

<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

УДК 547.474.3:661.188

© 2024



*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов / The authors declare no conflict of interests*

ОРИГИНАЛЬНАЯ СТАТЬЯ / ORIGINAL ARTICLE

## Глицерин как альтернативный растворитель для экстракции глицирризиновой кислоты из корней Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*

Кристина Н. Ларичева\*, Ульяна Г. Гришина

*Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого;  
ул. Большая Санкт-Петербургская, д. 41, г. Великий Новгород,  
173003, Российская Федерация*

**Аннотация.** Экстракты корней Солодки являются одними из наиболее распространенных и широко используемых растительных экстрактов. За счет высокого содержания биологически активных веществ и выраженных свойств они находят свое применение в разных отраслях – в медицине, фармакологии, косметической и пищевой промышленности. В подземной части Солодки содержится более 100 различных химических веществ, наибольшей биологической активностью из которых обладают флавоноиды и тритерпеновые сапонины. Наиболее значимым сапонином является глицирризиновая кислота. Науке известно множество способов получения солодкового экстракта, и до сих пор активно проводятся исследования по поиску еще более эффективных, недорогих и доступных методов.

**Целью** данного исследования являлось изучение возможности и потенциала глицерина как растворителя для извлечения глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra*.

**Методы.** Выделение глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* проводили методом мацерации. В качестве экстрагента испытывались глицерин и классический экстрагент этанол для сравнительного анализа. Определение содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки голой проводили с использованием дифференциальной спектрофотометрии.

**Результаты.** Подобраны оптимальные условия экстракции глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra*. Максимальное содержание глицирризиновой кислоты наблюдалось в образце, приготовленном при соотношении вода-глицерин 3:2.

**Научная новизна** работы состоит в исследовании возможности использования глицерина в качестве растворителя для экстракции и подборе оптимальных условий экстракции глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* с целью повышения уровня извлеченности целевого вещества.

**Ключевые слова:** экстракция, глицирризиновая кислота, корни Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*, водно-глицериновый экстракт

*Для цитирования:* Ларичева К.Н., Гришина У.Г. Глицерин как альтернативный растворитель для экстракции глицирризиновой кислоты из корней Солодки голой *Glycyrrhiza glabra*. *Новые технологии / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

## Glycerin as an alternative solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra*

Kristina N. Laricheva\*, Ulyana G. Grishina

*Yaroslav the Wise Novgorod State University; 41 Bolshaya St. Petersburgskaya str., Veliky Novgorod, 173003, the Russian Federation*

**Abstract.** Licorice root extracts are one of the most common and widely used plant extracts. Due to the high content of biologically active substances and pronounced properties, they are used in various industries – in medicine, pharmacology, cosmetics and food industries. The underground part of Licorice contains more than 100 different chemical substances, the most biologically active of which are flavonoids and triterpene saponins. The most significant saponin is glycyrrhizic acid. Science knows many ways to obtain licorice extract, and the research is still being actively carried out to find even more effective, inexpensive and accessible methods.

The purpose of the research was to investigate the feasibility and potential of glycerol as a solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra*.

The methods. Isolation of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* was carried out using the maceration method. Glycerin and the classic extractant ethanol were tested as an extractant for comparative analysis. Determination of glycyrrhizic acid content in licorice *glabra* roots was carried out using differential spectrophotometry.

The Results. Optimal conditions for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* were selected. The maximum content of glycyrrhizic acid was observed in the sample prepared at a water-glycerol ratio of 3:2.

The scientific novelty of the work lies in the study of the possibility of using glycerol as a solvent for extraction and the selection of optimal conditions for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* in order to increase the level of extraction of the target substance.

**Keywords:** extraction, glycyrrhizic acid, roots of *Glycyrrhiza glabra*, water-glycerol extract

*For citation:* Laricheva K.N., Grishina U.G. *Glycerin as an alternative solvent for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of Glycyrrhiza glabra*. *Novye tehnologii / New technologies*. 2024; 20(2):<https://doi.org/10.47370/2072-0920-2024-20-2-90-104>

**Введение. Постановка проблемы (Introduction).** В настоящее время в медицинской практике важное место принадлежит лекарственным средствам растительного происхождения, так как они обладают широким спектром биологического действия,

что позволяет использовать их для профилактики и лечения многих заболеваний. Лекарственные средства, получаемые из растений (фитопрепараты), входят более чем в 85 фармакотерапевтических групп лекарственных средств и в большинстве

своим не имеют равноценных синтетических заменителей [1].

Солодка (*Glycyrrhiza*) – род растений из семейства Бобовых (*Fabaceae*). Это многолетнее травянистое растение, имеющее одиночный стебель высотой до 150–200 см и корневище стержневого типа. Листья сложные, непарноперистые. Цветки расположены в пазухах листьев и имеют венчик мотылькового типа [2].

Солодку можно назвать космополитом, поскольку она охватывает обширные зоны распространения. По отношению к увлажненности она относится к мезоксерофитам и эвримезофитам, к засоленности почв – мезогалофитом [3]. В природе солодка произрастает в поймах рек, в степных и лугостепных просторах, в полупустынях, на лугах. Определено, что наибольшей экологической пластичностью обладают пойменные экотипы солодки, а также они имеют на 30–40% более продуктивные корни, чем экотипы степные [4]. Основной массив рода сконцентрирован на территории Евразии, а наиболее крупные заросли встречаются в Средней и Центральной Азии [5]. В России и субъектах РФ активно ведутся исследования, направленные на изучение ареалов обитания солодок: места распространения и занимаемые площади, условия произрастания, растительные сообщества и прочее [3, 6].

