

УДК 615.322

РАЗРАБОТКА И ВАЛИДАЦИЯ ЭКСПРЕССНОЙ МЕТОДИКИ ВЫДЕЛЕНИЯ И КОЛИЧЕСТВЕННОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВОДОРАСТВОРИМЫХ ПОЛИСАХАРИДОВ ИЗ КОРНЕЙ ДЕВЯСИЛА ВЫСОКОГО

© *Н.А. Дьякова**, *С.П. Гапонов*, *А.И. Сливкин*

Воронежский государственный университет, Университетская пл., 1, Воронеж, 394006 (Россия), e-mail: ninochka_V89@mail.ru

Целью исследования являлась разработка и валидация экспрессной методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из корней девясила высокого (*Inula helenium* L.). Для ускорения процесса извлечения биологически активных веществ из корней девясила высокого, а также увеличения выхода водорастворимых полисахаридов, решено было использовать ультразвуковую ванну. Варьируя показателями процесса, удалось подобрать оптимальные условия экстрагирования водорастворимых полисахаридов корней девясила высокого в условиях обработки ультразвуком: измельченность сырья – 0.5–1.0 мм, температура – 80 °С, кратность извлечения – 3, длительность экстракций – 15 мин, частота ультразвука – 35 кГц, соотношение сырья и экстрагента – 1 г на 15 мл. Предлагаемая методика позволяет интенсифицировать процесс получения водорастворимых полисахаридов из корней девясила высокого и снизить время, расходуемое на него, до 4–5 ч, а также увеличить выход продукта до 31.6% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Разработанная методика прецизионна в условиях повторяемости, правильна, устойчива и обладает достаточно жесткой линейной зависимостью массы осадка от массы анализируемого сырья при гравиметрическом определении водорастворимых полисахаридов в корнях девясила высокого. Методика может быть использована для экспрессного анализа качества корней девясила высокого, а также при промышленном получении водорастворимых полисахаридов из данного вида сырья.

Ключевые слова: водорастворимые полисахариды, ультразвуковая ванна, корни девясила высокого, *Inula helenium* L.

Введение

Девясил высокий (*Inula helenium* L. (syn.: *Aster helenium* (L.) Scop., *Aster officinalis* All., *Corvisartia helenium* (L.) Mérat, *Helenium grandiflorum* Gilib.)) – вид многолетних растений рода Девясил (*Inula*) семейства Астровые (*Asteraceae*), произрастает повсеместно в Европе, Азии и Африке [1–5]. Корни девясила высокого отличаются богатым химическим составом и содержат водорастворимые полисахариды (ВРПС), основу которых составляет инулин (до 44%), а также эфирное масло, горькие вещества, сапонины, смолы, камеди, алкалоиды, органические кислоты, микро- и макроэлементы [1, 6–8].

Корни девясила высокого обладают отхаркивающим, противовоспалительным действием, антисептическим, желчегонным, спазмолитическим, кровоостанавливающим, мочегонным, глистогонным действиями, улучшают аппетит, снижают секрецию желудочного сока. Благодаря широкому спектру фармакологической активности корни девясила высокого широко используются как лекарственное растительное сырье в виде отвара, а также входят в состав сборов («Алфит-4», «Алфит-18», «Алфит-20») и сиропов (Сироп девясила с витамином С, Сироп сабельника с девясилом для суставов) [2, 7, 9, 10]. Таким образом, в медицинской и фармацевтической практике используются водные извлечения из лекарственного растительного сырья корней девясила высокого, а фармакологический эффект обусловлен водорастворимыми соединениями, основу которых составляют ВРПС [10–12].

Дьякова Нина Алексеевна – кандидат биологических наук, доцент кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: ninochka_V89@mail.ru

Гапонов Сергей Петрович – доктор биологических наук, профессор, профессор кафедры зоологии и паразитологии, e-mail: gaponov2003@mail.ru

Сливкин Алексей Иванович – доктор фармацевтических наук, профессор, заведующий кафедрой фармацевтической химии и фармацевтической технологии, e-mail: slivkin@pharm.vsu.ru

взяла с витамином С, Сироп сабельника с девясилом для суставов) [2, 7, 9, 10]. Таким образом, в медицинской и фармацевтической практике используются водные извлечения из лекарственного растительного сырья корней девясила высокого, а фармакологический эффект обусловлен водорастворимыми соединениями, основу которых составляют ВРПС [10–12].

