Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 281–289.
Khimiya rastitel'nogo syr'ya, 2026, no. 3, pp. 281–289.
DOI: 10.14258/jcprm.20260317642

УДК 615.322; 582.736; 543.422.3-76

КОЛИЧЕСТВЕННЫЙ АНАЛИЗ ФЛАВОНОИДОВ В КОРНЕ И ШРОТЕ СОЛОДКИ *(GLYCYRRHIZA GLABRA L.)*[*]

© ***М.Ф. Шукурова[1**], Д.Г. Гадамов[2], П.Р. Хыдыров[3]***

[1] Институт химии Академии наук Туркменистана, ул. Эсгерлер, 92, Ашхабат, 744000, Туркменистан, mamajanshukurova@mail.ru
[2] Международный научно-технологический парк Академии наук Туркменистана, ул. Бекреве, 180, Ашхабат, 744032, Туркменистан
[3] Туркменский государственный педагогический институт имени С. Сейди, ул. Шабенде, 31, Туркменабат, 746100, Туркменистан

Шрот корня солодки *(Glycyrrhiza glabra L.)*, являющийся отходами производства густого экстракта на предприятии Агропромышленный комплекс «Буян» (Лебапский велаят, Туркменистан), представляет собой перспективный объект для дальнейшей переработки. В ходе исследований были определены оптимальные параметры экстракции флавоноидов из шрота и разработаны методические подходы к количественному определению суммы флавоноидов в полученных экстрактах в пересчете на кверцетин. Изучена зависимость выхода флавоноидов от параметров экстракции, таких как концентрация экстрагента, степень измельчения сырья, соотношение «сырье : экстрагент» и время экстракции. В результате установлены оптимальные условия, обеспечивающие максимальное извлечение суммы флавоноидов (1.36%) из шрота: 70% этиловый спирт в качестве экстрагента, степень измельчения сырья – 1.0 мм, соотношение «шрот : экстрагент» – 1 : 50 и время экстракции – 60 мин. Для сравнения было определено содержание суммы флавоноидов в исходном сырье корне солодки, которое составило от 2.25 до 2.27%, в то время как в шроте оно варьировалось от 0.73 до 1.36%.

Полученные результаты демонстрируют перспективность использования шрота корня солодки в качестве источника флавоноидов для разработки фармацевтических препаратов и пищевых добавок.

Ключевые слова: солодка, корень, шрот, флавоноиды, спектрофотометрия, кверцетин.

Для цитирования: Шукурова М.Ф., Гадамов Д.Г., Хыдыров П.Р. Количественный анализ флавоноидов в корне и шроте солодки *(Glycyrrhiza glabra L.)* // Химия растительного сырья. 2026. №3. С. 281–289. https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317642.

Введение

Корень солодки содержит около 300 биоактивных соединений, большинство из которых относятся к тритерпеноидам и флавоноидам [1]. Это ценное лекарственное растительное сырье широко используется по всему миру. Известно 15 видов солодки, 4 из которых встречаются в Туркменистане [2]. Среди них солодка голая *(Glycyrrhiza glabra L.),* произрастающая на берегах реки Амударья, отличается высоким содержанием биологически активных веществ и представляет промышленную ценность [3]. История заготовки лакричного корня в пойме Амударьи насчитывает более века [4]. В настоящее время его переработка ведется в промышленных масштабах, а получаемая продукция (густой и сухой экстракт, неочищенная глицирризиновая кислота и др.) экспортируется во многие страны мира. В Туркменистане густой экстракт корня солодки производится Агропромышленным комплексом «Буян», расположенным в городе Туркменабат (Лебапский велаят).

Технология получения густого экстракта включает экстракцию горячей водой, выпаривание и концентрирование сока в вакуумном аппарате. При переработке каждой тонны корня образуется примерно 498 кг отходов – шрота корня солодки. Этот остаток накапливается на складах и зачастую используется лишь в качестве удобрения. Анализ литературных данных показал, что при промышленном получении экстракта

[*]Данная статья имеет электронный дополнительный материал (приложение), который доступен читателям на сайте журнала. DOI: 10.14258/jcprm.20260317642s
[**] Автор, с которым следует вести переписку.

не все природные органические соединения полностью извлекаются из растительного сырья [5]. Таким образом, производственные отходы корня солодки содержат разнообразные химические компоненты, проявляющие различные виды биологической активности и имеющие значительный потенциал для применения в пищевой промышленности и медицине [6, 7].

Исходя из этого, цель настоящего исследования – оптимизация условий экстракции шрота корня солодки этанолом для максимального извлечения флавоноидных соединений и определение их содержания в полученных экстрактах спектрофотометрическим методом в пересчете на кверцетин.

