

УДК 54.056. 543.422.3

ВЛИЯНИЕ ЭКСТРАГЕНТОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЭКСТРАКЦИИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ И СВОБОДНЫХ УГЛЕВОДОВ В ЛЕКАРСТВЕННОМ РАСТИТЕЛЬНОМ СЫРЬЕ ПОДОРОЖНИКА БОЛЬШОГО

© Т.М. Гребенкина

Самарский федеральный исследовательский центр РАН, Институт
экологии Волжского бассейна РАН, ул. Комзина, 10, Тольятти, 445003,
Россия, gre92ta@gmail.com

Установление оптимальных условий экстракции биологически активных соединений (БАС) из лекарственного растительного сырья способствует их исчерпывающему извлечению, правильности определения и высокой степени конверсии сырья.

Проведено исследование влияния дистиллированной воды и 80% этанола, применяемых в качестве экстрагентов, на определение эффективности извлечения водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов, содержащихся в лекарственном растительном сырье и шроте подорожника большого *Plantago major* L. семейства подорожниковых *Plantaginaceae*; показаны результаты сравнения степеней конверсии сырья в зависимости от применения данных экстрагентов.

Извлечения получали двумя способами, схемы которых представлены в работе. Способ 1 – водный экстракт №1, полученный непосредственно из сырья, способ 2 – водный экстракт №2 – из экстрактивных веществ после удаления 80% этанола, первоначально применяемого в качестве экстрагента; водный экстракт №3 – из шрота 2.

В экстрактах определяли содержание водорастворимых полисахаридов гравиметрическим методом после их осаждения 96% этанолом, общее содержание свободных углеводов – спектрофотометрическим методом после реакции с 1% пикриновой кислотой, предварительно определив максимальную длину волны и оптимальное время проведения реакции; рассчитывали степень конверсии растительного сырья после извлечения указанных БАС двумя способами.

По полученным экспериментальным данным отмечали, что, получая водные экстракты из лекарственного растительного сырья подорожника большого листья способом 2, отличающимся предварительной спиртовой экстракцией, концентрация интересующих БАС больше, а значение степени конверсии сырья в 1.4 раза выше.

Ключевые слова: свободные углеводы, полисахариды, конверсия сырья, пикриновая кислота.

Для цитирования: Гребенкина Т.М. Влияние экстрагентов на эффективность экстракции водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов в лекарственном растительном сырье подорожника большого // Химия растительного сырья. 2024. №3. С. 242–249. DOI: 10.14258/jcprm.20240313746.

Введение

Экстракция – один из основных методов извлечения биологически активных соединений (БАС) из лекарственного растительного сырья [1–3]. На состав и содержание БАС, извлекаемых из растений, влияют не только место произрастания растения, время сбора, сушка и его хранение, но и природа и количество растворителя, применяемого при экстракции, а также технологические параметры процесса [4]. Поэтому установление оптимальных условий, при которых выход определяемых БАС и конверсия сырья являются максимальными, – важный критерий полноты извлечения, а следовательно, и правильности определения [5, 6].

Для сравнительного изучения влияния экстрагентов на извлечение водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов из растительного сырья остановили свой выбор на рудеральном растении – подорожнике большом (*Plantago major* L.) семейства *Plantaginaceae*, применяемом в медицине и обладающим эффективным отхаркивающим и противовоспалительным действием [7, 8].

Официальное растительное сырье подорожника большого *Plantaginis majoris folia* используется в качестве лекарственного средства непосредственно, в виде гранул, сока, сиропа, настоев и экстрактов, применение которых связано с присутствием в них полисахаридов и свободных углеводов (редуцирующих сахаров) [9, 10]. Стандартизация официального сырья *Plantaginis majoris folia* происходит в соответствии с разделом «Числовые показатели» по полисахаридам (не менее 12%), которые экстрагируют водой, и экстрактивным веществам (не менее 20%), которые извлекают 70% этанолом [11]. Изучению состава БАС подорожника большого посвящено много исследований [12–15]. Известно, что в водном экстракте листьев *P. major* содержатся водорастворимые полисахариды, пектиновые вещества и около 7 наименований редуцирующих сахаров, в этанольном – до 15 флавоноидных соединений [16].