* Автор, с которым следует вести переписку.

Существует способ получения ВРПС из корней девясила высокого, включающий подготовку сырья, его механическую чистку, промывание корней, корневищ, стеблей, их измельчение и перемешивание. Перемешанные и измельченные кусочки сырья дважды экстрагируют горячей водой при температуре 75 °С в течение 2–3 суток при постоянном перемешивании. Полученный экстракт обрабатывают 96%-ным этиловым спиртом в соотношении 1 : 1 по объему с последующим осаждением ВРПС при температуре минус 16 °С. Недостатком данного способа является длительность процесса (более 3 суток), низкий выход ВРПС (25.7%) [13].

Цель настоящего исследования – разработка экспрессной методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из корней девясила высокого.

Одним из перспективных физических методов воздействия на вещества с целью интенсификации технологических процессов является метод, основанный на использовании механических колебаний ультразвукового диапазона. Установлено, например, что ультразвуком частотой 19–44 кГц можно извлекать флавоноиды, дубильные вещества, фенольные гликозиды, кумарины, антоцианы из растений с сокращением процесса экстракции на 1–2 порядка [14, 15]. При этом имеет место не только значительное ускорение процесса извлечения из растений полезных веществ, но и увеличение по сравнению с другими методами экстрагирования выхода основного продукта [16–18].

Экспериментальная часть

Для интенсификации процесса извлечения ВРПС применяли ультразвуковую ванну «Град 40-35», взвешивание проводили на аналитических весах «A&D GH-202», высушивание до постоянной массы – в сушильном шкафу «Витязь ГП-40». В качестве экстрагента использовали воду очищенную, остальные параметры процесса подбирались экспериментально.

При разработке и валидации методики использовали сырье, приобретенное в одной из аптек города Воронежа (производитель ООО «Фитофарм», серия 170618).

Обсуждение результатов

Изначально были определены оптимальные условия извлечения из корней девясила высокого ВРПС с использованием ультразвуковой ванны. Варьировали измельченностью сырья, температурным режимом экстрагирования, кратностью и длительностью экстрагирования, соотношением сырья и экстрагента, а также частотой ультразвука. Все определения проводили в трех повторностях. Результаты эксперимента приведены в таблицах 1–3. Каждое определение проводили трехкратно. Полученные данные статистически обрабатывали с помощью программы «Microsoft Excel» при доверительной вероятности 95%.

При анализе данных таблиц 1–3 отмечено, что увеличение времени экстракции при трехкратном извлечении в условиях ультразвуковой ванны приводит, очевидно, к деструкции водорастворимых полисахаридов. Использование ультразвука с частотой выше 40 кГц также приводит к деструкции биологически активных веществ и в технологии фитопрепаратов не применяется [7]. Оптимальные условия экстрагирования ВРПС из корней девясила высокого в условиях ультразвуковой ванны таковы: измельченность сырья 0.5–1.0 мм, температура – 80 °С, кратность извлечения – 3, длительность экстракций – 15 мин, частота ультразвука – 35 кГц, соотношение сырья и экстрагента – 1 г на 15 мл.

Таблица 1. Результаты количественного определения ВРПС (% в пересчете на абсолютно сухое сырье) в корнях девясила высокого при варьировании измельченностью сырья и температурой ультразвуковой ванны (при трехкратной экстракции по 15 мин с частотой ультразвука 35 кГц, соотношении сырья и экстрагента 1 г на 15 мл)

Температура, °С	Измельченность сырья, мм		
	0.2–0.5	0.5–1.0	1.0–2.0
60	16.32±0.40	15.19±0.34	12.25±0.50
70	22.42±0.26	24.90±0.37	18.28±0.42
80	26.12±0.25	31.36±0.44	25.99±0.39

Таблица 2. Результаты количественного определения ВРПС (% в пересчете на абсолютно сухое сырье) в корнях девясила высокого при варьировании кратностью и длительностью экстрагирования (при измельченности сырья 0.5–1.0 мм, температуре ультразвуковой ванны 80 °С с частотой ультразвука 35 кГц, соотношении сырья и экстрагента 1 г на 15 мл)

Длительность экстракций, мин.	Кратность экстракции		
	1	2	3
10	11.34±0.40	18.47±0.40	24.68±0.34
15	15.78±0.51	20.80±0.52	31.57±0.36
20	16.80±0.32	22.97±0.60	28.96±0.40

