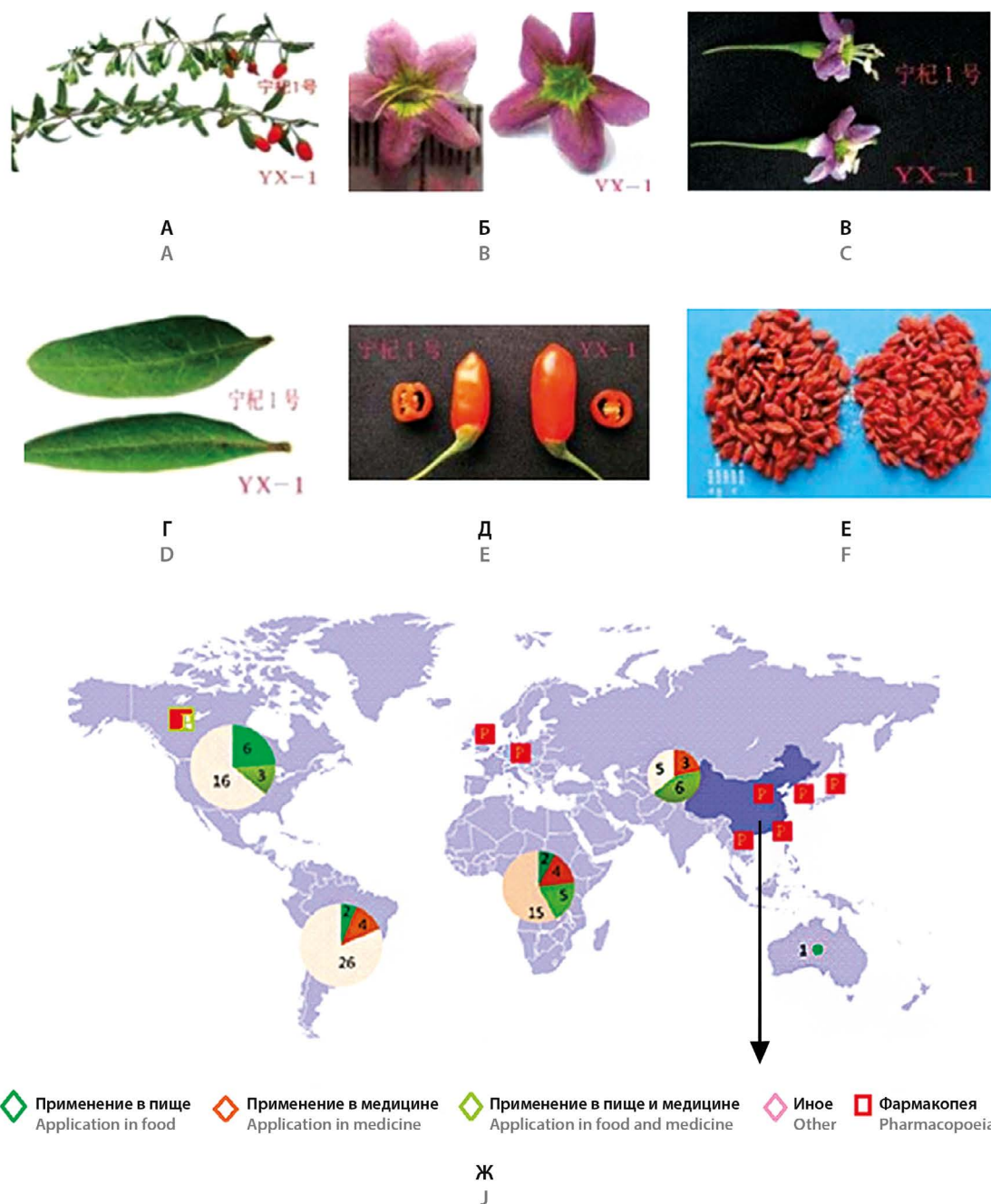


Рисунок 1. Ботаническая идентификация *L. barbarum*:

A – ветви с ягодами; Б и В – цветки; Г – листья; Д – свежие плоды (ягоды); Е – высушенные плоды; Ж – мировое распространение *Lycium* и преимущественные виды применения растительного сырья [10]

Figure 1. Botanical identification of *L. barbarum*:

A – branches with berries; B and C – flowers; D – leaves; E – fresh fruits (berries); F – dried fruits; J – the worldwide distribution of *Lycium* and the primary uses of plant raw materials [10]

копептидную структуру гликан-О-Сер и содержат галактуроновую кислоту, 18 аминокислот и 9 моносахаридов, а именно ксилозу (Xyl), глюкозу (Glc), арабинозу (Ara), рамнозу (Rha), маннозу (Man), галактозу (Gal), фукоиданы (Fuc), галактуроновую (GalA) и глюкуроновую кислоту (GlcA) [27]. Молярные соотношения некоторых полисахаридов и воз-

можная структура повторяющихся звеньев приведены в таблице 3.

Исследования [29] показали, что моносахаридные и аминокислотные остатки представляют собой гликоконъюгаты. Согласно анализу гликозидных связей участки разветвления и боковые цепи рассматривались как структура полисахаридов *L. barbarum* [30].