Цель исследования – сравнить влияние экстрагентов на эффективность извлечения водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов из сырья, из шрота и на степень конверсии растительного сырья подорожника большого листьев; установить оптимальные условия для проведения реакции свободных углеводов с 1% пикриновой кислотой.

Экспериментальная часть

Растительное сырье. Листья подорожника большого приобретены через аптечную сеть. Фирма-изготовитель: ООО «фирма КИМА», Серия 0223.

Пробоподготовка сырья. Аналитическую пробу сырья подорожника большого высушивали при 50 °С до постоянного веса, измельчали до размера частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 2 мм.

Получение извлечений из сырья производили двумя способами: способ 1 – водный экстракт №1, полученный непосредственно из сырья, способ 2 – водный экстракт №2 – из экстрактивных веществ после удаления 80 % этанола, первоначально применяемого в качестве экстрагента; водный экстракт №3 – из шрота 2 (рис. 1).

Для получения экстракта №1 навеску растительного сырья помещали в колбу со шлифом вместимостью 500 мл, прибавляли 200 мл дистиллированной воды, нагретой до кипения. Колбу присоединяли к обратному холодильнику и содержимое кипятили в течение 30 мин. Экстракцию повторяли еще 2 раза, используя по 200 мл и 100 мл воды соответственно. После охлаждения извлечения объединяли и фильтровали в мерную колбу через предварительно высушенный до постоянного веса бумажный фильтр. Фильтр со шротом высушивали при 50 °С до постоянного веса и определяли его массу ($m_{ш1}$). Степень конверсии растительного сырья рассчитывали по формуле (1):

$$\alpha_1 = \frac{m_c - m_{ш1}}{m_c} \cdot 100\% \quad (1)$$

где m_c – масса сухого сырья, г; $m_{ш1}$ – масса сухого шрота после извлечения водой, г.

Для получения экстракта №2 навеску растительного сырья помещали в коническую плоскодонную колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляли 50 мл 80% этанола. Содержимое колбы нагревали на водяной бане в течение 30 мин. Экстракцию повторяли в тех же условиях еще 2 раза. После охлаждения извлечения объединяли и фильтровали в мерную колбу через предварительно высушенный до постоянного веса бумажный фильтр, получая спиртовое извлечение (экстракт №2 спиртовой). Фильтр со шротом высушивали при 50 °С до постоянного веса, определяли массу шрота ($m_{ш2}$) и рассчитывали степень конверсии по формуле (2):

$$\alpha_2 = \frac{m_c - m_{ш2}}{m_c} \cdot 100\% \quad (2)$$

где m_c – масса сухого сырья, г; $m_{ш2}$ – масса сухого шрота после извлечения 80% этанолом, г.

Аликвоту экстракта №2 помещали в круглодонную колбу и упаривали до полного удаления 80% этанола, приливали 50 мл горячей дистиллированной воды и выдерживали 15 мин, получая водное извлечение (экстракт №2).

Для получения экстракта №3 сухой шрот ($m_{ш2}$) экстрагировали водой аналогично описанию получения экстракта №1. Образовавшийся шрот высушивали, взвешивали ($m_{ш3}$) и рассчитывали конверсию по формуле (3):

$$\alpha_3 = \frac{m_{ш2} - m_{ш3}}{m_{ш2}} \cdot 100\% \quad (3)$$

где $m_{ш2}$ – масса сухого шрота после извлечения 80% этанолом, г; $m_{ш3}$ – масса сухого шрота 3, г.

Определение концентрации водорастворимых полисахаридов осуществляли гравиметрическим методом после осаждения их из водных экстрактов 96% этанолом [11]. Рассчитывали содержание (% масс.) полисахаридов в сырье и в шроте.

Общее содержание свободных углеводов определяли спектрофотометрическим методом после реакции с 1% пикриновой кислотой в пересчете на глюкозу, предварительно определив максимальную длину волны и оптимальное время проведения реакции.