Таблица 3. Результаты количественных определений ВРПС (% в пересчете на абсолютно сухое сырье) в корнях девясила высокого при варьировании соотношением сырья и экстрагента и частотой ультразвука (при трехкратной экстракции по 15 мин, измельченности сырья 0.5–1.0 мм, температуре 80 °С)

Соотношение сырья и экстрагента (г : мл)	Частота ультразвука, кГц		
	15	25	35
1 : 10	14.68±0.30	21.86±0.43	23.49±0.30
1 : 15	15.86±0.45	26.37±0.30	31.57±0.36
1 : 20	16.90±0.37	24.30±0.52	27.96±0.46

Комплекс проведенных экспериментальных работ дает возможность предложить следующую методику выделения и последующего количественного гравиметрического определения ВРПС в корнях девясила высокого. Аналитическую пробу сырья измельчают до частиц размера 0.5–1.0 мм. Около 1 г (точная навеска) измельченного сырья помещают в колбу вместимостью 50 мл, прибавляют 15 мл воды очищенной, нагретой до температуры кипения, помещают в ультразвуковую ванну с частотой 35 КГц при температуре 80 °С, экстрагируют 15 мин. Экстракцию повторяют еще 2 раза, прибавляя по 15 мл воды. Водные извлечения объединяют и фильтруют в мерную колбу вместимостью 50 мл через 3 слоя марли с подложенным тампоном ваты, вложенных в стеклянную воронку диаметром 5 см и предварительно промытой водой очищенной. Фильтр промывают водой и доводят объем раствора до метки (раствор А). 12.5 мл раствора А помещают в коническую колбу на 50 мл, прибавляют 37.5 мл 95% этилового спирта, перемешивают, охлаждают в морозильной камере при температуре -18 °С в течение 30 мин. Затем содержимое колбы фильтруют через предварительно высушенный и взвешенный беззольный бумажный фильтр, проложенный в стеклянный фильтр ПОР 16 с диаметром 40 мм, под вакуумом при остаточном давлении 0.4–0.8 атм. Осадок на фильтре последовательно промывают 15 мл раствора 95% этилового спирта в воде очищенной (3 : 1), 10 мл смеси этилацетата и 95% этилового спирта (1 : 1). Фильтр с осадком высушивают сначала на воздухе, затем при температуре 100–105 °С до постоянной массы.

Содержание ВРПС в пересчете на абсолютно сухое сырье вычисляют по стандартной формуле

$$X = \frac{(m_2 - m_1) \cdot 4 \cdot 100 \cdot 100}{m \cdot (100 - W)},$$

где m_1 – масса высушенного фильтра, г; m_2 – масса высушенного фильтра с осадком, г; m – навеска сырья, г; W – потеря в массе сырья при высушивании, %.

Предлагаемый способ позволяет интенсифицировать процесс получения ВРПС из корней девясила высокого и снизить время, расходуемое на него до 4–5 ч, а также увеличить выход продукта до 31.57±0.36% в пересчете на абсолютно сухое сырье.

Статистическая обработка результатов выделения и количественного определения ВРПС корней девясила высокого по разработанной методике приведена в таблице 4 (где N – число повторностей, f – число степеней свободы, \bar{X} – среднее значение определяемой величины, S^2 – дисперсия, S – стандартное отклонение, S_x – стандартное отклонение средней величины, P – доверительная вероятность, $t_{(P, f)}$ – критерий Стьюдента, Δx – полуширина доверительного интервала величины, ε – относительная ошибка среднего результата). Таким образом, относительная ошибка предлагаемой методики при доверительной вероятности 95% составляет 1.42%.

Таблица 4. Статистическая обработка результатов выделения и количественного определения ВРПС корней девясила высокого

N	f	X	S ²	S	S _x	P, %	t _(P,f)	Δx	ε, %
10	9	31.61	0.0393	0.1982	0.0626	95	2.2622	0.44	1.42

Для того чтобы предлагаемая методика заняла заслуженное место в системе обеспечения качества лекарственных средств, гарантируя достоверные и точные результаты анализа, проведена процедура ее предварительной валидации по прецизионности (повторяемости), правильности (точности), устойчивости и линейности [19].

Повторяемость методики определяли в условиях, при которых 6 независимых результатов измерений были получены одним методом, в одной лаборатории, одним исследователем, в пределах короткого промежутка времени (табл. 5) [20].