Таблица 1. Сравнительные фармакопейные требования к контролю качества лекарственного растительного сырья *Lycium*
Table 1. Comparative pharmacopoeia requirements for quality control of pharmaceutical raw material *Lycium*

Растение, Названия, Синонимы Plant, Names, Synonyms	Показатели качества Parameter of quality			Количественное определение Assay
	Описание Description	Подлинность Identification	Чистота Purity	
Китайская фармакопея The Pharmacopoeia of the People's Republic of China, English Edition 2000/2005				
Fructus Lycii Gouqizi Плоды Lycium barbarum L. Fructus Lycii Gouqizi The fruits of Lycium barbarum L.	Плоды подпузырьковидной или эллипсоидной формы длиной 6–20 мм, d = 3–8 мм, алого или темно-красного цвета; без запаха, вкус сладкий Fruits are subbubble-shaped or ellipsoid, 6–20 mm long, d = 3–8 mm, scarlet or dark red; odorless, sweet taste	ТСХ – фиолетовые зоны между R _f ≈ 0,71 и R _f ≈ 0,89 (каротиноиды), синяя зона при R _f ≈ 0,56 (зеаксантин), розово-фиолетовые зоны при R _f ≈ 0,42 (эфирное масло), синяя флуоресцентная зона при R _f ≈ 0,81 (скополетин), фиолетовая зона между R _f ≈ 0,52–0,57 (линолевая кислота) TLC – violet zones between R _f ≈ 0,71 and R _f ≈ 0,89 (carotenoids), blue zone at R _f ≈ 0,56 (zeaxanthin), pink-violet zones at R _f ≈ 0,42 (essential oil), blue fluorescent zone at R _f ≈ 0,81 (scopoletin), violet zone between R _f ≈ 0,52–0,57 (linoleic acid)	-	ВЭЖХ (содержание суммы полисахаридов не менее 1,8 %) HPLC (content of total polysaccharides not less than 1.8 %)
Британская фармакопея The British Pharmacopoeia (BP) 2019/Barbary Wolfberry Fruit				
Barbary Wolfberry fruit. Сушеные, цельные, спелые плоды Lycium barbarum L. Barbary Wolfberry fruit. Dried, whole, ripe fruits of Lycium barbarum L.	Эллиптическая, веретенообразная или яйцевидная форма длиной 6–20 мм, d = 3–10 мм, оранжево-красного или темно-красного цвета Elliptical, fusiform or ovoid, 6–20 mm long, d = 3–10 mm, orange-red or dark red	1. Морфологические особенности. 2. Микроскопические характеристики. 3. ТСХ – ярко-синее флуоресцентное пятно для скополетина, оранжевое флуоресцентное пятно для рутозида 1. Morphological features. 2. Microscopic. 3. TLC – bright blue fluorescent spot for scopoletin, orange fluorescent spot for rutoid	1. Потеря при высушивании (не более 11 %, 2 ч). 2. Общая зола (≤5 %) 1. Loss on drying (no more than 11 %, 2 hours). 2. Total ash (≤5 %)	Экстрактивные вещества* (≥55,0 %) Extractives* (≥55.0 %)
Фармакопея Японии The Japanese Pharmacopoeia (JP) XVII Crude Drugs and Related Drugs / Lycium Fruit				
Lycium fruit. Плоды Lycium – это плоды растения Lycium chinense или Lycium barbarum Linne Lycium fruit. The fruit of Lycium is the fruit of the plant Lycium chinense or Lycium barbarum Linne	Веретенообразный плод с острой вершиной длиной 6–20 мм, d = 3–8 мм, темно-красного цвета. Запах характерный, вкус сладкий, слегка горьковатый Fusiform fruit with a sharp apex, 6–20 mm long, d = 3–8 mm, dark red. Odor characteristic taste sweet, slightly bitter	ТСХ – желтое основное пятно появляется при значении R _f около 0,6 TLC – a yellow main spot appears at an R _f value of about 0.6	1. Посторонние примеси (≤2 %). 2. Общая зола (≤8 %). 3. Кислото нерастворимая зола (≤1 %) 1. Foreign impurities (≤2 %). 2. Total ash (≤8 %). 3. Acid insoluble ash (≤1 %)	Экстрактивные вещества* (≤35,0 %) Extractives* (≤35.0 %)