Определение длины волны устанавливали по спектру, полученному реакцией стандартного раствора глюкозы с 1% пикриновой кислотой. Для этого в мерную колбу вместимостью 100 мл переносили 3 мл стандартного раствора глюкозы, 1 мл 1% пикриновой кислоты и 3 мл 20% раствора карбоната натрия, содержимое колбы термостатировали на кипящей водяной бане в течение 15 мин. В результате реакции наблюдали раствор красного цвета – образование пикраминовой кислоты. После охлаждения раствор разбавляли дистиллированной водой до метки и фотометрировали относительно раствора сравнения в кювете толщиной 10 мм. В результате получали спектр пикраминовой кислоты и фиксировали длину волны, при которой значение оптической плотности было максимальным. В качестве раствора сравнения использовали 1 мл 1% пикриновой кислоты, 3 мл 20% раствора карбоната натрия и 3 мл воды, помещенных в мерную колбу емкостью 100 мл, выдержанные в тех же условиях и разбавленные до метки.

Определение оптимального времени реакции находили по полученной экспериментально кривой зависимости оптической плотности от времени реакции. Для этого готовили 6 растворов по описанию в пункте «Определение длины волны». Раствор №1 термостатировали в течение 5 мин, каждый последующий раствор – на 5 мин дольше предыдущего. Полученные растворы разбавляли в тех же условиях и фиксировали их оптическую плотность при длине волны, установленной экспериментально.

Для установления общего содержания свободных углеводов в исследуемых экстрактах в колбу емкостью 100 мл приливали 3 мл полученного водного экстракта, 1 мл 1% пикриновой кислоты и 3 мл 20% раствора карбоната натрия. Содержимое колбы термостатировали на кипящей водяной бане в течение времени, установленного в пункте «Определение оптимального времени реакции». После охлаждения полученный раствор разбавляли дистиллированной водой до метки и измеряли оптическую плотность относительно раствора сравнения при установленной длине волны в кювете толщиной 10 мм. После охлаждения полученный раствор разбавляли дистиллированной водой до метки и измеряли оптическую плотность относительно раствора сравнения в кювете толщиной 10 мм при установленной длине волны. В качестве раствора сравнения использовали 1 мл 1% пикриновой кислоты, 3 мл 20% раствора карбоната натрия и 3 мл воды, помещенных в мерную колбу емкостью 100 мл, который термостатировали в тех же условиях. Полученный раствор охлаждали и доводили до метки дистиллированной водой. Общее содержание свободных углеводов в пересчете на глюкозу в абсолютно сухом сырье вычисляли по градуировочному графику, построенному в координатах: оптическая плотность – концентрация глюкозы. Растворы для градуировочного графика готовили из стандартного раствора глюкозы разбавлением.

Приготовление стандартного раствора глюкозы. Около 0.25 г глюкозы (точная навеска) помещали в мерную колбу емкостью 250 мл, растворяли дистиллированной водой, раствор доводили до метки. Концентрация полученного раствора составляла 1 мг/мл.

Метрологическую обработку результатов экспериментов осуществляли с помощью программы Microsoft Excel 2010.

Обсуждение результатов

Изучение влияния растворителя на процесс экстракции углеводов из растительного сырья способствует нахождению оптимальных условий, при которых их извлечение происходит в полном объеме, повышается степень конверсии сырья, формируется при этом ресурсосберегающий подход применительно для лекарственного растительного сырья.

В работе сравнивали результаты определения водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов в растительном сырье при варьировании способов экстракции, схемы которых представлены на рисунке 1.

Природные полимеры – водорастворимые полисахариды – представляют собой аморфный порошок светло-коричневого цвета, хорошо растворимый в воде и нерастворимый в этаноле. Их извлечение осуществляли водой из растительного сырья (способ 1) и из шрота (способ 2), как показано на схеме рисунка 1. Полученные данные по определению водорастворимых полисахаридов показали, что после удаления редуцирующих сахаров 80% этанолом извлечение водорастворимых полисахаридов из образовавшегося шрота 2 происходит легче, чем непосредственно из сырья в 2.1 раза (табл. 1).

Свободные углеводы подорожника большого представлены альдозами: глюкозой, фруктозой, ксилозой, рамнозой, рафинозой, стахиозой [16]. Для их определения использовали спектрофотометрический метод после окислительно-восстановительной реакции их взаимодействия с пикриновой кислотой, в результате которой альдегидная группа углеводов окислялась нитрогруппой пикриновой кислоты, превращаясь в карбоксильную группу, в то время как нитрогруппа пикриновой кислоты восстанавливалась до аминогруппы, образуя пикраминовую кислоту (рис. 2).