Флавоноиды – одни из основных биологически активных компонентов корневищ и корней солодки [8]. Многочисленные исследования демонстрируют, что данные соединения подавляют рост клеток злокачественных образований различной этиологии, в частности, таких как рак желудка, рак молочной железы и меланома [9–15].

Для экстракции флавоноидов из растительного сырья методом твердожидкостной экстракции используются органические растворители, такие как метанол, этанол, этилацетат, гексан и хлороформ [16]. Шрот корня солодки обеднен веществами, хорошо растворимыми в воде, поэтому для извлечения из него биологически активных соединений наиболее целесообразно применение органических растворителей.

Метод трехкратной экстракции шрота корней солодки 80% этиловым спиртом позволил получить экстракт с содержанием флавоноидов 4.66–4.76% и глицирризиновой кислоты 0.88–0.91% [17]. В указанной работе содержание суммы флавоноидов определяли спектрофотометрическим методом в пересчете на ликвиритигенин. Однако ликвиритигенин не может быть использован в качестве стандарта для определения общей суммы флавоноидов в шроте корня солодки, поскольку, будучи флаваноном, он не образует окрашенного комплекса с хлоридом алюминия [18]. В связи с этим в нашем исследовании был использован кверцетин.

Также в литературе предложены подходы к стандартизации, заключающиеся в использовании дифференциальной спектрофотометрии при длине волны 420 нм в пересчете на ликуразид для определения суммы флавоноидов в корне солодки [19].

Экспериментальная часть

Исследование выполнено в лабораториях Международного научно-технологического парка АН Туркменистана. Патентный поиск и анализ высокорейтинговых статей в международных базах данных (Web Of Science, Scopus, PubMed, PubChem и eLIBRARY.ru) составили литературную основу исследования.

Объектом исследования служил шрот корня солодки – отходы производства Агропромышленного комплекса «Буян».

Экстракцию шрота проводили кипячением с обратным холодильником в круглодонной колбе с использованием этанола различной концентрации (40, 50, 60, 70, 80, 90 и 96%) при варьируемых условиях. Количественное содержание флавоноидов в экстрактах определяли методом дифференциальной спектрофотометрии, основанным на реакции комплексообразования флавоноидов с хлоридом алюминия. Измерения проводили в соответствии с ОФС.1.2.1.1.0003.15 «Спектрофотометрия в ультрафиолетовой и видимой областях» [17]. Спектральные характеристики водно-спиртовых экстрактов регистрировали на спектрофотометре Specord 50 Plus (Analytik Jena AG, Германия) в кюветах с толщиной слоя 10 мм. В качестве стандарта использовали кверцетин («ACROS ORGANICS» Quercetin hydrate, 95% CAS 849061-97-8).

Статистическую обработку данных проводили с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2013 в соответствии с рекомендациями ГФ РФ [20].

Эксперименты были проведены следующими этапами.

Подготовка образца шрота корня солодки для экстракции. В пробах, набранных нами для изучения флавоноидов из Агропромышленного комплекса «Буян», была обнаружена высокая влажность шрота, что затруднило их дальнейшее исследование. В связи с этим шрот корня солодки высушивали в сушильном шкафу BINDER ED-53 (Германия) при температуре 40 °C. Высушивание проб шрота проводили до снижения уровня влажности до 7%. Влажность растительного сырья определяли с помощью прибора «Анализатор влажности Ohaus MB-25». Высушенный шрот корня солодки измельчали на мельнице FRITSCH (Cutting meal combination) и разделяли на фракции с помощью виброситовой установки «Retsch AS 200» (Россия) (табл. 1).

В образцах после их измельчения массовая доля фракции с размером частиц менее 2 мм в среднем составила 94.21±0.83%, а массовая доля фракции с размером частиц более 2 мм – 5.79±0.83%. Для исследования отобрали фракции от 2.0 до 0.5 мм.

Определение суммы флавоноидов в водно-спиртовом извлечении шрота. 1.000 г измельченного сырья поместили в коническую термостойкую колбу (колба Эрленмейера) со шлифом вместимостью 100 мл и прибавили 100 мл 70% этилового спирта. Колбу закрыли пробкой и взвесили на лабораторных весах марки METTLER TOLEDO (XS205 Dual Range) с точностью до ±0.0001. Затем колбу присоединили к обратному холодильнику и нагрели ее на кипящей водяной бане (умеренное кипение) в течение 60 мин. Затем ее охладили в течение 30 мин, закрыли той же пробкой, снова взвесили и восполнили недостающий экстрагент до первоначальной массы. Раствор фильтровали через бумажный фильтр (красная полоса), смоченный тем же спиртом, отбрасывая первые 10 мл фильтрата. Испытуемый раствор готовили следующим способом: 1 мл полученного извлечения поместили в градуированную пробирку вместимостью 10 мл, и, прибавив в него 2 мл 2% спиртового раствора алюминия хлорида, а через 10 мин – 0.2 мл 1 М раствора ацетата натрия, перемешали. Затем доводя объем раствора до метки этиловым спиртом 96% (*испытуемый раствор А*), вновь перемешали и оставили на 30 мин для образования комплекса флавоноидов с хлоридом алюминия. После этого измерили оптическую плотность испытуемого раствора на спектрофотометре при длине волны 427±1 нм в кювете с толщиной слоя 10 мм относительно раствора сравнения. Раствором сравнения служит раствор, состоящий из 1 мл извлечения, 0.2 мл 1 М раствора ацетата натрия, доведенный 96% этиловым спиртом до метки в градуированной пробирке вместимостью 10 мл.