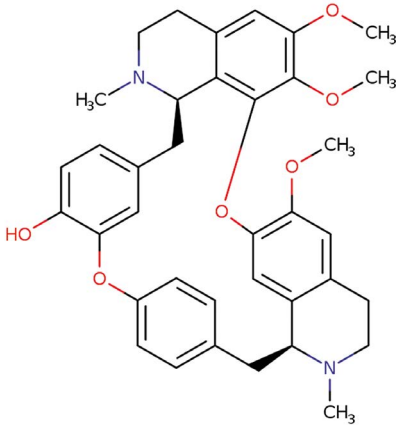
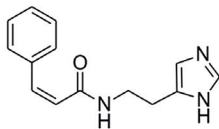
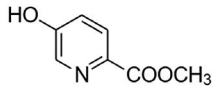
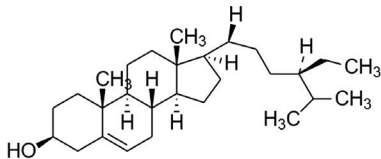
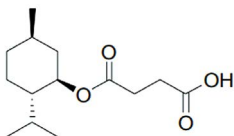
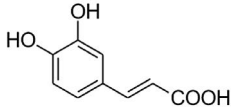
Растение, Названия, Синонимы Plant, Names, Synonyms	Показатели качества Parameter of quality			Количественное определение Assay
	Описание Description	Подлинность Identification	Чистота Purity	
Корейская фармакопея трав The Korean Herbal Pharmacopoeia				
<i>Lycium fruit (Lycii fructus).</i> Плоды <i>Lycium</i> <i>Lycium fruit (Lycii fructus).</i> <i>Lycium fruit</i>	Плод <i>Lycium</i> – эллиптический дли- ной от 6 до 20 мм и $d = 3-10$ мм; тем- но-красного цвета; обладают легким характерным запахом и сладким вку- сом The fruit of <i>Lycium</i> is elliptical, from 6 mm to 20 mm long and $d = 3-10$ mm; dark red; have a slight characteristic odor and sweet taste	TCX – одно желтоватое пятно при значении $R_f \approx 0,6$ TLC – one yellowish spot at $R_f \approx 0,6$	1. Посторонние вещества – <3,0 % ветвей и плодоножек. 2. Тяжелые Me: Pb (≤ 5 ppm); As (≤ 3 ppm); Hg ($\leq 0,2$ ppm); Cd ($\leq 0,3$ ppm). 3. Остаточные пестициды. 4. Диоксид серы – ≤ 30 ppm. 5. Зола $\leq 8,0$ % 1. Foreign matter – <3.0 % of branches and stalks. 2. Heavy Me: Pb (≤ 5 ppm); As (≤ 3 ppm); Hg ($\leq 0,2$ ppm); Cd ($\leq 0,3$ ppm). 3. Residual pesticides. 4. Sulfur dioxide – ≤ 30 ppm. 5. Ash $\leq 8,0$ %.	ВЭЖХ. Содержание бетаина ($C_5H_{11}NO_2$) в вы- сушенных плодах не менее 0,5 %. Формула для расчета: $m_{(кг, бетаина тестируемого)} = m_{(кг, бетаина стандарта)} \cdot \frac{A_T}{A_C}$ где A – площадь пиков HPLC. The content of betaine ($C_5H_{11}NO_2$) in dried fruits is not less than 0.5 %. Formula for calculation: $m_{(mg, test betaine)} = m_{(mg, betaine standard)} \cdot \frac{A_T}{A_C}$ where A is the area of the peaks
Тайваньская Китайская фармакопея The Taiwan Chinese Pharmacopoeia Second Edition				
Wolfberry. <i>Lycii fructus (Solanaceae).</i> <i>Lycium chinense</i> Mill. or <i>Ningxia</i> <i>wolfberry Lycium barbarum</i> L. Плоды <i>Lycium</i> Wolfberry. <i>Lycii fructus (Solanaceae).</i> <i>Lycium chinense</i> Mill. or <i>Ningxia</i> <i>wolfberry Lycium barbarum</i> L. <i>Lycium fruit</i>	Плоды – ярко-оранжево-красные яго- ды эллипсовидной формы длиной 1 – 2 см и $d = 3-8$ мм The fruits are bright orange-red ellip- soid-shaped berries 1-2 cm long and $d = 3-8$ mm	1. Морфологические особенности. 2. Микроскопические характеристики 1. Morphological features. 2. Microscopic characteristics	1. Влажность. 2. Общая зола. 3. Зола, не растворимая в кислотах. 4. Водорастворимые экстракты. 5. TCX. 6. Остатки пестицидов. 7. Остаток серы диоксида. 8. Тяжелые Me 1. Humidity. 2. General ash. 3. Ash, insoluble in acids. 4. Water-soluble extracts. 5. TCX. 6. Pesticide residues. 7. Residual sulfur dioxide. 8. Heavy Me	Экстрактивные вещества** (экстра- гент – этанол, – $\geq 35,0$ %) (экстракт – вода, – $\geq 40,0$ %) Extractives** (extractant – ethanol, – $\geq 35,0$ %) (extractant – water, – $\geq 40,0$ %)

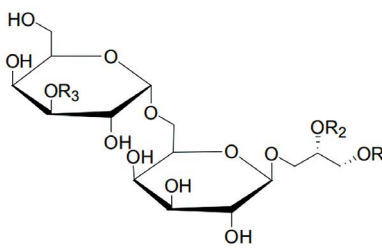
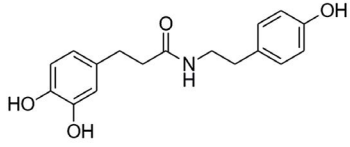
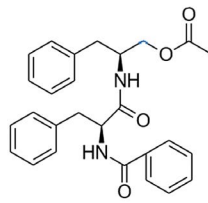
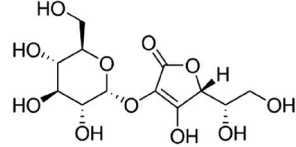
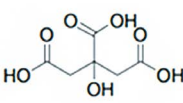
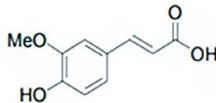
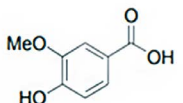
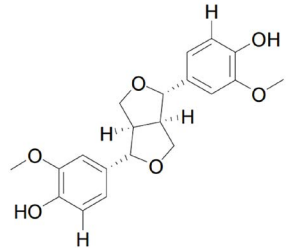
Примечание. * Показатель «экстрактивные вещества» характеризует содержание в растительном сырье всей суммы биологически активных, извлекаемых экстрагентом.
** Тип экстрагента приводится в НД на лекарственное растительное сырье в зависимости от его последующего назначения.

Note. * The indicator "extractive substances" characterizes the content in plant raw materials of the entire amount of biologically active extracted by the extractant.
** The type of extractant is given in the monograph on medicinal plant raw materials, depending on its subsequent purpose.