В литературных источниках условия проведения данной реакции имеют несколько вариаций, которые связаны с разными объемными количествами 1% пикриновой кислоты, временами проведения реакции и длинами волн, при которых регистрируется оптическая плотность [17–19]. Поэтому для дальнейшего исследования были найдены условия проведения реакции и установлена длина волны для спектрофотометрического анализа.

Для определения оптимальной оптической плотности проводили реакцию стандартного раствора глюкозы с 1% пикриновой кислотой в течение 15 мин термостатирования. Результат полученного спектра пикраминовой кислоты показал, что максимальная оптическая плотность была достигнута при длине волны, равной 456 нм (рис. 3).

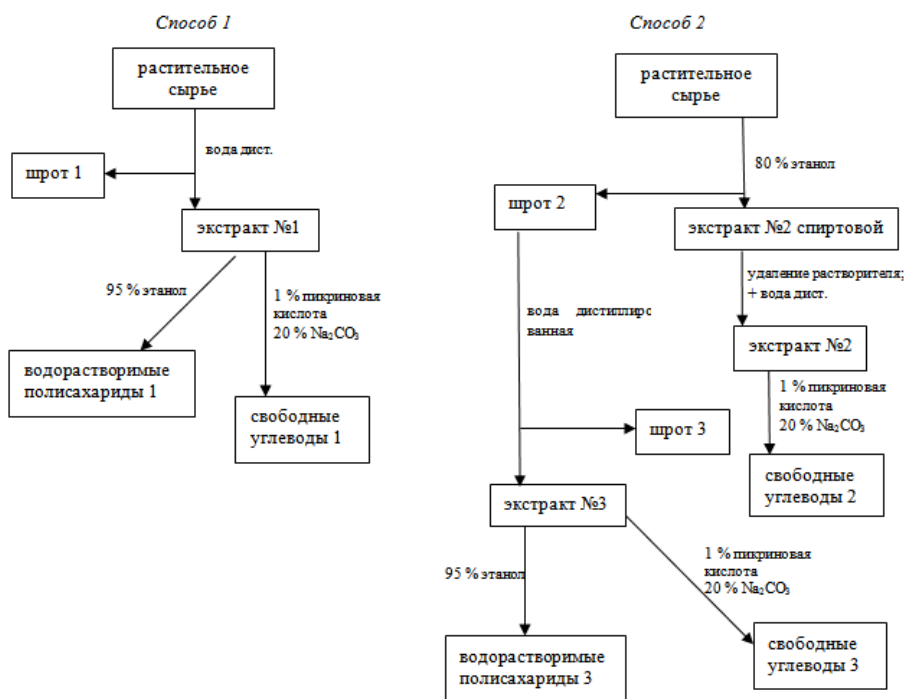


Рис. 1. Схемы экстракции и определения водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов в растительном сырье подорожника большого

Таблица 1. Содержание водорастворимых полисахаридов в растительном сырье подорожника большого

Концентрация полисахаридов, %	Способ 1	Способ 2	
	В растительном сырье (экстракт №1)	В растительном сырье (экстракт №2)	В шроте 2 (экстракт №3)
	9.59±0.57	19.92±1.72	25.04±5.33

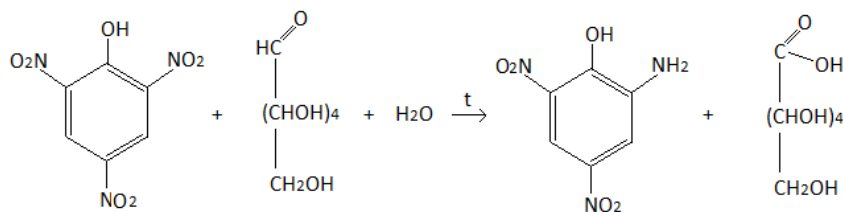


Рис. 2. Схема реакции восстановления пикриновой кислоты в пикраминовою

Время проведения данной реакции, необходимое для ее полного осуществления, устанавливали по наибольшему накоплению пикраминовою кислоты со временем. Известно, что при определении концентрации веществ методом спектрофотометрии работает закон Бугера-Ламберта-Бера и содержание вещества пропорционально его оптической плотности [20], поэтому регистрировали ее значения через каждые 5 мин реакции (термостатирования), отмечая наибольшее значение оптической плотности для образовавшейся пикраминовою кислоты. Результаты измерений представляли графической зависимостью: оптическая плотность – время протекания реакции образования пикраминовою кислоты (рис. 4). В результате исследования установили, что оптимальное время реакции составляет 25 мин.