Приготовление стандартного раствора (СО) кверцетина (100 мкг/мл) для УФ-спектрофотометрии. Около 0.01 г (точная навеска) кверцетина поместили в мерную колбу вместимостью 100 мл, растворили в 50 мл 80% этилового спирта при нагревании на водяной бане. После охлаждения содержимого колбы до комнатной температуры его объем довели 80% этиловым спиртом до метки (раствор А СО кверцетина). Затем 1 мл раствора А СО кверцетина поместили в градуированную пробирку на 10 мл и, прибавив в него 2 мл 2% спиртового раствора алюминия хлорида, довели объем раствора до метки 96% этиловым спиртом (испытуемый раствор Б СО кверцетина). Вслед за этим измерили оптическую плотность раствора Б на спектрофотометре при длине волны 427±1 нм.

Содержание суммы флавоноидов в пересчете на кверцетин и абсолютно сухое сырье в процентах (X) (табл. 2) вычислили по формуле:

$$X=\frac{D\cdot m_0\cdot V\cdot V_1\cdot 10\cdot 100\cdot 100}{D_0\cdot m\cdot V_0\cdot V_2\cdot 10\cdot (100-W)},$$

где D – оптическая плотность испытуемого раствора; D_0 – оптическая плотность раствора *СО* кверцетина; m – масса сырья, г; m_0 – масса *СО* кверцетина, г; *W* – потеря в массе при высушивании в процентах; V – объем экстракта исследуемого объекта, мл; V_1 – объем экстракта объекта исследования, взятого на анализ, мл; V_2 – объем раствора кверцетина, взятого на анализ, мл; V_0 – объем раствора кверцетина, мл.

Таблица 1. Фракционный состав измельченного шрота корня солодки

Диаметр ячеек сит, мм	Массовая доля шрота корня солодки в ситах, %			Среднее значение
	Проба 1	*Проба 2*	*Проба 3*	
4.0	0.47	–	0.02	0.16±0.27
2.0	6.22	5.62	5.04	5.63±0.59
1.0	41.99	31.64	32.23	35.29±5.81
0.5	13.99	18.07	17.56	16.54±2.22
<0.5	37.33	44.67	45.15	42.38±4.38

Обсуждение результатов

В данной работе были проведены исследования по определению основных факторов, влияющих на максимальное извлечение флавоноидов из шрота корня солодки, таких как концентрация этанола в экстрагенте, степень измельчения сырья, соотношение массы сырья к объему экстрагента, время экстракции.

Результаты определения основных факторов, влияющих на максимальное извлечение флавоноидов из шрота корня солодки, представлены в таблице 3.

Большинство флавоноидов плохо растворимы в воде при комнатной температуре [21]. При получении густого экстракта из корня солодки в Агропромышленном комплексе «Буян» в качестве экстрагента используется вода. Поэтому эта технология промышленной переработки корня солодки не позволяет извлекать из сырья всю сумму флавоноидов.

Сначала нами было определено оптимальное значение концентрации этанола в экстрагенте, что способствовало извлечению большого количества флавоноидов в экстракте шрота. Для этого проводили одноступенчатую экстракцию на кипящей водяной бане в колбе с обратным холодильником в течение 1 ч при соотношении массы сырья к объему экстрагента 1 : 50 и в концентрациях этанола 40, 50, 60, 70, 80, 90 и 96%. Спектральные свойства экстракта из шрота корня солодки изучались в диапазоне длин волн 250–500 нм в кювете толщиной 10 мм на приборе «Specord 50» (Analytic Jena AG, Германия). Было обнаружено, что интенсивность пиков в экстракте, полученном с использованием 70% этанола, была выше, чем в других полученных экстрактах. Результаты исследования показали, что 70% этанол является наилучшим экстрагентом для извлечения флавоноидов из шрота корня солодки.

Затем были изучены спектральные свойства комплексов флавоноидов с хлоридом алюминия, содержащихся в экстрактах, полученных с использованием водных растворов этанола различной концентрации. В результате было установлено, что комплексы, образованные с хлоридом алюминия и флавоноидами, содержащимися в экстрактах шрота корня солодки, имеют максимум поглощения при длине волны 423±1 нм (табл. 2).