Таблица 2. Примеры химических структур соединений из растений рода дерезы (*Lycium*)

Table 2. The examples of *Lycium* plants compounds chemical structures.

Группы химических соединений Groups of chemical compounds	Структура, название, вид растительного сырья. Источник данных Structure, name and spices of raw materials. Source
	Алкалоиды Alkaloids
Группы изохинолина Isoquinoline alkaloids	 Бербамин (6,6',7-триметокси-2,2'-диметил бербамин-12-ол). Плоды <i>L. barbarum</i> [13] Berbamine (6,6',7-Trimethoxy-2,2'-dimethyl berbaman-12-ol). <i>L. barbarum</i> fruits [13]
Группы имидазола Imidazole alkaloids	 Na-[(Z)-Циннамоил]-N1-метилгистамин. Листья <i>L. barbarum</i> [14] Na-[(Z)-Cinnamoyl]-N1-methylhistamine. <i>L. barbarum</i> leaves [14]
Группы пиридина Pyridine alkaloids	 Метилловый эфир 5-гидрокси-2-пиридин карбоновой кислоты. Плоды <i>L. barbarum</i> [15] Methyl 5-hydroxy-2-pyridinecarboxylat. <i>L. barbarum</i> fruits [15]
Стероиды Steroids	 β-Ситостерол. Плоды <i>L. chinense</i> [16] β-Sitosterol. <i>L. chinense</i> fruits [16]
Терпеноиды Terpenoids	 L-Монометилсукцинат. Плоды <i>L. barbarum</i> [17] L-Monomethyl succinate. <i>L. barbarum</i> fruits [17]
Фенилпропаноиды Phenylpropanoids	 E-Феруловая кислота. Кора корня <i>L. chinense</i> [18] E-Ferulic acid. <i>L. chinense</i> root bark [18]

Группы химических соединений Groups of chemical compounds	Структура, название, вид растительного сырья. Источник данных Structure, name and spices of raw materials. Source
Глицерогалактолипиды Glycerogalactolipids	 Галактолипиды А (R = Пальмитоил, R₂, R₃ = Линоленоил). Кора корня <i>L. Chinense</i> [19] Galactolipids A (R = Palmitoyl, R₂, R₃ = Linolenoyl). <i>L. chinense</i> root bark [19]
Амиды Amides	 <i>N</i>-(α,β-Дигидрокаффеил)тирамин Кора корня <i>L. chinense</i> [20] <i>N</i>-(α,β-Dihydrocaffeoyl)tyramine. <i>L. chinense</i> root bark [20]
Пептиды Peptides	 Лициумамид. Кора корня <i>L. chinense</i> [21] Lyciumamide. <i>L. chinense</i> root bark [21]
Витамины Vitamins	 2-О-(α-D-Глюкопиранозил)-L-аскорбиновая кислота (α,α-2βG). Кора корня <i>L. chinense</i> [22] 2-O-(α-D-Glucopyranosyl)-L-ascorbic acid (α,α-2βG). <i>L. chinense</i> root bark [22]
Органические кислоты Organic acids	 лимонная кислота citric acid  феруловая кислота ferulic acid  ванилиновая кислота vanillic acid Листья <i>L. barbarum</i> [23] <i>L. barbarum</i> leaves [23]
Лигнаны Lignans	 4-О-(β-D-глюкопиранозил)сирингарезинол. Плоды <i>L. barbarum</i> [24] 4-O-(β-D-glucopyranosyl)syringaresinol. <i>L. barbarum</i> fruits [24]

Группы химических соединений Groups of chemical compounds	Структура, название, вид растительного сырья. Источник данных Structure, name and spices of raw materials. Source
Антрахиноны Anthraquinones	<chem>Oc1cc2c(c1)c(=O)c3cc(O)c(O)c(=O)c32</chem> 6-Гидроксирубиadin. Кора корня <i>L. chinense</i> [25] 6-Hydroxyrubiadin. <i>L. chinense</i> root bark [25]