На сегодняшний момент солодка включает 45 видов [7], 3 из которых обладают лекарственными свойствами и поэтому используются в практических целях – солодка голая (*G. Glabra* L.), солодка уральская (*G. uralensis*) и солодка Коржинского (*G. korshinskyi*). Последняя внесена в Красную книгу РФ, почему ее использование человеком ограничено. Кроме того, солодка уральская и солодка голая внесены в красные книги некоторых областей России как виды, находящиеся под угрозой исчезновения. Совместно с перечисленными выше группами обитает и солодка щетинистая (*Glycyrrhiza echinata*), которая имеет почти неотличи-

мые от них морфологические признаки, поэтому разрабатываются новые способы идентификации растительного сырья [8].

Биологические эффекты Солодки голы на организм подробно представлены в работе [9]. Широкий спектр фармакологической активности обусловлен химическим составом данного вида сырья, а именно наличием различных групп биологически активных соединений (БАС), наибольший интерес из которых представляют тритерпеновые сапонины: глицирризиновая кислота и ее производные [10, 11, 12, 13, 14].

Биологической ролью корневищ является запас значительного количества питательных веществ. Именно поэтому большой практической значимостью обладают подземные части солодки. В корнях содержится более 100 различных химических веществ, наибольшей биологической активностью из которых обладают флавоноиды (до 4,0%) и тритерпеновые сапонины.

Тритерпеновые сапонины содержат углеводную часть и часть, не имеющую углеводного остатка (агликон, или сапогенин). Наиболее значимым сапонином является глицирризиновая кислота (ГК) [5, 15], доля которой, по разным данным, может составлять до 23–25%. В корне солодки преимущественно содержится натриевая, калиевая, кальциевая или магниевая соль глицирризиновой кислоты (ГК) – глицирризин. Агликоном глицирризиновой кислоты является глицерритеновая кислота, а углеводная часть представлена двумя молекулами глюконовой кислоты. В некоторых исследованиях показано, что корни солодки уральской накапливают большее количество глицирризина, чем корни солодки голы [5, 16, 17].

В работе [3] было показано, что содержание глицирризиновой кислоты зависит от сезона, то есть лимитируется температурным, водным и другими факторами внешней среды. В осеннее время наблюдается большая концентрация ГК,

чем в летнее, почти на 4%. Также было установлено, что содержание сахаров коррелирует с содержанием ГК в обратную сторону. Максимальное содержание флавоноидов (до 3,38%) наблюдается во время цветения солодки.

Корень солодки обладает широким спектром действия на организм человека, благодаря чему многогранно применяется в производстве лекарственных препаратов. Биологически активное действие во многом обусловлено именно глицирризиновой кислотой. Например, благодаря своей структурной схожести с минералкортикоидными гормонами надпочечников она участвует в регуляции водно-солевого обмена в организме. Также она проявляет противовоспалительную, ранозаживляющую, противоаллергическую и иммуностропную активность. Большое значение ГК играет в лечении ВИЧ-инфекции, гепатита С, герпеса и других вирусных заболеваний. Флавоноиды, в особенности их изо-формы, проявляют антиоксидантную и противоопухолевую активность. Перечислена только малая часть лечебных свойств корней солодки – настолько они обширны.

Изучение механизмов биосинтеза глицирризина имеет большое практическое значение. Их понимание дает возможность получать более ценное сырье для дальнейшей переработки. Глициррин является вторичным метаболитом, то есть не участвует в процессах роста, развития и репродукции растения. В работе [17] исследовали влияние патогенных молекул (элиситоров) на концентрацию ГК в корнях лакрицы. По результатам исследования авторами выдвинуто предположение, что выработка глицирризиновой кислоты является защитной реакцией растений.

Глициррин обладает ярко выраженным сладким вкусом. По некоторым данным он более, чем в 40–50 раз слаще сахарозы. Экстракты корней солодки голой, также называемой лакричником, используются в производстве лакричных

леденцов [18], ириса молочного лакричного [19], что наделяет их лечебно-профилактическими свойствами при простудных заболеваниях.

Глициррин является официальной пищевой добавкой (E958), используемой в малых дозах как подсластитель, усилитель вкуса и аромата. Например, он применяется в производстве спортивных батончиков [20].

Известно применение корней солодки в качестве ароматизаторов и усилителей вкуса в табачной промышленности. Это курительный [21], жевательный и нюхательный табак [22]. Как подсластитель сухой экстракт корня солодки входит в состав жевательной антипохмельной композиции [23].

Раствор глицирризина обладает высокими пенообразующими свойствами. В работе [24] его использовали в качестве заменителя яичного белка в кислородных коктейлях, что, с одной стороны, обуславливает исключение риска заражения зооантропонозными инфекциями и снижает вероятность возникновения аллергической реакции, а с другой – позволяет получить более функционально полный продукт. Было показано, что экстракт корня солодки образует более устойчивые кислородные пены при меньшей концентрации, что также подтвердилось в работе [25]. Кроме того, благодаря сладкому вкусу глицирризина в полученные кислородные коктейли нет необходимости добавлять сахарозу, что позволяет их употребление лицами, страдающими сахарным диабетом. Как пенообразователь экстракт корня солодки достаточно долгое время используется в производстве халвы [26].

Корни солодки применяются в хлебобулочном и кондитерском производстве. В работе [27] показано, что экстракт корня солодки улучшает структурно-механические свойства макаронного теста: наблюдается повышение эластичности клейковины и увеличивается растяжимость теста в среднем на 10%. Также, в исследованиях

[28, 29], основанных на добавлении экстракта солодки в дрожжевое тесто, зафиксировано, что добавление экстракта корня солодки в тесто интенсифицирует процесс брожения, что позволяет не только ускорить процесс приготовления теста, но и уменьшить расход дрожжей.

Корни солодки внедряют и в кисломолочные продукты. В работе [30] йогурт обогащали биологически активными веществами солодки голый посредством внесения пищевой добавки. В результате было также подмечено, что с увеличением количества добавки увеличивается скорость ферментации молока. Это опять указывает на влияние биологически активных веществ солодки на процессы брожения.