Общее содержание свободных углеводов в экстрактах №1–№3 определяли при длине волны 456 нм после их термостатирования в течение 25 мин с 1% пикриновой кислотой. Результаты исследований не показали существенных различий между концентрациями редуцирующих сахаров, определяемых способом 1 в экстракте №1 и способом 2 в экстракте №2, но содержание которых было в 3.4 раза больше, чем в экстракте №3 способа 2 (табл. 2). При сравнении суммарного содержания свободных углеводов, полученных способом 1 и способом 2, показано их отличие на 2.2%.

Оценку эффективности извлечения полисахаридов и свободных углеводов разными способами из растительного сырья подорожника большого сравнивали по его степени конверсии, исходя из первоначальной массы сухого сырья и массы высушенного до постоянного веса шрота, полученного после экстракции. В таблице 3 представлены результаты вычисления степени конверсии растительного сырья.

Показано, что способ 2 – более ресурсосберегающий, чем способ 1, поскольку степень конверсии растительного сырья в нем в 1.4 раза выше.

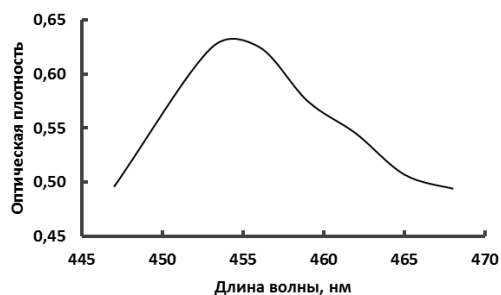


Рис. 3. Вид спектра пикраминовою кислоты

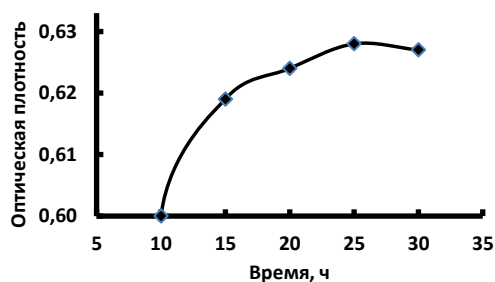


Рис. 4. Зависимость оптической плотности пикраминовою кислоты от времени реакции

Таблица 2. Общее содержание свободных углеводов в растительном сырье подорожника большого

	Способ 1	Способ 2	
	Экстракт №1	Экстракт №2	Экстракт №3
Общее содержание свободных углеводов, %	7.96±1.98	7.81±0.84	2.27±0.44
Всего	7.96±1.98	10.08±0.28	

Таблица 3. Степень конверсии растительного сырья и шрота подорожника большого

	Способ 1	Способ 2	
	Степень конверсии, %		
	α_1	α_2	α_3
	34.65±0.81	20.13±2.64	27.80±0.76
Всего	34.65±0.81	47.94±1.33	

Выводы

1. Влияние экстрагентов на эффективность извлечения водорастворимых полисахаридов и свободных углеводов из сырья и шрота подорожника большого листьев, а также на степень его конверсии показал лучшие результаты при экстракции способом 2, отличающимся тем, что водные экстракты были получены после обработки растительного сырья 80% этанолом.

2. На примере растительного сырья подорожника большого листьев установлены оптимальные условия для проведения реакции свободных углеводов с 1% пикриновой кислотой.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института экологии Волжского бассейна Самарского федерального исследовательского центра Российской академии наук. Никаких дополнительных грантов на проведение или руководство данным конкретным исследованием получено не было.

Конфликт интересов

Автор данной работы заявляет, что у нее нет конфликта интересов.