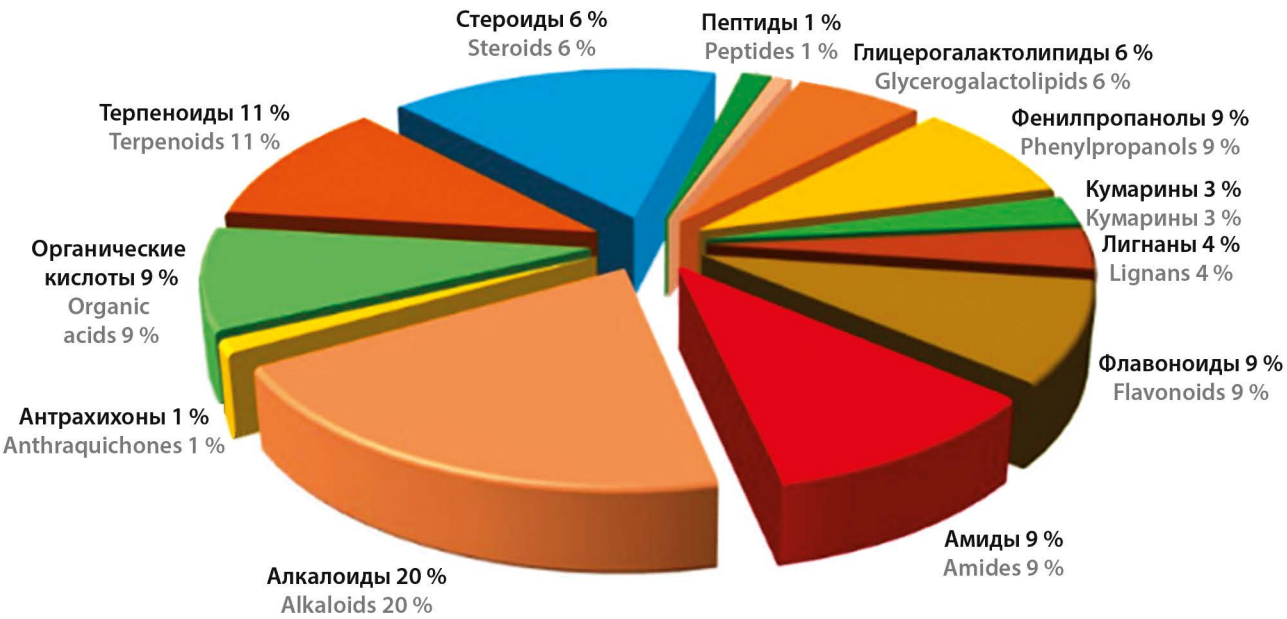


Рисунок 2. Доля биологически активных компонентов в растениях рода дерезы (*Lycium*)
Figure 2. The percentage of biologically active components in *Lycium* plants

Некоторые примеры
биологических эффектов компонентов
растительного сырья дерезы (*Lycium*)

Антиоксидантная активность

Проявлению антиоксидантной активности способствуют в основном каротиноиды, флавоноиды, аскорбиновая кислота и ее производные (см. таблицу 2), а также полифенолы, содержащиеся в дерезе разных видов. Антиоксидантные эффекты полисахаридов LBPс были исследованы с помощью моделей *in vivo*. Результаты продемонстрировали повышение уровней супероксиддисмутазы (SOD) и глутатионпероксидазы (GSH-Px) в сыворотке крови и значительно снижение содержания малонового диальдегида (MDA) [31]. Антиоксидантная функция LBPс показывает значительное повышение уровня оксида азота (NO) макрофагов, фагоцитарную способность и кислотную фосфатазу, а также антиоксидантную актив-

ность *in vitro* [32]. LBPс могут значительно повышать жизнеспособность клеток и регулировать окислительный стресс путем ингибирования активации каспазы-3 и уровней АФК *in vitro* [33]. Показано, что LBPс могут снижать уровни АФК за счет удаления свободных радикалов [34]. Активность антиоксидантных ферментов, уровни GSH и уровни MDA у крыс, которым давали с пищей LBPс, снизились по сравнению с таковыми в контрольной группе ($p < 0,01$) [35]. Антиоксидантная активность и механизмы LBPс показаны в таблице 4.

Другие виды биологической активности и механизм действия LBPс обобщены в таблице 5.

Табличные данные демонстрируют широкий спектр проявления компонентами дерезы биологической активности на примере многих систем организма. Понимание механизмов развития тех или иных эффектов даст возможность к разработке лекарственных средств на основе стандартизованного сырья.

Таблица 3. Возможная структура повторяющихся звеньев, молекулярные массы и молярные соотношения полисахаридов в дерезе (*Lycium*) [28]

Table 3. Possible structure of repeating units, molecular weights and molar ratios of polysaccharides in *Lycium* plants [28]

Название Name	Mr (kDa) Molecular mass (kilo-Daltons)	Молярные соотношения Molar ratios	Структура повторяющихся звеньев Structure of repeating links
LbGp2	68,200	Ara:Gal = 4:5	(1 → 6)-β-Gal)-β-Ara и (1 → 3)-β-Gal (1 → 6)-β-Gal)-β-Ara and (1 → 3)-β-Gal
LbGp3	92,500	Ara:Gal = 1:1	(1 → 4)-β-Gal(1 → 3)-β-Ara и (1→3)-α-Gal(1 → 3)/(1 → 5)-α-Ara (1 → 4)-β-Gal(1 → 3)-β-Ara and (1→3)-α-Gal(1 → 3)/(1 → 5)-α-Ara
LbGp4	214,800	Ara:Gal:Rha:Glc = 1.5:2.5:0.43:0.23	(1 → 4)-β-Gal(1 → 3)-β-Gal(1 → 3)-α-Ara и (1 → 3)-β-Rha (1 → 4)-β-Gal(1 → 3)-β-Gal(1 → 3)-α-Ara and (1 → 3)-β-Rha
LBPA3	66,000	Ara:Gal = 1.2:1	Гетерополисахариды с (1 → 4), (1 → 6) Heteropolysaccharides (1 → 4), (1 → 6)
LBPB1	18,000	Ara:Glc = 1:3.1	Гетерополисахариды с (1 → 4), (1 → 6) β-гликозидная связь Heteropolysaccharides (1 → 4), (1 → 6) β-glycosidic bond
LBPC2	12,000	Xyl:Rha:Man = 8.8:2.3:1	Гетерополисахариды с (1 → 4), (1 → 6) β-гликозидная связь Heteropolysaccharide (1 → 4), (1 → 6) β-glycosidic bond
LBP3a-1	103,000	GalA (Gal и Ara)	Полигалактуроны с (1 → 4)-α-гликозидной связью Polygalacturonases (1 → 4)-α-glycosidic bond
LBP3a-2	82,000	GalA (Gal и Ara)	Полигалактуроны с (1 → 4)-α-гликозидной связью Polygalacturonases (1 → 4)-α-glycosidic bond
LBLP5-A	113,300		(1 → 3)-Gal, (1 → 4)-Gal, (1 → 3)-Araf, (1 → 5)-Araf, и (1 → 2, 4)-Rhaf (1 → 3)-Gal, (1 → 4)-Gal, (1 → 3)-Araf, (1 → 5)-Araf, and (1 → 2, 4)-Rhaf