Корень солодки имеет богатый элементный состав [31]. В работе [32] исследовали минеральный состав молока и молочного коктейля с экстрактом корней солодки. Было обнаружено, что молоко, обогащенное экстрактом, содержало большую долю микронутриентов, чем молоко необогащенное.

В настоящее время ярко выражено стремление общества к рациональному использованию ресурсов во всех сферах жизни. Поэтому внимание уделяется и шроту – отходам, полученным в результате переработки корней солодки [29]. В шроте остается значительное количество биологически активных веществ: анализ показал, что из него дополнительно можно извлечь до 22,9 % экстрактивных веществ [33], что дополнительно говорит о несовершенстве существующих методов экстракции.

В фармакологических целях и как добавки к продуктам питания корни солодки в основном используются в виде экстрактов. Экстракты представляют собой концентрированные вытяжки из сырья растительного или животного происхождения, полученные с использованием специального лабораторного оборудования и экстрагентов. Экстракты корней солодки могут быть жидкими, сухими.

С каждым годом наблюдается совершенствование методов экстракции растительного сырья. Некоторые методы полностью теряют свою актуальность, другие – корректируются, оптимизируются. Это позволяет увеличить степень извлечения веществ, обеспечить большую чистоту получаемых экстрактов. Современные методики стараются разрабатывать с учетом принципов экологической безопасности, что подразумевает собой минимизацию рисков возникновения взрывов и пожаров. Достичь такого можно посредством ухода от органических растворителей, главным минусом которых являются токсичные испарения; избеганием экстремальных температур и давлений; упрощением технологических способов извлечения веществ; использованием только качественного и относительно безопасного лабораторного оборудования и прочее. При проведении экстракции любого сырья важно также соответствовать зонам оптимальных значений с целью недопущения термического, химического или иного типа разложения целевых веществ.

Методов экстракции ГК достаточно много, и в большинстве в качестве растворителя используется этанол. Классический метод, основанный на мацерации (настаивании) измельченного сырья, до сих пор не теряет свою актуальность, несмотря на длительность процесса, малую степень извлеченности ГК и большого количества балластных веществ в экстракте. Большинство растворителей необходимо удалять (спирт, ацетон, неорганические кислоты и др.), их остаточное содержание в экстракте зависит от целей его получения. Метод мацерации характеризуется простотой, применением минимального оборудования, однако он уступает другим способам в чистоте полученного экстракта и степени извлечения веществ, а также характеризуется высокой продолжительностью. На постоянной основе ученые экспериментируют с растворителями, происходит преобразование существующих

методов. Так, особой актуальностью пользуются растворители, соответствующие положениям экологической безопасности: так называемые «зеленые растворители». Например, в работе [34] для извлечения ГК из корней солодки рассматривали технологический потенциал природных глубоких эвтектических растворителей (НАДЭС). Такой метод не только обеспечивает больший выход ГК, но и является более экологически безопасным за счет биоразлагаемости, негорючести этих веществ.

В лабораторных условиях часто применяют метод перколяции. Он основан на непрерывной фильтрации экстрагента через растительный материал. Классическое оборудование – экстрактор Сокслета, который устанавливается на круглодонную колбу, погруженную в водяную баню, и оснащается обратным холодильником. Растительное сырье, завернутое в плотную бумагу или картон, помещают в центр экстрактора, а растворитель заливают в колбу. Испаряясь, пары экстрагента поднимаются к обратному холодильнику через боковой отвод, где конденсируются и попадают на растительное сырье. Так обеспечивается цикличность процесса. На производствах применяют крупные установки, называемые перколяторами. В сравнении с мацерацией, перколяция характеризуется значительно меньшей продолжительностью экстракции, а также обуславливает большую чистоту полученного экстракта.

Зарубежными исследователями разработан метод экстракции глицирризиновой кислоты из корней солодки при помощи микроволн [35]. Максимальный выход наблюдается уже на 5–6 минуте, в то время как при использовании метода мацерации соответствующее количество глицирризиновой кислоты извлекается по прошествии 3–5 дней. Таким образом, данный метод позволяет значительно сократить время проведения экстрагирования и уменьшить количество растворителя. Похожими свойствами обладает и другая зарубежная технология – ультразвуковая экстракция [36].

Степень извлечения ГК таким способом составляет порядка 3,56%, что по современным меркам считается достаточно малоэффективным.

Российскими учеными разработана схема извлечения основных классов биологически активных веществ корней солодки путем последовательной жидкостно-твердофазной экстракции [37]. Особенностью данного метода является то, что извлечение глицирризиновой кислоты предлагается из шрота после выделения из корня солодки других биологически активных веществ. Этот способ позволяет упростить процесс очистки глицирризиновой кислоты для фармацевтических целей. В приведенном исследовании целевое вещество извлекали применением ацетона с минеральной кислотой и раствора щелочи. Наибольшей эффективностью обладала двухэтапная экстракция, экстрагентом которой выступал раствор гидроксида натрия.

В работе [38] впервые для извлечения ГК из корней солодки применяется метод динамической субкритической экстракции водой. В качестве экстрагента используется нагретая вода под давлением с температурой, превышающей температуру ее кипения при атмосферном давлении. Повышение температуры воды способствует увеличению растворимости ГК. Максимальное извлечение ГК в условиях динамической экстракции наблюдается при 150°C, но при дальнейшем увеличении температуры до 170°C степень извлечения понижается, что связано с термодеструкцией. Помимо высокой степени извлечения ГК (10,7%), метод гордится уходом от применения органических экстрагентов. Результаты показали, что выход глицирризиновой кислоты при применении данного метода значительно выше, чем при использовании статистического режима экстракции с этанолом [39].