Статистическая обработка полученных результатов, показала, что они достоверны при доверительной вероятности 95%, вычисленное значение величины относительного стандартного отклонения (RSD) – 1.18% не превышает критериев приемлемости – 2% [20, 21], что свидетельствует о прецизионности методики в условиях повторяемости.

При валидации методики на правильность (точность) (табл. 6) подготавливались модели для анализа, разводя соответствующим инертным разбавителем и получая, таким образом, смеси с 3 уровнями концентрации (1 : 1, 1 : 2, 1 : 4) [20]. В качестве инертного разбавителя использовался тальк. Для каждой из проб проведено 3 параллельных определения [20, 21]. При этом за опорное значение содержания ВРПС в корнях девясила высокого принималось среднее значение, полученное в предыдущем эксперименте – 31.35%.

Как следует из представленных в таблице 6 результатов, на всех трех уровнях концентраций анализируемых образцов получают сопоставимые результаты, а относительное стандартное отклонение не превышает 2.5%, что соответствует оптимальной величине RSD и позволяет считать методику правильной [20, 21].

Устойчивость методики изучали по степени воспроизводимости результатов измерений, полученных при анализе одинаковых образцов при разных минимальных изменениях условий выполнения методики. Рассматривали стабильность приготовленных проб и степень влияния условий. Нами были получены извлечения из анализируемого сырья по валидируемой методике, которые в последующем хранились при комнатной температуре и в холодильнике. Гравиметрическое определение ВРПС проводилось сразу после экстрагирования, через 24 ч и через 72 ч [20, 21]. Критерий приемлемости по данному показателю (относительное стандартное отклонение не более 1%) не превышен, что позволяет считать методику устойчивой (табл. 7).

При валидации методики на линейность проводились 9 определений в диапазоне от 50 до 130% номинальной концентрации. Каждое определение выполнялось 1 раз. Расчеты велись с помощью «Excel 2007». Результаты приведены в таблице 8 и на рисунке.

Показатель Slope (0.0065) является отражением чувствительности методики, y-intercept (-0.029) – соответствует значению холостого опыта. Квадрат коэффициента корреляции линейной регрессии составил 0.9987, что не менее 0.99, что позволяет утверждать о наличии линейной зависимости массы осадка от массы сырья при гравиметрическом определении ВРПС в корнях девясила высокого [20, 21].

Таблица 5. Результаты оценки повторяемости методики

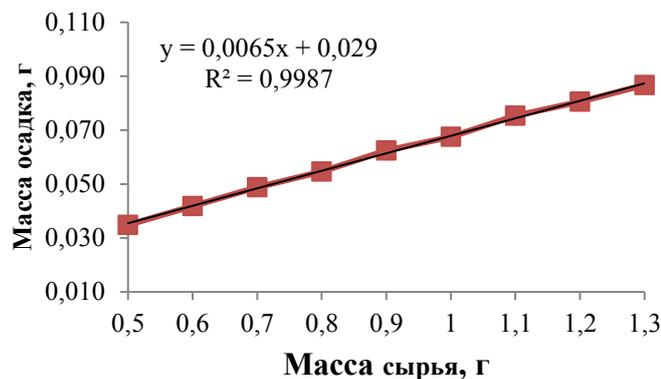
Номер анализа	1	2	3	4	5	6			
Содержание ВРПС, %	31.58	31.08	31.06	31.43	32.01	30.94			
Метрологические характеристики									
n	f	x	S	S _x	RSD, %	P, %	t _(P,f)	Δx	ε, %
6	5	31.35	0.4050	0.1653	1.29	95	2.570	1.04	3.32

Таблица 6. Результаты оценки правильности методики

Номер анализа	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Содержание сырья в пробе	1 : 1	1 : 1	1 : 1	1 : 2	1 : 2	1 : 2	1 : 4	1 : 4	1 : 4
Найдено ВРПС, %	30.88	32.03	31.05	32.11	32.43	32.04	32.35	31.96	32.13
Рассчитано ВРПС, %	31.35								
Открываемость (R), %	98.50	102.17	99.04	102.42	103.44	102.20	103.19	101.95	102.49
Метрологические характеристики	R _{cp} =101.71; SD=1.7405; RSD=1.71%								