Таблица 4. Антиоксидантная активность и механизмы действия *L. barbarum* polysaccharide

Table 4. Antioxidant activity and mechanisms of *L. barbarum* polysaccharides action

Активность Activity	Механизмы Mechanisms	Дозы Dose	Экспериментальная модель / Форма исследования Experimental model / Study form
Уменьшение окислительного стресса Reducing oxidative stress	Регуляция уровней MDA, SOD, GSH Regulation of MDA, SOD, GSH levels	100, 200, 400 мг/кг 100, 200, 400 mg · kg ⁻¹	Крысы. <i>In vivo</i> Rats. <i>In vivo</i>
Уменьшение повреждений, вызванных гипоксией Reduction of damage caused by hypoxia	Понижающее регулирование miR-122 Step-down regulation miR-122	300 мкг/мл 300 µg · mL ⁻¹	Клетки. <i>In vitro</i> Cells. <i>In vitro</i>
Уменьшение гипероксической гипоксии Reduction of hyperoxic hypoxia	Индукцированная активация Nrf2 Induced activation of Nrf2	100 мг/кг 100 mg · kg ⁻¹	Мышь. <i>In vivo</i> Mouse. <i>In vivo</i>
Ослабление диабетической дисфункции яичек Weakening of diabetic testicular dysfunction	Повышенная экспрессия белка p-PI3K и p-Akt Increased expression of p-PI3K and pAkt proteins	40 мг/кг 40 mg · kg ⁻¹	Мышь. <i>In vivo</i> Mouse. <i>In vivo</i>
Антирадикальная защита Anti-radical protection	Ловушка для свободных радикалов A trap for free radicals	IC 50: 1.29–3.00 мг/мл IC 50: 1.29–3.00 mg · mL ⁻¹	Химический реагент. <i>In vitro</i> Chemical reagent. <i>In vitro</i>
Регуляция активности ферментов Regulation of enzyme activity	Повышенная активность антиоксидантных ферментов Increased activity of antioxidant enzymes	200–400 мг/кг 200-400 mg · kg ⁻¹	Крысы. <i>In vivo</i> Rats. <i>In vivo</i>

Таблица 5. Другие виды биологической активности *L. barbarum polysaccharides*

Table 5. Other types of biological activity of *L. barbarum polysaccharides*

Биологическая активность Biological activity	Механизмы Mechanisms	Форма исследования Form of research
Уменьшение сосудистых поражений Reduction of vascular lesions	Регулирование сигнальных путей p38 MAPK (mitogen-activated protein kinase), ингибирование всасывания глюкозы Regulation of signaling pathways of p38 MAPK (mitogen-activated protein kinase), inhibition of glucose absorption	<i>In vivo</i>
Предотвращение повреждения, вызванного ультрафиолетом Prevention of damage caused by ultraviolet radiation	Активация фактора Nrf2 Activation of factor Nrf2	<i>In vitro</i>
Защита печени от гепатотоксичности Protection of the liver from hepatotoxicity	Регулирование окислительного стресса Regulation of oxidative stress	<i>In vivo</i>
Облегчение болезни сухих глаз Relief of dry eye disease	Тест Ширмера (Dry Eye Test), измерение времени разрыва слезной пленки Schirmer Test (Dry Eye Test), measurement of tear film rupture time	<i>In vivo</i>
Защита от нейротоксичности Protection against neurotoxicity	Усиление путей клеточной сигнализации Nrf2/HO-1 Enhancement of Nrf2/HO-1 cellular signaling pathways	<i>In vivo</i>

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Данная обзорная статья посвящена текущему состоянию и перспективам разработки нормативных документов государственных фармакопей не только на различные морфологические группы, но и препараты из сырья дерезы (*Lycium*). Актуальность работы обусловлена тем, что сырье дерезы привлекает внимание приверженцев народной медицины на протяжении многих столетий благодаря накопленным данным о проявлении им разнообразных биологических эффектов – сырье *Lycium* продемонстрировало химический состав, богатый биологически активными веществами (алкалоидами, терпеноидами, витаминами, флавоноидами, углеводами). Для контроля качества некоторых видов сырья (высушенные плоды, кора корней) разработаны междисциплинарные подходы, включающие методики химического и фармакогностического анализа, а также разработку монографий государственных фармакопей. Однако в действующих нормативных документах на сырье дерезы не принимается во внимание ее различное биологическое происхождение, несмотря на разницу в химическом профиле и их фармакологической активности: *L. barbarum* – широко распространен в то время как *L. vhinense* дополнительно используется в качестве эквивалента в некоторых стандартах. Поэтому до сих пор остается открытым вопрос об их взаимозаменяемости. Будущие исследования в области фармацевтической химии и фармакогнозии сырья растений *Lycium* должны быть сосредоточены и на других видах (*Lycium ruthenicum*), произрастающих, в том числе и на территории РФ. Данный факт необходимо учитывать при составлении нормативных документов на ЛРС.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

- Christen P., Kapetanidis I. Flavonoids from *Lycium halimifolium*. *Planta Med.* 1987;53(6):571–572. DOI: 10.1055/s-2006-962816.
- Khan I., Qayum A., Qureshi Z. Study of the hypotensive action of berbamine, an alkaloid isolated from berberis yceum. *Life Sci.* 1969; 8(17):993–1001. DOI: 10.1016/0024-3205(69)90432-9.