В отношении глицирризиновой кислоты начинают применять и сверхкритическую CO<sub>2</sub> экстракцию [40]. Метод относи-

тельно новый, он основан на приведении диоксида углерода в такое состояние, когда он одновременно проявляет свойства и жидкости, и газа при создании специальных «сверх» условий (давления выше 7,38 МПа и температуры выше 31,6°C, т. е. выше критических точек CO<sub>2</sub>). Проведенные работы показывают, что данный способ извлечения ГК из корней солодки характеризуется быстрой скоростью процесса (до 60 мин.), высокой степенью извлечения ГК, чистотой полученного экстракта, а также относительной простотой проведения. С экологической точки зрения он является достаточно безопасным, поскольку используются невысокие давления и температуры, а сам диоксид углерода является нетоксичным и инертным соединением [41]. Поскольку CO<sub>2</sub> является неполярным растворителем, требуется внесение дополнительного полярного растворителя, которым служит этанол.

Оба приведенных выше способа характеризуются быстрой скоростью процесса (до 30–60 мин.), высокой степенью извлечения целевого соединения, селективностью экстракции, а также относительной простотой проведения. С экологической точки зрения указанные методы входят в раздел «зеленой химии», стремящейся перейти от органических растворителей и повышенных значений физических величин (конкретно температуры).

Таким образом, с каждым годом наблюдается совершенствование методов экстракции растительного сырья. Все модификации направлены на снижение продолжительности процесса и повышение его результативности, на получение более чистого продукта и, конечно, упрощение технологических способов извлечения веществ. Для большинства новых методов экстракции, в том числе описанных выше, необходимы дорогостоящие, иногда массивные установки, недоступные малым предприятиям и лабораториям.

Проведенный информационно-патентный анализ показывает, насколько

многообразно значение солодки. В патентной литературе известны разные способы выделения и очистки извлечений из корня солодки с целью получения глицирризина, а также выделения и очистки самой глицирризиновой кислоты (ГК), но имеют ряд недостатков. Извлечение сапонинов из растительного сырья проводят различными растворителями: водой или водными смесями со щелочью, этанолом, ацетоном, этиленгликолем, диоксаном, а также чистыми растворителями и в различных технологических условиях [42, 43]. Анализ методов экстракции показал, что глицерин в качестве растворителя для выделения глицирризиновой кислоты из корней солодки ранее не применялся. В то время как глицерин обладает рядом преимуществ перед классическими экстрагентами: высокое значение полярности (при 25°C  $\epsilon = 42,5$ ), нелетучесть, нетоксичность. В связи с чем подбор и оптимизация методов экстракции ГК позволит повысить уровень извлеченности целевого вещества и минимизацию затрат (временных, трудовых и материальных).

**Цель исследования** – оценить потенциал использования глицерина в качестве растворителя и определить оптимальные условия экстракции глицирризиновой кислоты из корней солодки.

**Методология и методы исследования (Methods).** Эксперимент проводили в производственной лаборатории ООО «Эв-клуб» (г. Великий Новгород, Россия) и в учебно-научной исследовательской лаборатории Института биотехнологий и химического инжиниринга Новгородского государственного университета им. Ярослава Мудрого (г. Великий Новгород, Россия). Для приготовления экстрактов использовали сырье – корни солодки голой, глицерин 99,7%, спирт этиловый 75%, воду дистиллированную.

Приготовление экстрактов осуществлялось методом мацерации с предварительным нагреванием до 70±2°C в течение 1 часа. Время настаивания – 7 суток.

Гидромуль (соотношение сырье-экстрагент) в водно-глицериновых экстрактах равен 1:15, в водно-спиртовых – 1:4 соответственно. Соотношение вода-глицерин для водно-глицериновых экстрактов равно 1:1 (образец ВГ1), 2:3 (образец ВГ2), 3:2 (образец ВГ3) и 7:3 (образец ВГ4), концентрация спирта для водно-спиртовых экстрактов (ВС) – 75%.

Количественный анализ экстрактов проводили согласно методике, описанной в ФС.2.5.0040.15 «Солодки корни» [44].

Использовались вода дистиллированная, ацетон, спирт этиловый 75%, азотная кислота 50%, аммиак водный 25%, фильтр бумажный; встряхивающий аппарат MLW THYS-2, pH-метр pH-150МИ, спектрофотометр UNICO SQ-4802.

**Результаты (Results).** Были получены 4 образца водно-глицериновых и 1 образец водно-спиртового экстрактов для сравнительного анализа. Результаты математической обработки данных представлены в таблице 1 и 2.

Таблица 1

Математическая обработка данных количественного анализа экстрактов

Table 1

Mathematical processing of data from quantitative analysis of extracts

Образец	Условное обозначение, образец №	Содержание ГК, %			X	σ	
		1	2	3			
Сырье сухое	С0	5,195	5,137	5,189	5,173	0,024	
Водно-глицериновые экстракты	1	ВГ1	0,839	0,829	0,829	0,828	0,009
	2	ВГ2	0,911	0,928	0,839	0,893	0,036
	3	ВГ3	1,065	1,120	1,109	1,098	0,022
	4	ВГ4	1,114	1,069	1,048	1,077	0,025
Водно-спиртовой экстракт	ВС	0,899	0,872	0,895	0,889	0,011	

Таблица 2

Выход глицирризиновой кислоты в экстрактах относительно ее содержания в сухом сырье

№ образца	ВГ1	ВГ2	ВГ3	ВГ4	ВС
Содержание ГК	0,827±0,009	0,893±0,036	1,098±0,022	1,077±0,025	0,899±0,011
Выход ГК, %	16,003	17,269	21,231	20,819	17,184

**Обсуждение и выводы (Discussion and Conclusion).** Получение экстрактов из растительного сырья заставляет искать условия экстракции, при которых выход биологически активных веществ максимален, а их разрушение под действием температуры и растворителей минимально. Применение этанола и других органи-

ческих растворителей хотя и способствует достаточно высокому извлечению биологически активных веществ из растительного материала, но эти растворители нестабильны и легко деградируют, поскольку большинство технологий переработки проходит при повышенных температурах. Остаток экстрагента, присутствующий в

экстрактах, является другим недостатком экстракции с растворителем [45].