При определении количества флавоноидов в водно-спиртовых экстрактах, полученных из шрота корня солодки, было установлено, что пик поглощения, соответствующий комплексу флавоноидами с хлоридом алюминия, смещается при добавлении 1М раствора ацетата натрия и таким образом достигается 426±1 нм (рис. 1).

Таблица 2. Оптические плотности комплексов флавоноидов с $AlCl_3$ ($\lambda_1$max=423±1 нм) в экстрактах, полученных с использованием этанола различной концентрации в условиях отсутствия ацетата натрия

Концентрация этанола в экстрагенте, %	40	50	60	70	80	90	96
Максимум поглощения, нм	424	422	422	423	423	424	423
Оптическая плотность (А)	0.7755	0.7649	0.8310	0.8922	0.7779	0.7304	0.6009

Таблица 3. Влияние условий экстракции на выход флавоноидов из шрота корня солодки

№	Экстрагент	Соотношение сырье : экстрагент	Время экстракции, мин	Степень измельчения, мм	Содержания суммы флаваноидов в пересчете на кверцетин и а.с., %
			Экстрагент		
1	Этиловый спирт 40%	1 : 50	60	<1	0.75±0.049
2	Этиловый спирт 50%				0.73±0.004
3	Этиловый спирт 60%				0.83±0.035
4	Этиловый спирт 70%				1.21±0.058
5	Этиловый спирт 80%				1.01±0.036
6	Этиловый спирт 90%				0.94±0.032
7	Этиловый спирт 96%				0.83±0.069
			Время экстракции		
8	Этиловый спирт 70%	1 : 50	30	<1	0.55±0.0025
9			45		0.95±0.016
10			60		1.16±0.00065
11			120		1.01±0.0034
			Степень измельчения		
12	Этиловый спирт 70%	1 : 50	60	2.0	0.71±0.075
13				1.0	1.25±0.043
14				0.5	0.88±0.023
			Соотношение сырье : экстрагент		
15	Этиловый спирт 70%	1 : 30	60	1.0	0.84±0.011
16		1 : 50			1.36±0.016
17		1 : 100			1.32±0.019

При количественном анализе флавоноидов, содержащихся в корне солодки, спектрофотометрическими методами в качестве стандартов используют ликуразид [19]. В данной работе нами исследована

возможность использования кверцетина в качестве стандартного вещества при определении общей суммы флавоноидов в шроте корня солодки. Максимумы поглощения комплексов СО кверцетина с хлоридом алюминия и извлечений из шрота корня солодки 70% этиловым спиртом с хлоридом алюминия в присутствии раствора ацетата натрия совпадают и находятся при длине волны 426 нм (рис. 2). Это дало возможность использовать кверцетин в качестве стандартного образца. При анализе мы добавляли растворы ацетата натрия для перевода флавоноидов в недиссоциированную форму и четкого выявления пика поглощения, соответствующего их комплексу с хлоридом алюминия [22].

Как известно, состав веществ, извлекаемых из корня солодки этанолом, зависит от концентрации экстрагента. Например, при использовании 96% этанола извлекаются в основном гидрофобные агликоны флавоноидов. По мере снижения концентрации спирта в экстракте преобладает гликозидная форма флавоноидов [23, 24]. Как следует из таблицы 3, при увеличении концентрации спирта выход флавоноидов возрастает и становится максимальным при экстракции 70% этанолом. Дальнейшее увеличение концентрации спирта приводило к снижению эффективности экстракции, что выражалось в уменьшении содержания флавоноидов в экстракте. Исходя из этого, в разработанной методике количественного определения суммы флавоноидов в шроте корня солодки в качестве экстрагента использовали 70% этиловый спирт.

Из таблицы 3 следует, что максимальное содержание флавоноидов обнаружено в экстрактах, полученных при нагревании в течение 60 мин. Поэтому в методике количественного определения суммы флавоноидов экстракцию проводили в течение 60 мин.

Таким образом, установлен следующий оптимальный режим экстрагирования: экстрагент – 70% этанол; диаметр частиц шрота корня солодки – 1.0 мм; соотношение сырье : экстрагент – 1 : 50; время экстракции – 1 ч. На основе полученных данных разработана методика количественного определения общей суммы флавоноидов в корнях (сырье) и шроте солодки. Результаты спектрального анализа показаны в рисунке 3.

На основе разработанной методики было определено содержание суммы флавоноидов в корнях солодки, которая равна 2.25% (рис. 3). В то же время из шрота корня солодки было выделено 1.36% флавоноидов. Как видно из полученных результатов, около 60% флавоноидов содержится в шроте. И эти производственные отходы нуждаются во вторичной обработке.

Для оценки точности количественного определения флавоноидов в корне солодки, а также в шроте корня солодки были рассчитаны их метрологические характеристики на основе 10 повторных экспериментов (табл. 4).