- Andoni E., Curone G., Agradi S., Barbato O., Menchetti L., Vigo D., Zelli R., Cotozzolo E., Ceccarini M. R., Faustini M., Quattrone A., Castrica M., Brecchia G. Effect of Goji Berry (*Lycium barbarum*) Supplementation on Reproductive Performance of Rabbit. *Does. Animals (Basel)*. 2021;11(6):1672–1679. DOI: 10.3390/ani11061672.
- Dafni A., Yaniv Z. Solanaceae as medicinal plants in Israel. *J Ethnopharmacol.* 1994;44(1):11–18. DOI: 10.1016/0378-8741(94)90093-0.
- Qian D., Zhou H., Fan P., Yu T., Patel A., O'Brien M., Wang Z., Lu S., Tong G., Shan Y., Wang L., Gao Y., Xiong Y., Zhang L., Wang X., Liu Y., Zhou S. A Traditional Chinese Medicine Plant Extract Prevents Alcohol-Induced Osteopenia. *Front Pharmacol.* 2021;12(1):754–788. DOI: 10.3389/fphar.2021.754088.
- Bukhari S. M. F., Ali G., Abbas S. R., Anjum Z., Ahmed N., Munir A., Wali A., Ayub M., Khan K., Khames A., Musthafa M. M. Ethnobotanical and Biochemical Study of Berberis lyceum Royle Collected from Different Areas of Azad Jammu and Kashmir. *Evid Based Complement Alternat Med.* 2021;2021:1–9. DOI: 10.1155/2021/9916305.
- Lin L., Jin L., Wang Z. H., Cui Z. J., Ma Y. Prediction of the potential distribution of Tibetan medicinal *Lycium ruthenicum* in context of climate change. *Chinese Journal of Traditional Chinese Medicine.* 2017;42(14):2659–2669. DOI: 10.19540/j.cnki.cjcm.2017.0117.
- Levin R. A., Miller J. S. Relationships within tribe Lycieae (Solanaceae): paraphyly of Lycium and multiple origins of gender dimorphism. *Am J Bot.* 2005;92(12):2044–2053. DOI: 10.3732/ajb.92.12.2044.
- Sekinaeva M. A., Serebryanaya F. K., Denisenko O. N., Lyashenko S. S. The study of the anatomical features of the herb Dereza vulgaris (*Lycium barbarum* L.). *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya.* 2015;9(2):231–235. (In Russ.)
- Yao R., Heinrich M., Weckerle C. S. The genus *Lycium* as food and medicine: botanical, ethnobotanical and historical review. *Journal of Ethnopharmacology.* 2018;212:50–66. DOI: 10.1016/j.jep.2017.10.010.
- Qian D., Zhao Y., Yang G., Huang L. Systematic Review of Chemical Constituents in the Genus *Lycium* (Solanaceae). *Molecules.* 2017;22(6):911–944. DOI: 10.3390/molecules22060911.
- Yanjie G., Yifo W., Yuqing W., Fang G., Zhigang C. Lycium Barbarum: A Traditional Chinese Herb and A Promising Anti-Aging Agent. *Aging and disease.* 2017;8(6):778–791. DOI: 10.14336/AD.2017.0725.