Все производственные процессы стремятся к постоянной оптимизации, задачами которой являются повышение общей эффективности производства со снижением затрат: как ресурсных и финансовых, так и временных. Важное место занимают позиции биологической безопасности, касающиеся вопросов безопасности сотрудников, окружающей природы и готовых продуктов. Большое внимание уделяется совершенствованию технологии и технических средств экстрагирования растворимых веществ из растительного сырья. Это позволяет увеличить степень извлечения веществ, обеспечить большую чистоту получаемых экстрактов.

Как видно из представленных данных при заданных условиях наибольшую концентрацию глицирризиновой кислоты содержит образец ВГ3, приготовленный при соотношении вода-глицерин 3:2, а наименьшую – образец ВГ1, приготовленный при 2:3. Выход глицирризиновой кислоты в водно-глицериновых экстрактах можно отразить следующим рядом

$2:3 < 1:1 < 7:3 < 3:2$  (соотношение вода-глицерин). Когда масса воды меньше массы глицерина в экстрагенте (образец ВГ1), происходит заметное снижение экстрагирующей способности глицерина, в то время как заметный «избыток» (образец ВГ4) лишь немного уступает по эффективности оптимальному значению. Таким образом, использование глицерина в качестве экстрагента требует добавления воды в количестве большем количестве глицерина до определенных пределов. Влияние воды на эффективность экстракции с применением глицерина связано, с одной стороны, с понижением его вязкости, с другой – с экстрагирующей способностью самой воды. Выход глицирризиновой кислоты в образце ВС1 составил 17,18%, что практически соответствует выходу в образце ВГ2. Максимальный выход глицирризиновой кислоты в образце ВГ3 составляет 21,23%.

Таким образом, использование разбавленного водой глицерина как экстрагента для экстракции корней солодки голой отличается большей эффективностью, чем использование классического растворителя – этилового спирта.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ:

1. Аляутдина Р.Н. Фармакология. М.: ГЭО ТАО-Медиа; 2002.
2. Джураев К.Х., Гафуров К.Х., Мухаммадиев Б.Т. и др. Сверхкритическая CO<sub>2</sub> экстракция глицирризиновой кислоты из лакричного корня: оптимизация условий экстракции, используя RSM (response surface methodology). Новости науки Казахстана. 2019; 4(142): 55-71.
3. Алексеева Т.Б. Эколого-ценотические и биохимические особенности солодки голой (*Glycyrrhiza glabra* L.) в Калмыкии: автореф. дис. ... канд. биол. наук. Саратов; 2007.
4. Константинова Т.Г., Новиков А.Е., Рогачев А.Ф. и др. К вопросу технического обеспечения вегетативного размножения солодки. Орошаемое земледелие. 2020; 4: 58-61.
5. Толстиков Г.А., Балтина Л.А. и др. Солодка. Биоразнообразие, химия, применение в медицине: научное издание. Новосибирск: ГЕО; 2007.
6. Павлова Л.В., Платонов И.А., Куркин В.А. и др. Определение глицирризиновой кислоты в корнях солодки методом ВЭЖХ с субкритической экстракцией. Аналитика и контроль. 2018; 22(3): 229-235.
7. Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г. Сладость скифского корня. Наука из первых рук. 2008; 3(21): 52-61.
8. Яницкая А.В., Недилько О.В., Землянская И.В. Сравнительное изучение анатомического строения подземных органов солодки голой и солодки щетинистой. Вестник

Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018; 2: 278-283.

9. Кошкина А.В., Федотова Ю.О. Солодка голая. Фитохимический состав и биологические эффекты. Орбиталь. 2018; 2(3): 30-51.

10. Бровченко Б.В., Ермакова В.А., Боков Д.О. и др. Оценка содержания глицирризиновой кислоты в корнях солодки и продуктах их переработки методом ВЭЖХ-УФ. Разработка и регистрация лекарственных средств. 2019; 8(2): 87-91.

11. Wang C.L., Zhang R.Y., Han Y.S. et al. Chemical studies of coumarins from *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. Yao Hsuch Hsuch Pao. 1991; 26(2): 147-151.

12. Sabbioni C., Mandrioli R., Ferranti A. et al. Separation and analysis of glycyrrhizin, 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid and 18 $\alpha$ -glycyrrhetic acid in liquorice roots by means of capillary zone electrophoresis. Journal of Chromatography A. 2005; 1081(1): 65-71.

13. Baltina L.A. Chemical modification of glycyrrhizic acid as a route to new bioactive compounds for medicine. Current medicinal chemistry. 2003; 10(2): 155-171.

14. Kinoshita T., Tamura Y., Mizutani K. The isolation and structure elucidation of minor isoflavonoids from licorice of *Glycyrrhiza glabra* origin. Chem. Pharm. Bull. 2005; 53: 847-849.

15. Монография ВОЗ о лекарственных растениях, широко используемых в Новых независимых государствах (НИГ). Женева; 2010: 453.

16. Шарипова Н.Н. Некоторые морфологические и биохимические свойства солодок Казахстана. Приоритеты мировой науки: эксперимент и научная дискуссия: сборник Международной научно-практической конференции (Кемерово, 22 окт. 2018 г.). Т. 2. Кемерово; 2018: 57-60.

17. Шабани Л., Эсанпур А.А., Асгари Г. и др. Увеличение образования глицирризина в культуре *Glycyrrhiza glabra* in vitro под действием метилжасмоната и салициловой кислоты. Физиология растений. 2009; 56(5): 688-694.

18. Собко М.Г., Иванов О.А., Ежова И.Н. Леденцы лакричные и способ их производства: патент 2103876 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/34, А23G 3/00; № 96105803/13, заявл. 26.03.1996, опубл. 10.02.1998.

19. Собко М.Г., Иванов О.А., Ежова И.Н. Ирис молочный лакричный: патент 2111674 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/34, А23G 3/00, А23G 3/46; № 96106694/13, заявл. 03.04.1996, опубл. 27.05.1998.