Таблица 7. Результаты оценки устойчивости методики

Номер анализа	1	2	3	4	5	6			
Образец	Хранение в холодильнике			Хранение при комнатной температуре					
	после экстрагирования	через 24 ч	через 72 ч	после экстрагирования	через 24 ч	через 72 ч			
	Содержание ВРПС, %	31.04	31.53	30.92	31.12	30.95	30.69		
Метрологические характеристики									
<i>n</i>	<i>f</i>	<i>x</i>	<i>S</i>	<i>S_x</i>	<i>RSD, %</i>	<i>P, %</i>	<i>t_(P,f)</i>	<i>Δx</i>	<i>ε, %</i>
6	5	31.04	0.2798	0.1142	0.90	95	2.570	0.72	2.32



Зависимость массы осадка от массы корней девясила высокого при гравиметрическом определении ВРПС

Таблица 8. Критерии оценки линейности методики

R^2	y-intercept	slope
0.9987	-0.029	0.0065

Выводы

Разработана и валидирована экспрессная методика выделения и количественного определения ВРПС из корней девясила высокого, которая может быть использована при контроле качества данного вида сырья и промышленном получении из него ВРПС, в частности, инулина. Подобраны оптимальные условия экстрагирования ВРПС из корней девясила высокого в условиях ультразвуковой ванны: измельченность сырья 0.5–1.0 мм, температура – 80 °С, кратность извлечения – 3, длительность экстракций – 15 мин, частота ультразвука – 35 кГц, соотношение сырья и экстрагента 1 г на 15 мл. Предлагаемая методика позволяет интенсифицировать процесс получения ВРПС из корней девясила высокого и снизить время, расходуемое на него до 4–5 ч, а также увеличить выход продукта до 31.6% в пересчете на абсолютно сухое сырье. Разработанная методика прецизионна в условиях повторяемости, правильна, устойчива и обладает достаточно жесткой линейной зависимостью массы осадка от массы анализируемого сырья при гравиметрическом определении ВРПС в корнях девясила высокого.

Список литературы

1. Ботанико-фармакогностический словарь: справ. пособие / под ред. К.Ф. Блиновой, Г.П. Яковлева. М., 1990. 206 с.
2. Путьрский И.Н., Прохоров В.Н. Универсальная энциклопедия лекарственных растений. М., 2000. С. 115–116.
3. Яницкая А.В., Митрофанова И.Ю. Девясил высокий – перспективный источник новых лекарственных средств // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. 2012. №3 (43). С. 24–27.
4. Курганская С.А. Девясил высокий // Биология. 2004. №9. С. 19–20.
5. Губанов И.А., Киселева К.В., Новиков В.С., Тихомиров В.Н. *Inula helenium* L. – Девясил высокий // Иллюстрированный определитель растений Средней России. М., 2004. Т. 3. С. 444.
6. Захаренко В.Г. Девясил высокий – лекарственное и декоративное растение // Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада. 2006. №93. С. 17–20.
7. Куркин В.А. Фармакогнозия. Самара, 2004. 1180 с.
8. Баньковский В.В., Попов Д.М., Баньковский Д.В. Применение вакуумного технологического процесса для выделения сесквитерпеновых лактонов из девясила высокого // Фармация. 2010. №8. С. 36–37.