Открытый доступ

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

Список литературы

- Sasidharan S., Chen Y., Saravanan D., Sundram K.M., Latha L.Y. Extraction, isolation and characterization of bioactive compounds from plants' extracts // Afr. J. Tradit Complement Altern. Med. 2011. Vol. 8. Pp. 1–10.
- Abubakar A.R., Haque M. Preparation of Medicinal Plants: Basic Extraction and Fractionation Procedures for Experimental Purposes // Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences. 2020. Vol. 12. Pp. 1–10. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_175_19.
- Тихомирова Л.И., Базарнова Н.Г., Ильичева Т.Н. Особенности извлечений из биотехнологического растительного сырья в связи с экстракцией в субкритических условиях и направленным биосинтезом вторичных метаболитов // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 241–252. DOI: 10.14258/jcrpm.2019035047.
- Ушанова В.М., Воронин В.М., Репях С.М. Исследование влияния компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов // Химия растительного сырья. 2001. №3. С. 105–110.
- Сушкова В.И., Воробьева Г.И. Безотходная конверсия растительного сырья в биологически активные вещества. М., 2008. 216 с.
- Куркин В.А., Запесочная Г.Г., Авдеева Е.В., Правдивцева О.Е., Браславский В.Б., Куркина А.В., Егоров М.В., Тарасенко Л.В., Стеняева В.В., Рыжов В.М., Шагалиева Н.Р., Зиминова Л.Н., Анисимова М.М., Егорова А.В. Создание ресурсосберегающих технологий переработки лекарственного растительного сырья // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. 2010. Т. 12, №1. С. 737–740.
- Najafian Y., Hamed S.S., Farshchi M.K., Feyzabadi Z. Plantago major in Traditional Persian Medicine and modern phytotherapy: a narrative review // Electron Physician. 2018. Vol. 10. Pp. 6390–6399. DOI: 10.19082/6390.
- Mondal R., Negi A., Mishra M. Plantago major l a cynosure of modern medicine: a review // World Journal of Pharmaceutical Research. 2021. Vol. 10. Pp. 650–675. DOI: 10.20959/wjpr202112-21770.
- Справочник Видаль «Лекарственные препараты в России» [Электронный ресурс]. URL: https://www.vidal.ru/drugs/plantaginis_majoris_folia_32628?ysclid=ln2gb4mvm401536396.
- Аюбов М.Л., Полушина Т.С. Разработка лекарственных форм из регионального растительного сырья *Plantago major* L. как перспективного источника биологически активных веществ // Сборник избранных статей по материалам научных конференций ГНИИ «Нацразвитие». СПб., 2019. С. 292–294.
- Фармакопейная статья ФС.2.5.0032.15 Подорожника большого листа *Plantaginis majoris folia* [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0032-15-podorozhnika-bolshogo-listya>.
- Оленников Д.Н., Танхаева Л.М. Методика количественного определения группового состава углеводного комплекса растительных объектов // Химия растительного сырья. 2006. №4. С. 29–33.

13. Mohamed I., Kobeasy Osama M., Abdel-Fatah Samiha M., Abd El-Salam, Zahrat El-Ola M. Mohamed. Biochemical studies on *Plantago major* L. and *Cyamopsis tetragonoloba* L. // International Journal of Biodiversity and Conservation. 2011. Vol. 3, no. 3. Pp. 83–91.
14. Sharifa A.A., Jamaludin J., Kiong L.S., Chia L.A., Osman K. Antirolithiatic terpenoid compound from *Plantago major* Linn. (Ekor Anjing) // Sains Malasiana. 2012. Vol. 41, no. 1. Pp. 33–39.
15. Zhakipbekov K., Turgumbayeva A., Issayeva R. et al. Antimicrobial and other biomedical properties of extracts from *Plantago major*, *Plantaginaceae* // Pharmaceuticals. 2023. Vol. 16. Pp. 1–21. DOI: 10.3390/ph16081092.
16. Оленников Д.Н., Samuelsen A.B., Танхаева Л.М. Подорожник большой (*Plantago major* L.). Химический состав и применение // Химия растительного сырья. 2007. №2. С. 37–50.
17. Общая фармакопейная статья ОФС.1.2.3.0019.15 Определение сахаров спектрофотометрическим методом [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-2-3-0019-15-opredelenie-saharov-spektofotometricheskim-metodom>.
18. Звягин А.А., Андросова Е.В., Ураева А.С. Метод фотоколориметрического определения углеводов в растительном сырье с помощью пикриновой кислоты // Технологии и товароведение сельскохозяйственной продукции. 2019. №1. С. 178–181.
19. Патент №2403566 (РФ). Способ количественного определения восстанавливающих сахаров / Н.Ш. Кайшева, А.Ш. Кайшев, Т.В. Орловская. – 2010.
20. Общая фармакопейная статья ОФС. 1.2.1.1.0003.15. Спектрофотометрия в ультрафиолетовой и видимой областях [Электронный ресурс]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/wp-content/uploads/2016/09/OFS.1.2.1.1.0003.15-Spektofotometriya-v-UF-i-vidimoy-oblastyah.pdf>.