20. Левченко М.А., Тарасенко Н.А. Композиция для производства спортивных батончиков: патент 2599821 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/00, А23L 33/00, А23L 11/00; № 2015130934/13, заявл. 24.07.2015, опубл. 20.10.2016.

21. Ахметшин М.Р., Ахметшин Р.Р., Егоров С.А. и др. Фильтр сигареты с ароматизатором: патент модель 50770 U1 Рос. Федерация, МПК А24D 3/06; № 2005123036/22, заявл. 20.07.2005, опубл. 27.01.2006.

22. Квасенков О.И., Шаззо Ф.Р. Способ производства некурительного изделия из махорки: патент 2255628 С2 Рос. Федерация, МПК А24В 13/00, А24В 15/24; № 2003113023/13, заявл. 07.05.2003, опубл. 10.07.2005.

23. Душин А.А., Розаева Н.Г. Желеобразная антипохмельная композиция: патент 2775509 С1 Рос. Федерация, МПК А23L 21/10, А23L 29/231, А23L 33/105; № 2021114278, заявл. 20.05.2021, опубл. 04.07.2022.

24. Попов В.Г., Бутина Е.А., Герасименко Е.О. Разработка новых видов функциональных пищевых продуктов с заданными физиологически активными свойствами. Новые технологии. 2009; 4: 25-32.

25. Родионова Н.С., Пашенко Л.П., Климова Е.А. Свойства различных пенообразователей в технологии кислородных коктейлей. Пиво и напитки. 2009; 5: 20-21.
26. Федорова И.В., Русинович З.А., Молокеева Л.А. и др. Халва: патент 2056108 С1 Рос. Федерация, МПК А23G 3/52, А23G 3/00; № 92003599/13, заявл. 05.11.1992, опубл. 20.03.1996.
27. Сенченко М.А., Абрамова А.С. Совершенствование процесса приготовления макаронного теста с использованием экстракта корня солодки. Повышение уровня и качества биогенного потенциала в животноводстве: сборник III Международной научно-практической конференции (Ярославль, 25-26 окт. 2017 г.). Ярославль; 2017: 142-147.
28. Кириева Т.В., Гатько Н.Н. Использование экстракта корня солодки в совершенствовании процесса приготовления дрожжевого теста. Известия вузов. Пищевая технология. 2008; 1: 46-48.
29. Хабибрахманова В.Р., Салахутдинова Л.З., Хабибуллина Л.Р. Переработка шрота корня солодки. Использование водного экстракта для интенсификации процесса приготовления дрожжевого теста. Вестник Технологического университета. 2018; 21(1): 196-199.
30. Кадралиева Н.Р. Разработка кисломолочного продукта с использованием растительного экстракта, обогащенного биологически активными веществами. Наука и Образование. 2021; 4(2).
31. Палагина М.В., Дубняк Я.В., Макарова А.А. Корни солодки в производстве функциональных напитков. Пиво и напитки. 2010; 3: 20-21.
32. Коновалов А.В., Малюкова М.А. Производство функциональных продуктов питания на основе экстракта корня солодки. Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2014; 6: 37-40.
33. Халед Ш.М., Голубина Е.И., Хабибрахманова В.Р. и др. Переработка шрота солодки. I анализ экстрактивных веществ. Вестник Казанского технологического университета. 2014; 17(14): 426-427.
34. Шикова В.А., Буракова М.А. Потенциал природных глубоких эвтектических растворителей для извлечения глицирризиновой кислоты из корней *Glycyrrhiza glabra* L. Молодая фармация – потенциал будущего: сборник материалов XII Всероссийской научной конференции студентов и аспирантов с международным участием (Санкт-Петербург, 14-18 марта 2022 г.). СПб.; 2022: 924-927.
35. Pan X., Liu H., Jia G. et al. Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. Biochemical Engineering Journal. 2000; 5(3): 173-177.
36. Charpe T.W., Rathod V.K. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: process intensification studies. Chem. Eng. Process. 2012; 54: 37-41.
37. Денисова С.Б. Жидкостно-твердофазная экстракция основных классов биологически активных веществ корня солодки: автореф. дис. ... канд. хим. наук. Уфа; 2000.
38. Мамин В.Ф., Зинченко Е.В., Кошкарова Т.С. и др. Формация *Glycyrrhiza glabra* L. в Волго-Ахтубинской пойме. Состояние и экологические лимиты добычи лакричного корня. Успехи современного естествознания. 2020; 9: 76-81.
39. Павлова Л.В., Платонов И.А., Куркин В.А. и др. Определение глицирризиновой кислоты в корнях солодки методом ВЭЖХ с субкритической экстракцией. Аналитика и контроль. 2018; 22(3): 229-235.
40. Мухаммадиев Б.Т., Гафуров К.Х., Мирзаева Ш.У. Сверхкритическая [СК]-CO<sub>2</sub> экстракция глицирризиновой кислоты из лакричных корней. Бутлеровские сообщения. 2017; 49(1): 108-114.

41. Ghoreishi S.M., Heydari E. Extraction of Epigallocatechin-3-gallate from green tea via supercritical fluid technology: Neural network modeling and response surface optimization *J. Supercrit. Fluids*. 2012; 72: 36-45.
42. Аммосов А.С., Литвиненко В.И., Попова Т.П. Солодка: применение в мировой практике (обзор по материалам охранных документов за период с 1901 по 2020 год). Харьков: Государственный научный центр лекарственных средств; 2020.
43. Бровченко Б.В. Совершенствование методов контроля качества измельченного сырья и препаратов солодки: дис. ... канд. фарм. наук: 14.04.02. М.; 2020.
44. Государственная фармакопея Российской Федерации: гл. 2.5.40. Солодки корни / МЗ РФ. XIII изд. Т. 3. М.; 2015.
45. Кисляченко М. Экстракционные методы изготовления лекарственных средств из растительного сырья [Электронный ресурс]. Официальный сайт авторской платформы для размещения публикаций pandia.ru: [сайт]. URL: <https://pandia.ru/text/78/014/2413-3.php> (дата обращения: 12.03.2024).