13. Wong C. W., Seow W. K., Zeng T. S., Halliday W. J., Thong Y. H. Comparative immunopharmacology and toxicology of the bisbenzylisoquinoline alkaloids tetrandrine and berbamine. *Int J Immunopharmacol.* 1991;13(5):579–85. DOI: 10.1016/0192-0561(91)90079-m.
14. Chiale C. A., Cabrera J. L., Juliani H. R. N- α -Cinnamoyl-histamine derivatives from *Lycium cestroides*. *Phytochemistry.* 1990;29(2):688–689. DOI: 10.1016/0031-9422(90)85152-6.
15. Li. J., Pan L., Naman C. B., Deng Y., Chai H., Keller W. J., Kinghorn A. D. Pyrrole alkaloids with potential cancer chemopreventive activity isolated from a goji berry-contaminated commercial sample of African mango. *J. Agric. Food Chem.* 2014;62:5054–5060. DOI: 10.1021/jf500802x.
16. Redgwell R. J., Carti. D., Wang J., Dobrukhovskaya J. M., Gerwig G. J., Kamerling J. P., Bucheli P. Cell wall polysaccharides of Chinese Wolfberry (*Lycium barbarum*): Part 1. Characterisation of soluble and insoluble polymer fractions. *Carbohydrate Polymers.* 2011;84(4):1344–1349. DOI: 10.1016/j.carbpol.2011.01.032.
17. Hiserodt R. D., Adediji J., John T. V., Dewis M. L. Identification of monomethyl succinate, monomethyl glutarate, and dimethyl glutarate in nature by high performance liquid chromatography-tandem mass spectrometry. *J Agric Food Chem.* 2004;52(11):3536–3541. DOI: 10.1021/jf049798m.
18. Li X.-N., Chu C., Tong S.-Q., Cheng D.-P., Yang J.-Z. A new furo lactone-type lignan from *Lycium chinense*. *Nat. Prod. Res.* 2013;27:750–752. DOI: 10.1080/14786419.2012.698408.
19. Yan Y., Ran L., Cao Y., Qin K., Zhang X., Luo Q., Jabbar S., Abid M., Zeng X., Jabbar S., Abid M., Zeng X. Nutritional, Phytochemical Characterization and Antioxidant Capacity of Ningxia Wolfberry (*Lycium barbarum* L.). *J.Chem.Soc.Pak.* 2014;36(6):1079–1087.
20. Xie L.-W., Atanasov A. G., Guo D.-A., Malainer C., Zhang J.-X., Zehl M., Guan S.-H., Heiss E. H., Urban E., Dirsch V. M., Kopp B. Activity-guided isolation of NF- κ B inhibitors and PPAR γ agonists from the root bark of *Lycium chinense* Miller. *Journal of Ethnopharmacology.* 2014;152(3):470–477. DOI: 10.1016/j.jep.2014.01.029.
21. Yahara, S., Shigeyama C., Ura T., Wakamatsu K., Yasuhara T., Nohara T. Cyclic peptides, acyclic diterpene glycosides and other compounds from *Lycium chinense* Mill. *Chem Pharm Bull (Tokyo).* 1993;41(4):703–709. DOI: 10.1248/cpb.41.703.
22. Wu D.-T., Lam S.-C., Cheong K.-L., Feng W., Lin P.-C., Long Z.-R., Lv X.-J., Jing Z., Ma S.-C., Li S.-P. Simultaneous determination of molecular weights and contents of water-soluble polysaccharides and their fractions from *Lycium barbarum* collected in China. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* 2016;129:210–218. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.07.005.
23. Zhao J., Li H., Xi W., An W., Niu L., Cao Y., Wang H., Wang Y., Yin Y. Changes in sugars and organic acids in wolfberry (*Lycium barbarum* L.) fruit during development and maturation. *Food Chemistry.* 2015;173:718–724. DOI: 10.1016/j.foodchem.2014.10.082.
24. Zhou Z.-Q., Xiao J., Fan H.-X., Yu Y., He R.-R., Feng X.-L., Kurihara H., So K.-F., Yao X.-S., Gao H. Polyphenols from wolfberry and their bioactivities. *Food Chemistry.* 2016;214:644–654. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.07.105.
25. Wu Y., Jin F., Wang Y., Li F., Ren Z., Wang Y. In vitro and in vivo inhibitory effects of 6-hydroxyrubiadin on lipopolysaccharide-induced inflammation. *Immunopharmacol Immunotoxicol.* 2017;39(3):107–116. DOI: 10.1080/08923973.2017.1295053.
26. Wu D.-T., Lam S.-C., Cheong K.-L., Feng W., Lin P.-C., Long Z.-R., Lv X.-J., Jing Z., Ma S.-C., Li S.-P. Simultaneous determination of molecular weights and contents of water-soluble polysaccharides and their fractions from *Lycium barbarum* collected in China. *Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis.* 2016;129:210–218. DOI: 10.1016/j.jpba.2016.07.005.
27. Xie J.-H., Tang W., Jin M.-L., Li J.-E., Xie M.-Y. Recent advances in bioactive polysaccharides from *Lycium barbarum* L., *Zizyphus jujuba* Mill., *Plantago* spp., and *Morus* spp. *Structures and functionalities.* *Food Hydrocolloids.* 2016;60:148–160. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.03.030.
28. Yang J., Wei Y.-Q., Ding J.-B., Li Y.-L., Ma J.-L., Liu J.-L. Research and application of *Lycii Fructus* in medicinal field. *Chinese Herbal Medicines.* 2018;10(4):339–352. DOI: 10.1016/j.chmed.2018.08.006.
29. Gao Z., Ali Z., Khan I. A. Glycerogalactolipids from the fruit of *Lycium barbarum*. *Phytochemistry.* 2008;69(16):2856–2861. DOI: 10.1016/j.phytochem.2008.09.002.
30. Kocyigit E., Sanlier N. A Review of Composition and Health Effects of *Lycium barbarum*. *International Journal of Chinese Medicine.* 2017;1:1–9. DOI: 10.11648/j.ijcm.20170101.11.
31. Shan X., Zhou J., Ma T., Chai Q. *Lycium barbarum* Polysaccharides Reduce Exercise-Induced Oxidative Stress. *Int. J. Mol. Sci.* 2011;12(2):1081–1088. DOI: 10.3390/ijms12021081.
32. Gong G., Dang T., Deng Y., Han J., Zou Z., Jing S., Zhang Y., Liu Q., Huang L., Wang Z. Physicochemical properties and biological activities of polysaccharides from *Lycium barbarum* prepared by fractional precipitation. *International Journal of Biological Macromolecules.* 2018;109:611–618. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2017.12.017.
33. Chen L., Li W., Qi D., Wang D. *Lycium barbarum* polysaccharide protects against LPS-induced ARDS by inhibiting apoptosis, oxidative stress and inflammation in pulmonary endothelial cells. *Free Radical Research.* 2018;52(4):480–490. DOI: 10.1080/10715762.2018.1447105.
34. Liu L., Lao W., Ji Q.-S., Yang Z.-H., Yu G.-C., Zhong J.-X. *Lycium barbarum* polysaccharides protected human retinal pigment epithelial cells against oxidative stress-induced apoptosis. *Int. J. Ophthalmol.* 2015;8(1):11–16. DOI: 10.3980/j.issn.2222-3959.2015.01.02.
35. Wu H.-T., He X.-J., Hong Y.-K., Ma T., Xu Y.-P., Li H.-H. Chemical characterization of *Lycium barbarum* polysaccharides and its inhibition against liver oxidative injury of high-fat mice. *International Journal of Biological Macromolecules.* 2010;46(5):540–543. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2010.02.010.