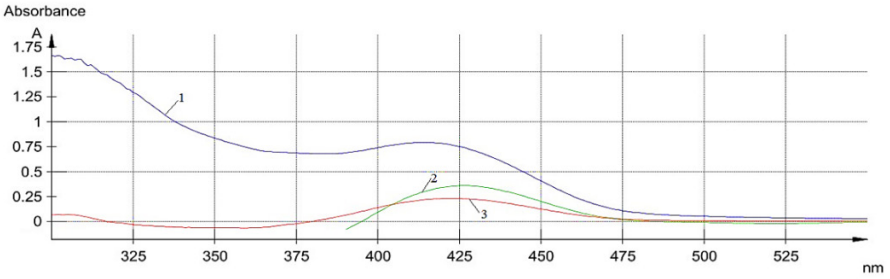


Рис. 1. УФ-спектр комплекса флаваноидов шрота корня солодки с $AlCl_3$: 1 – без добавок, 2 – с ацетатом натрия, 3 – с уксусной кислотой

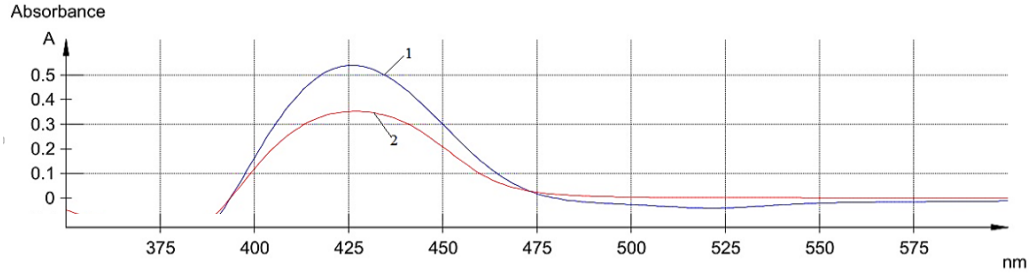


Рис. 2. 1 – УФ-спектр комплекса флавоноидов экстракта шрота корня солодки с $AlCl_2$ (в присутствии ацетата натрия), 2 – УФ-спектр комплекса кверцетина с $AlCl_3$

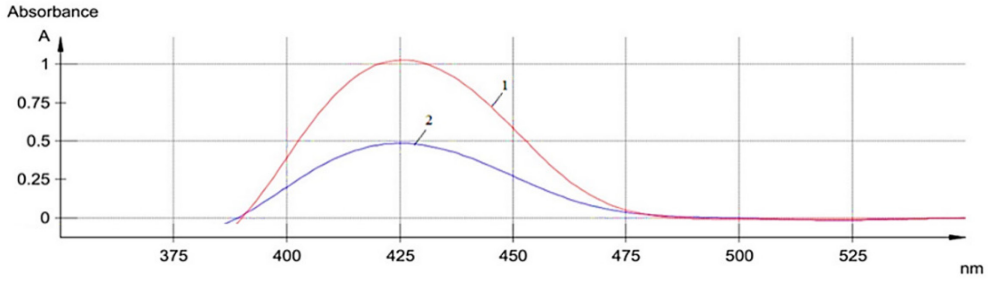


Рис. 3. УФ-спектры комплексов флавоноидов с $AlCl_3$ в экстрактах корня (1) и шрота (2) солодки, полученных 70% этанолом

Таблица 4. Метрологические характеристики методики количественного определения суммы флавоноидов в корне и шроте солодки

f	$\bar{x}$	S	P, %	Δx	t(P,f)	E, %
Корень солодки						
10	2.251	0.0318	95	0.023	2.23	1.01
Шрот корня солодки						
10	1.363	0.144	95	0.025	2.23	1.88

Выводы

1. В результате экспериментов подобраны оптимальные параметры экстрагирования флавоноидов из шрота корня солодки (*Glycyrrhiza glabra* L.), позволяющие извлечь дополнительно 1.36% флавоноидов: экстрагент – 70% этиловый спирт; степень измельчения – 1 мм; соотношение шрот : экстрагент – 1 : 50; время экстракции – 60 мин.

2. Спектральными анализами доказано, что около 60% флавоноидных соединений по сравнению с исходным сырьем сохраняются в шроте корня солодки.

3. Даны методические подходы к определению суммы флавоноидов в пересчете на кверцетин. Метрологические характеристики усовершенствованной методики спектрофотометрического анализа флавоноидов в корне солодки и ее отходов переработки показывают, что экспериментально определенная удельная погрешность (*E, %)* не превышает 5%, что свидетельствует о точности и корректности методики.

Дополнительная информация
В электронном приложении к статье (DOI: https://www.doi.org/10.14258/jcprm.20260317642s) приведен дополнительный экспериментальный материал, раскрывающий основные положения, изложенные в статье.