Поступила в редакцию 6 октября 2023 г.

После переработки 12 декабря 2023 г.

Принята к публикации 4 июля 2024 г.

Grebenkina T.M. THE EFFECT OF EXTRACTANTS ON THE EFFICIENCY OF EXTRACTION OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES AND FREE CARBOHYDRATES IN MEDICINAL PLANT RAW MATERIALS OF PLANTAIN

Samara Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Institute of Ecology of the Volga Basin of the Russian Academy of Sciences, Komzina st., 10, Tolyatti, 445003, Russia, gre92ta@gmail.com

Establishing optimal conditions for the extraction of biologically active compounds (BACs) from medicinal plant raw materials contributes to their exhaustive extraction, correct determination and high degree of conversion of raw materials.

A study of effect of distilled water and 80% ethanol used as extractants was carried out to determine the efficiency of extraction of water-soluble polysaccharides and free carbohydrates contained in medicinal plant raw materials and plantain meal of the large *Plantago major* L. plantain family Plantaginaceae. The comparison results of the conversion degree of raw materials depending on the use of these extractants are presented.

Extracts were obtained in two ways, the schemes of which are presented in the work. Method 1 – aqueous extract 1, obtained directly from raw materials, method 2 – aqueous extract 2 obtained from extractive substances after removing 80% of ethanol, initially used as an extractant; aqueous extract 3 obtained from meal 2. The content of water-soluble polysaccharides in the extracts was determined by the gravimetric method after their precipitation with 96% ethanol, the total content of free carbohydrates was determined by the spectrophotometric method after reaction with 1% picric acid, having previously determined the maximum wavelength and the optimal reaction time. The conversion degree of plant raw materials was calculated after extracting the indicated BAS in two ways.

According to the experimental data obtained, it was noted that when obtaining aqueous extracts from medicinal plant raw materials of leaves plantain using method 2, characterized by preliminary alcohol extraction, the concentration of the BAS of interest was greater, and the conversion degree of the raw materials was higher by 1.4.

Keywords: free carbohydrates, polysaccharides, conversion of raw materials, picric acid.

For citing: Grebenkina T.M. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 3, pp. 242–249. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240313746.

References

1. Sasidharan S., Chen Y., Saravanan D., Sundram K.M., Latha L.Y. *Afr. J. Tradit Complement Altern. Med.*, 2011, vol. 8, pp. 1–10.
2. Abubakar A.R., Haque M. *Journal of Pharmacy and Bioallied Sciences*, 2020, vol. 12, pp. 1–10. DOI: 10.4103/jpbs.JPBS_175_19.