## REFERENCES:

1. Alyautdina R.N. Pharmacology. М.: GEO TAO-Media; 2002. (In Russ).
2. Dzhuhaev K.Kh., Gafurov K.Kh., Muhammadiev B.T. et al. Supercritical CO<sub>2</sub> extraction of glycyrrhizic acid from licorice root: optimization of extraction conditions using RSM (response surface methodology). *Kazakhstan science news*. 2019; 4(142): 55-71. (In Russ).
3. Alekseeva T.B. Ecological, cenotic and biochemical features of licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) in Kalmykia: abstract dis. ...PhD (Biology). Saratov; 2007. (In Russ).
4. Konstantinova T.G., Novikov A.E., Rogachev A.F. et al. On the issue of technical support for vegetative propagation of licorice. *Irrigated agriculture*. 2020; 4: 58-61. (In Russ).
5. Tolstikov G.A., Baltina L.A. et al. Licorice. Biodiversity, chemistry, medical applications: scientific publication. Novosibirsk: GEO; 2007. (In Russ).
6. Pavlova L.V., Platonov I.A., Kurkin V.A. et al. Determination of glycyrrhizic acid in licorice roots by HPLC with subcritical extraction. *Analytics and control*. 2018; 22(3): 229-235. (In Russ).
7. Tolstikova T.G., Tolstikov, A.G. The sweetness of the Scythian root. *Science first hand*. 2008; 3(21): 52-61. (In Russ).
8. Yanitskaya A.V., Nedilko O.V., Zemlyanskaya I.V. Comparative study of the anatomical structure of the underground organs of licorice *glabra* and licorice *bristlecone*. *Bulletin of Voronezh State University. Series: Chemistry. Biology. Pharmacy*. 2018; 2: 278-283. (In Russ).
9. Koshkina A.V., Fedotova Yu.O. Common licorice. Phytochemical composition and biological effects. *Orbital*. 2018; 2(3): 30-51. (In Russ).
10. Brovchenko B.V., Ermakova V.A., Bokov D.O. et al. Assessment of the content of glycyrrhizic acid in licorice roots and products of their processing by HPLC-UV. *Development and registration of medicines*. 2019; 8(2): 87-91. (In Russ).
11. Wang C.L., Zhang R.Y., Han Y.S. et al. Chemical studies of coumarins from *Glycyrrhiza uralensis* Fisch. *Yao Hsuch Hsuch Pao*. 1991; 26(2): 147-151.
12. Sabbioni C., Mandrioli R., Ferranti A. et al. Separation and analysis of glycyrrhizin, 18 $\beta$ -glycyrrhetic acid and 18 $\alpha$ -glycyrrhetic acid in liquorice roots by means of capillary zone electrophoresis. *Journal of Chromatography A*. 2005; 1081(1): 65-71.
13. Baltina L.A. Chemical modification of glycyrrhizic acid as a route to new bioactive compounds for medicine. *Current medicinal chemistry*. 2003; 10(2): 155-171.

14. Kinoshita T., Tamura Y., Mizutani K. The isolation and structure elucidation of minor isoflavonoids from licorice of *Glycyrrhiza glabra* origin. *Chem. Pharm. Bull.* 2005; 53:847-849.

15. WHO monograph on medicinal plants widely used in the Newly Independent States (NIS). Geneva; 2010: 453. (In Russian)

16. Sharipova N.N. Some morphological and biochemical properties of licorice from Kazakhstan. *Priorities of world science: experiment and scientific discussion: collection of the International Scientific and Practical Conference (Kemerovo, October 22, 2018). V. 2.* Kemerovo; 2018: 57-60. (In Russ).

17. Shabani L., Esanpour A.A., Asghari G. et al. Increased glycyrrhizin production in *Glycyrrhiza glabra* culture in vitro under the influence of methyl jasmonate and salicylic acid. *Physiology of plants.* 2009; 56(5): 688-694.

18. Sobko, M.G., Ivanov, O.A., Ezhova, I.N. Licorice candies and method of their production: patent 2103876 C1 Ros. Federation, IPC A23G 3/34, A23G 3/00; No. 96105803/13, application. 26/03/1996, publ. 10/02/1998. (In Russian)

19. Sobko M.G., Ivanov O.A., Ezhova I.N. Iris milk licorice: patent 2111674 C1 Russ. Federation, IPC A23G 3/34, A23G 3/00, A23G 3/46; No. 96106694/13, application. 03/04/1996, publ. 27/03/1998. (In Russ).

20. Levchenko M.A., Tarasenko N.A. Composition for the production of sports bars: patent 2599821 C1 Russ. Federation, IPC A23G 3/00, A23L 33/00, A23L 11/00; No. 2015130934/13, application. 24/07/2015, publ. 10.20.2016. (In Russ).

21. Akhmetshin M.R., Akhmetshin R.R., Egorov S.A. et al. Cigarette filter with flavor: patent model 50770 U1 Ros. Federation, IPC A24D 3/06; No. 2005123036/22, application. 20/07/2005, publ. 27/01/2006. (In Russ).

22. Kvasenkov O.I., Shazzo F.R. Method for producing a non-smoking product from shag: patent 2255628 C2 Russ. Federation, IPC A24B 13/00, A24B 15/24; No. 2003113023/13, application. 07/05/2003, publ. 10/07/2005. (In Russ).

23. Dushin A.A., Rozaeva N.G. Jelly-like anti-hangover composition: patent 2775509 C1 Russian Federation, IPC A23L 21/10, A23L 29/231, A23L 33/105; No. 2021114278, application. 20/05/2021, publ. 04/07/2022. (In Russ).

24. Popov V.G., Butina E.A., Gerasimenko E.O. Development of new types of functional food products with specified physiologically active properties. *New technologies.* 2009; 4: 25-32. (In Russ).