Финансирование
Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института химии Академии наук Туркменистана, Международного научно-технологического парка Академии наук Туркменистана и Туркменского государственного педагогического института имени С. Сейди. 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 предоставите соответствующие ссылки на автора(ов), источник и Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Pastorino G., Cornara L., Soares S., Rodrigues F., Beatriz M., Oliveira P.P. Liquorice (Glycyrrhiza glabra): A phytochemical and pharmacological review // Phytotherapy Research. 2018. Vol. 32. Pp. 2323–2339. https://doi.org/10.1002/ptr.6178.

3. Литвиненко В.І., Бойко М.М., Попова Н.В. Анализ биологически активных веществ солодки голой // Фитотерапия. 2019. №4. С. 33–38.
4. Толстикова Т.Г., Толстиков А.Г. Сладость Скифского корня // Наука из первых рук. 2008. №3 (21). С. 52–61.
5. Халед Ш.М., Голубина Е.И., Хабибрахманова В.Р., Сысоева М.А. Переработка шрота солодки. I. Анализ экстрактивных веществ // Вестник Казанского технологического университета. 2014. Т. 17, №14. С. 426–427.
6. Bai M., Yao G.D., Ren Q., Li Q., Liu Q.-B., Zhang Y., Wang X.B., Huang X.-X., Song S.-J. Triterpenoid saponins and flavonoids from licorice residues with anti-inflammatory activity // Ind. Crops Prod. 2018. Vol. 125. Pp. 50–58. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.075.
7. Ding Ke., Xu Y., Li N., Xu H. Research on the Reuse of Licorice Residue // Highlights in Science, Engineering and Technology. 2022. Vol. 14. Pp. 378–385. https://doi.org/10.54097/hset.v14i.1850.
8. Wahab S., Annadurai S., Abullais S.S., Das G. et al. *Glycyrrhiza glabra* (Licorice): A Comprehensive Review on Its Phytochemistry, Biological Activities, Clinical Evidence and Toxicology // Plants. 2021. Vol. 10. 2751. https://doi.org/10.3390/plants1012275.
9. Hamad G.M., Abd Elaziz A.I., Hassan S.A., Shalaby M.A., Abdel azim Mohdaly A.A. Chemical Composition, Antioxidant, Antimicrobial and Anticancer Activities of Licorice (*Glycyrrhiza glabra* L.) Root and Its Application in Functional Yoghurt // Journal of Food and Nutrition Research. 2020. Vol. 8, no. 12. Pp. 707–715. https://doi.org/10.12691/jfnr-8-12-3.
10. Kwon S.J., Park S.Y., Kwon G.T., Lee K.W., Kang Y.H., Choi M.S., Yun J.W., Jeon J.H., Jun J.G., Park J.H.Y. Licochalcone E present in licorice suppresses lung metastasis in the 4T1 mammary orthotopic cancer model // Cancer Prev. Res. 2013. Vol. 6. Pp. 603–613. https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0012.
11. Oh H.N., Oh K.B., Lee M.H. et al. JAK2 regulation by licochalcone H inhibits the cell growth and induces apoptosis in oral squamous cell carcinoma // Phytomedicine. 2019. Vol. 52. Pp. 60–69. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.09.180.
12. Si L., Yan X., Hao W., Ma X., Ren H., Ren B., Li D., Dong Z., Zheng Q. Licochalcone D induces apoptosis and inhibits migration and invasion in human melanoma A375 cells // Oncol. Rep. 2018. Vol. 39. Pp. 2160–2170. https://doi.org/10.3892/or.2018.6329.
13. Tungmunnithum D., Thongboonyou A., Pholboon A., Yangsabai A. Flavonoids and Other Phenolic Compounds from Medicinal Plants for Pharmaceutical and Medical Aspects: An Overview // Medicines. 2018. Vol. 5. 93. https://doi.org/10.3390/medicines5030093
14. Xiu-Rong Z., Shi-Yao W., Wen S., Chao W. Isoliquiritigenin inhibits proliferation and metastasis of MKN28 gastric cancer cells by suppressing the PI3K/AKT/mTOR signaling pathway // Mol. Med. Rep. 2018. Vol. 18. Pp. 3429–3436.
15. Zhou Y., Zheng J., Li Y., Xu D.-P., Li S., Chen Y.-M., Li H.-B. Natural polyphenols for prevention and treatment of cancer // Nutrients. 2016. Vol. 8. 515.
16. Liga S., Paul C., Péter F. Flavonoids: Overview of Biosynthesis, Biological Activity, and Current Extraction Techniques // Plants. 2023. Vol. 12. 2732. https://doi.org/10.3390/plants12142732.
17. Хабибрахманова В.Р., Халед Ш.М., Габдрахманова А.Р., Сысоева М.А. Переработка шрота корня солодки. II. Тритерпеноидные и флавоноидные вещества этанольных экстрактов // Химия растительного сырья. 2016. №2. С. 97–102.
18. National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 114829, Liquiritigenin. URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Liquiritigenin.
19. Куркин В.А., Егоров М.В. Стандартизация корней солодки голой и лекарственного препарата «Солодки экстракт жидкий» // Фундаментальные исследования. 2014. №6. С. 1232–1236.
20. Государственная фармакопея Российской Федерации, XIV изд. М., 2018. Т. 1. 1815 с.
21. Shashank K., Abhay K.P. Chemistry and biological activities of flavonoids: an overview // Scientific World Journal. 2013. 162750. https://doi.org/10.1155/2013/162750.
22. Беликов В.В., Точкова Т.В. Реакции комплексообразования в анализе флавоноидов // Фенольные соединения и их физиологические свойства. Алма-ата, 1973. С. 168–172.
23. Гагиева Л.Ч., Ваниев А.Г., Габеев В.Н., Цугкиев Б.Г., Макиев О.Н. Определение технологических параметров получения жидкого экстракта из солодки голой // Известия Горского государственного аграрного университета. 2011. Т. 48, №2. С. 266–268.
24. Денисова С.Б. Жидкостно-твердофазная экстракция основных классов биологически активных веществ корня солодки: дис. … канд. хим. наук. Уфа, 2000. 166 с.