3. Tikhomirova L.I., Bazarnova N.G., Il'icheva T.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 241–252. DOI: 10.14258/jcprm.2019035047. (in Russ.).
4. Ushanova V.M., Voronin V.M., Repyakh S.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 3, pp. 105–110. (in Russ.).
5. Sushkova V.I., Vorob'yova G.I. *Bezotkhodnaya konversiya rastitel'nogo syr'ya v biologicheski aktivnyye vesheche-stva*. [Waste-free conversion of plant materials into biologically active substances]. Moscow, 2008, 216 p. (in Russ.).
6. Kurkin V.A., Zapesochnaya G.G., Avdeyeva Ye.V., Pravdivtseva O.Ye., Braslavskiy V.B., Kurkina A.V., Yegorov M.V., Tarasenko L.V., Stenyayeva V.V., Ryzhov V.M., Shagaliyeva N.R., Zimina L.N., Anisimova M.M., Yegorova A.V. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra Rossiyskoy akademii nauk*, 2010, vol. 12, no. 1, pp. 737–740. (in Russ.).
7. Najafian Y., Hamed S.S., Farshchi M.K., Feyzabadi Z. *Electron Physician*, 2018, vol. 10, pp. 6390–6399. DOI: 10.19082/6390.
8. Mondal R., Negi A., Mishra M. *World Journal of Pharmaceutical Research*, 2021, vol. 10, pp. 650–675. DOI: 10.20959/wjpr202112-21770.
9. *Spravochnik Vidal' «Lekarstvennyye preparaty v Rossii»* [Vidal's Handbook "Medicines in Russia"]. URL: https://www.vidal.ru/drugs/plantaginis_majoris_folia_32628?ysclid=Inc2gb4mvm401536396. (in Russ.).
10. Ayubov M.L., Polukhina T.S. *Sbornik izbrannykh statey po ma-terialam nauchnykh konferentsiy GNII «Natsrazvitiye»*. [Collection of selected articles based on the materials of scientific conferences of the State Research Institute "NatSrazvitiye"]. St. Petersburg, 2019, pp. 292–294. (in Russ.).
11. *Farmakopeynaya stat'ya FS.2.5.0032.15 Podorozhnika bol'shogo list'ya Plantaginis majoris folia* [Pharmacopoeial article FS.2.5.0032.15 Plantago major leaves Plantaginis majoris folia]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/fs-2-5-0032-15-podorozhnika-bolshogo-listya>. (in Russ.).
12. Olennikov D.N., Tankhayeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2006, no. 4, pp. 29–33. (in Russ.).
13. Mohamed I., Kobeasy Osama M., Abdel-Fatah Samiha M., Abd El-Salam, Zahrat El-Ola M. Mohamed. *International Journal of Biodiversity and Conservation*, 2011, vol. 3, no. 3, pp. 83–91.
14. Sharifa A.A., Jamaludin J., Kiong L.S., Chia L.A., Osman K. *Sains Malasiana*, 2012, vol. 41, no. 1, pp. 33–39.
15. Zhakipbekov K., Turgumbayeva A., Issayeva R. et al. *Pharmaceuticals*, 2023, vol. 16, pp. 1–21. DOI: 10.3390/ph16081092.
16. Olennikov D.N., Samuelsen A.B., Tankhayeva L.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 2, pp. 37–50. (in Russ.).
17. *Obshchaya farmakopeynaya stat'ya OFS.1.2.3.0019.15 Opreddeniye sakharov spektrofotometricheskim metodom* [General pharmacopoeial article OFS.1.2.3.0019.15 Determination of sugars by spectrophotometric method]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/ofs-1-2-3-0019-15-opredelenie-saharov-spektrofotometricheskim-metodom>. (in Russ.).
18. Zvyagin A.A., Androsova Ye.V., Urayeva A.S. *Tekhnologii i tovarovedeniye sel'skokhozyaystvennoy produkcii*, 2019, no. 1, pp. 178–181. (in Russ.).
19. Patent 2403566 (RU). 2010. (in Russ.).
20. *Obshchaya farmakopeynaya stat'ya OFS. 1.2.1.1.0003.15. Spektrofotometriya v ul'trafiol'etovoy i vidimoy oblastiakh* [General Pharmacopoeia Article OFS. 1.2.1.1.0003.15. Spectrophotometry in the ultraviolet and visible regions]. URL: <https://pharmacopoeia.ru/wp-content/uploads/2016/09/OFS.1.2.1.1.0003.15-Spektrofotometriya-v-UF-i-vidimoy-oblastyah.pdf>. (in Russ.).

Received October 6, 2023

Revised December 12, 2023

Accepted July 4, 2024

Сведения об авторе

Гребенкина Татьяна Михайловна – кандидат биологических наук, инженер-исследователь, gre92ta@gmail.com

Information about author

Grebenkina Tatyana Mikhailovna – candidate of biological sciences, research engineer, gre92ta@gmail.com