25. Rodionova N.S., Pashchenko L.P., Klimova E.A. Properties of various foaming agents in oxygen cocktail technology. *Beer and drinks.* 2009; 5:20-21. (In Russ).

26. Fedorova I.V., Rusinovich Z.A., Molokeyeva L.A. et al. Halva: patent 2056108 C1 Russian Federation, IPC A23G 3/52, A23G 3/00; No. 92003599/13, application. 05.11.1992, publ. 20/03/1996. (In Russ).

27. Senchenko M.A., Abramova A.S. Improving the process of preparing pasta dough using licorice root extract. Increasing the level and quality of biogenic potential in animal husbandry: collection of the III International Scientific and Practical Conference (Yaroslavl, October 25-26, 2017). Yaroslavl; 2017: 142-147. (In Russ).

28. Kirieva T.V., Gatko N.N. The use of licorice root extract in improving the process of preparing yeast dough. *News from universities. Food technology.* 2008; 1:46-48. (In Russ).

29. Khabibrakhmanova V.R., Salakhutdinova L.Z., Khabibullina L.R. Processing of licorice root meal. Using an aqueous extract to intensify the process of preparing yeast dough. *Bulletin of the Technological University.* 2018; 21(1): 196-199. (In Russ).

30. Kadrallieva N.R. Development of a fermented milk product using a plant extract enriched with biologically active substances. *Science and education*. 2021; 4(2). (In Russ).
31. Palagina M.V., Dubnyak Ya.V., Makarova A.A. Licorice roots in the production of functional drinks. *Beer and drinks*. 2010; 3:20-21. (In Russ).
32. Konovalov A.V., Malyukova M.A. Production of functional food products based on licorice root extract. *Bulletin of Michurinsky State Agrarian University*. 2014; 6: 37-40. (In Russ).
33. Khaled Sh.M., Golubina E.I., Khabibrakhmanova V.R. et al. Processing of licorice meal. I analysis of extractives. *Bulletin of Kazan Technological University*. 2014; 17(14): 426-427. (In Russ).
34. Shikova V.A., Burakova M.A. The potential of natural deep eutectic solvents for the extraction of glycyrrhizic acid from the roots of *Glycyrrhiza glabra* L. *Young pharmacy – the potential of the future: a collection of materials from the XII All-Russian Scientific Conference of Students and Postgraduate Students with International Participation (St. Petersburg, March 14-18, 2022)*. St. Petersburg; 2022: 924-927. (In Russ).
35. Pan X., Liu H., Jia G. et al. Microwave-assisted extraction of glycyrrhizic acid from licorice root. *Biochemical Engineering Journal*. 2000; 5(3): 173-177.
36. Charpe T.W., Rathod, V.K. Extraction of glycyrrhizic acid from licorice root using ultrasound: process intensification studies. *Chem. Eng. Process*. 2012; 54: 37-41.
37. Denisova S.B. Liquid-solid-phase extraction of the main classes of biologically active substances of licorice root: abstract dis. ...PhD (Chemistry). Ufa; 2000. ((In Russ).
38. Mamin V.F., Zinchenko E.V., Koshkarova T.S. et al. Formation *Glycyrrhiza glabra* L. in the Volga-Akhtuba floodplain. Status and ecological limits of licorice root production. *Advances of modern natural science*. 2020; 9: 76-81. (In Russ).
39. Pavlova L.V., Platonov I.A., Kurkin V.A. et al. Determination of glycyrrhizic acid in licorice roots by HPLC with subcritical extraction. *Analytics and control*. 2018; 22(3): 229-235. (In Russ).
40. Muhammadiev B.T., Gafurov K.Kh., Mirzaeva Sh.U. Supercritical [SC]-CO<sub>2</sub> extraction of glycyrrhizic acid from licorice roots. *Butlerov's messages*. 2017; 49(1): 108-114. (In Russ).
41. Ghoreishi S.M., Heydari E. Extraction of Epigallocatechin-3-gallate from green tea via supercritical fluid technology: Neural network modeling and response surface optimization *J. Supercrit. Fluids*. 2012; 72: 36-45.
42. Ammosov A.S., Litvinenko V.I., Popova T.P. Licorice: application in world practice (review based on documents of protection for the period from 1901 to 2020). Kharkov: State Scientific Center for Medicines; 2020. (In Russ).
43. Brovchenko B.V. Improving methods for quality control of crushed raw materials and licorice preparations: dis. ...PhD (Pharmacy): 04.14.02. M.; 2020. (In Russ).
44. State Pharmacopoeia of the Russian Federation: Ch. 2.5.40. Licorice roots / Ministry of Health of the Russian Federation. XIII ed. V. 3. M.; 2015.
45. Kislyachenko M. Extraction methods for the production of medicines from plant raw materials [Electronic resource]. Official website of the author's platform for posting publications pandia.ru: [website]. URL: <https://pandia.ru/text/78/014/2413-3.php> (access date: 12/03/2024). (In Russ).

---

**Информация об авторах / Information about the authors**

---

**Кристина Николаевна Ларичева**, кандидат экономических наук, доцент, заведующая кафедрой биологии и биоинформатики, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого  
kristina\_plus@mail.ru

**Kristina N. Laricheva**, PhD (Economic), Sciences, Associate Professor, Head of the Department of Biology and Bioinformatics, Yaroslav the Wise Novgorod State University  
kristina\_plus@mail.ru

**Ульяна Геннадьевна Гришина**, студентка 4 курса, Новгородский государственный университет имени Ярослава Мудрого  
ulianagrishina@mail.ru

**Ulyana G. Grishina**, 4th year Student, Yaroslav the Wise Novgorod State University  
ulianagrishina@mail.ru

---

Поступила в редакцию 21.03.2024; поступила после рецензирования 24.04.2024; принята к публикации 26.04.2024

Received 21.03.2024; Revised 24.04.2024; Accepted 26.04.2024