Поступила в редакцию 13 июля 2025 г.

После переработки 22 декабря2025 г.

Принята к публикации 14 апреля 2026 г.

Shukurova M.F.[1], Gadamov D.G.[2], Khydyrov P.R.[3]* QUANTITATIVE ANALYSIS OF FLAVONOIDS IN LICORICE ROOT *(GLYCYRRHIZA GLABRA L.)* AND ITS MEAL

[1] Institute of Chemistry, Academy of Sciences of Turkmenistan, st. Esgerler, 92, Ashgabat, 744000, Turkmenistan, mamajanshukurova@mail.ru

[2] International Scientific and Technology Park, Academy of Sciences of Turkmenistan, st. Bekreve, 180, Ashgabat, 744032, Turkmenistan

[3] S. Seydi Turkmen State Pedagogical Institute, st. Shabende, 31, Turkmenabat, 746100, Turkmenistan

Licorice root (*Glycyrrhiza glabra L.*) meal, a production waste generated during the manufacture of thick extract at the "Buyan" Agro-Industrial Complex (Lebap velayat, Turkmenistan), is a promising subject for further processing. This study aimed to determine the optimal parameters for the extraction of flavonoids from the meal and to develop methodological approaches for the quantitative determination of the total flavonoid content in the obtained extracts, calculated as quercetin. The dependence of the flavonoid yield on extraction parameters, such as the extractant concentration, raw material particle size, the "meal: extractant" ratio and extraction time, was investigated. As a result, the optimal conditions ensuring the maximum extraction of total flavonoids (1.36%) from the meal were established: 70% ethanol as the extractant, a raw material particle size of 1.0 mm, a "meal: extractant" ratio of 1 : 50 and an extraction time of 60 minutes. For comparison, the total flavonoid content in the raw material of licorice root was determined to be in the range of 2.25 to 2.27%, while in the meal it varied from 0.73 to 1.36%.

The obtained results demonstrate the potential of using licorice root meal as a source of flavonoids for the development of pharmaceutical preparations and dietary supplements.

Keywords: licorice, root, meal, flavonoids, spectrophotometry, quercetin.

For citing: Shukurova M.F., Gadamov D.G., Khydyrov P.R. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2026, no. 3, pp. 281–289. (in Russ.). https://doi.org/10.14258/jcprm.20260317642.

References

1. Pastorino G., Cornara L., Soares S., Rodrigues F., Beatriz M., Oliveira P.P. *Phytotherapy Research*, 2018, vol. 32, pp. 2323–2339. https://doi.org/10.1002/ptr.6178.
2. Berdimuhamedow G. *Lekarstvennyye rasteniya Turkmenistana*. [Medicinal Plants of Turkmenistan]. Ashgabat, 2009, vol. 1, 331 p. (in Turk.).
3. Litvinenko V.Í., Boyko M.M., Popova N.V. *Fitoterapiya*, 2019, no. 4, pp. 33–38. (in Russ.).
4. Tolstikova T.G., Tolstikov A.G. *Nauka iz pervykh ruk*, 2008, no. 3 (21), pp. 52–61. (in Russ.).
5. Khaled Sh.M., Golubina Ye.I., Khabibrakhmanova V.R., Sysoyeva M.A. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta*, 2014, vol. 17, no. 14, pp. 426–427. (in Russ.).
6. Bai M., Yao G.D., Ren Q., Li Q., Liu Q.-B., Zhang Y., Wang X.B., Huang X.-X., Song S.-J. *Ind. Crops Prod*., 2018, vol. 125, pp. 50–58. https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.08.075.
7. Ding Ke., Xu Y., Li N., Xu H. *Highlights in Science, Engineering and Technology*, 2022, vol. 14, pp. 378–385. https://doi.org/10.54097/hset.v14i.1850.
8. Wahab S., Annadurai S., Abullais S.S., Das G. et al. *Plants*, 2021, vol. 10, 2751. https://doi.org/10.3390/plants1012275.
9. Hamad G.M., Abd Elaziz A.I., Hassan S.A., Shalaby M.A., Abdel azim Mohdaly A.A. *Journal of Food and Nutrition Research*, 2020, vol. 8, no. 12, pp. 707–715. https://doi.org/10.12691/jfnr-8-12-3.
10. Kwon S.J., Park S.Y., Kwon G.T., Lee K.W., Kang Y.H., Choi M.S., Yun J.W., Jeon J.H., Jun J.G., Park J.H.Y. *Cancer Prev. Res*., 2013, vol. 6, pp. 603–613. https://doi.org/10.1158/1940-6207.CAPR-13-0012.
11. Oh H.N., Oh K.B., Lee M.H. et al. *Phytomedicine*, 2019, vol. 52, pp. 60–69. https://doi.org/10.1016/j.phymed.2018.09.180.
12. Si L., Yan X., Hao W., Ma X., Ren H., Ren B., Li D., Dong Z., Zheng Q. *Oncol. Rep*., 2018, vol. 39, pp. 2160–2170. https://doi.org/10.3892/or.2018.6329.
13. Tungmunnithum D., Thongboonyou A., Pholboon A., Yangsabai A. *Medicines*, 2018, vol. 5, 93. https://doi.org/10.3390/medicines5030093
14. Xiu-Rong Z., Shi-Yao W., Wen S., Chao W. *Mol. Med. Rep*., 2018, vol. 18, pp. 3429–3436.
15. Zhou Y., Zheng J., Li Y., Xu D.-P., Li S., Chen Y.-M., Li H.-B. *Nutrients*, 2016, vol. 8, 515.
16. Liga S., Paul C., Péter F. *Plants*, 2023, vol. 12, 2732. https://doi.org/10.3390/plants12142732.
17. Khabibrakhmanova V.R., Khaled Sh.M., Gabdrakhmanova A.R., Sysoyeva M.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2016, no. 2, pp. 97–102. (in Russ.).
18. *National Center for Biotechnology Information. PubChem Compound Summary for CID 114829, Liquiritigenin*. URL: https://pubchem.ncbi.nlm.nih.gov/compound/Liquiritigenin.
19. Kurkin V.A., Yegorov M.V. *Fundamental'nyye issledovaniya*, 2014, no. 6, pp. 1232–1236. (in Russ.).
20. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii, XIV izd*. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation, 14th ed.]. Moscow, 2018, vol. 1, 1815 p. (in Russ.).
21. Shashank K., Abhay K.P. *Scientific World Journal*, 2013, 162750. https://doi.org/10.1155/2013/162750.
22. Belikov V.V., Tochkova T.V. *Fenol'nyye soyedineniya i ikh fiziologicheskiye svoystva*. [Phenolic compounds and their physiological properties]. Alma-ata, 1973, pp. 168–172. (in Russ.).
23. Gagiyeva L.Ch., Vaniyev A.G., Gabeyev V.N., Tsugkiyev B.G., Makiyev O.N. *Izvestiya Gorskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2011, vol. 48, no. 2, pp. 266–268. (in Russ.).

* Corresponding author.

24. Denisova S.B. *Zhidkostno-tverdofaznaya ekstraktsiya osnovnykh klassov biologicheski aktivnykh veshchestv kornya solodki: dis. ... kand. khim. nauk*. [Liquid-solid extraction of major classes of biologically active substances from licorice root: Diss. … Cand. Chem. Sci.]. Ufa, 2000, 166 p. (in Russ.).

Received July 13, 2025

Revised December 22, 2025

Accepted April 14, 2026

Сведения об авторах

Шукурова Мамаджан Фархадовна – аспирант, mamajanshukurova@mail.ru

Гадамов Дурдымырат Гурбанович – доктор химических наук, директор, gadamov2022@gmail.com

Хыдыров Пейзулла Розбаевич – доктор биологических наук, проректор по научной работе, pkhydyrov@mail.ru

Information about authors

Shukurova Mamajan Farkhadovna – Postgraduate Student, mamajanshukurova@mail.ru

Gadamov Durdymyrat Gurbanovich – Doctor of Chemical Sciences, Director, gadamov2022@gmail.com

Khydyrov Peyzulla Rozbayevich – Doctor of Biological Sciences, Vice-Rector for Research, pkhydyrov@mail.ru