9. Konishi T., Shimada Y. Antiproliferative sesquiterpene lactones from the roots of *Inula helenium* // Biol. Pharm. Bull. 2010. Vol. 25. N10. Pp. 1370–1371.
10. Бутко А.Ю. Фармакотерапевтические аспекты применения растительного сырья девясила высокого и девясила британского в официальной и народной медицине // Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2013. №11 (154). С. 272–277.
11. Оленников Д.Н., Танхаева Л.М., Чехирова Г.В., Петров Е.В. Методика количественного определения суммарного содержания полифруктанов в корневищах и корнях девясила высокого (*Inula helenium* L.) // Химия растительного сырья. 2008. №1. С. 95–99.
12. Корж А.П., Гурьев А.М., Белоусов М.В., Юсубов М.С., Белянин М.Л., Байков А.Н. Водорастворимые полисахариды подземной части *Inula helenium* (*Asteraceae*) // Растительные ресурсы. 2011. Т. 47. №3. С. 88–92.
13. Патент №2619758 (РФ). Способ получения инулина из смеси дикорастущих растений / В.А. Цагаев, А.С. Хамицаева, Ф.И. Будаев, И.А. Хадаева, Б.Б. Бритаев. – 2017.
14. Молчанов Г.И., Молчанов А.А., Кубалова Л.М. Фармацевтические технологии: современные электорофизические биотехнологии в фармации. М., 2011. 307 с.
15. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Михайловская И.Ю. Изучение динамики изменения содержания инулина в корнях лопуха большого (*Arctium lappa* L.) и одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Webb.) в процессе вегетации // Вестник ВГУ. Серия: Химия, Биология, Фармация. 2016. №4. С. 133–136.
16. Шушунова Т.Г., Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Мальцев Е.А. Выделение инулина из корней одуванчика лекарственного с использованием ультразвука // Пути и формы совершенствования фармацевтического образования. Создание новых физиологически активных веществ: материалы 6-й Международной научно-методической конференции «Фармобразование-2016». Воронеж: ИПЦ ВГУ, 2016. С. 609–612.
17. Дьякова Н.А., Самылина И.А., Сливкин А.И., Гапонов С.П., Кукуева Л.Л., Мындра А.А. Разработка методики количественного определения водорастворимых полисахаридов и ее валидация // Современная фармация: проблемы и перспективы развития материалы V межрегиональной научно-практической конференции с международным участием. 2015. С. 45–48.
18. Дьякова Н.А., Сливкин А.И., Самылина И.А., Гапонов С.П., Мындра А.А., Шушунова Т.Г. Разработка и валидация экспресс-методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов корней одуванчика лекарственного (*Taraxacum officinale* Wigg.) // Химико-фармацевтический журнал. 2018. Т. 52. №4. С. 40–43. DOI: 10.30906/0023-1134-2018-52-4-40-43.
19. Дьякова Н.А. Разработка и валидация экспресс-методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов листьев лопуха большого (*Arctium lappa* L.) // Химия растительного сырья. 2018. №4. С. 81–87. DOI: 10.14258/jcprgm.2018042195.
20. Государственная фармакопея Российской Федерации. XIV изд. М.: ФЭМБ, 2018. Т. 1. С. 267–288.
21. Гаврилин М.В., Сенченко С.П. Валидация аналитических методик (методические указания для аспирантов и студентов). Пятигорск, 2008. 37 с.

Поступила в редакцию 5 февраля 2020 г.

После переработки 30 ноября 2020 г.

Принята к публикации 1 декабря 2020 г.

Для цитирования: Дьякова Н.А., Гапонов С.П., Сливкин А.И. Разработка и валидация экспрессной методики выделения и количественного определения водорастворимых полисахаридов из корней девясила высокого // Химия растительного сырья. 2021. №1. С. 63–70. DOI: 10.14258/jcprgm.2021017363.

*Dyakova N.A.**, *Gaponov S.P.*, *Slivkin A.Y.* DEVELOPMENT AND VALIDATION OF EXPRESS PROCEDURE FOR ISOLATION AND QUANTITATIVE DETERMINATION OF WATER-SOLUBLE POLYSACCHARIDES FROM HIGH DEVISIL ROOTS

Voronezh State University, Universitetskaya pl., 1, Voronezh, 394006 (Russia), e-mail: ninochka_V89@mail.ru

The aim of the study was to develop and validate an express procedure for the isolation and quantification of water-soluble polysaccharides from high devisyl roots (*Ínula helenium* L.). In order to accelerate the process of extracting biologically active substances from the roots of high devisil, as well as to increase the yield of water-soluble polysaccharides, it was decided to use an ultrasonic bath. By varying the process parameters, it was possible to select optimal extraction conditions of water-soluble polysaccharides of high-grade roots under ultrasound treatment conditions: raw material grinding 0.5–1.0 mm, temperature – 80 °C, extraction multiplicity – 3, extraction duration – 15 min, ultrasound frequency – 35 kHz, ratio of raw material to extractor 1 g per 15 ml. The proposed technique allows to intensify the process of preparing polysaccharides water-soluble from roots high and to reduce the time spent on it up to 4-5 hours, as well as to increase the yield of the product up to 31.6% in terms of absolutely dry raw materials. The developed method is precise under the conditions of repeatability, correct, stable and has a rather strict linear dependence of the sediment mass on the analysed raw material mass at gravimetric determination of polysaccharides water-soluble in the roots of high devisil. The technique can be used for express analysis of high devasil roots quality, as well as for industrial production of water-soluble polysaccharides from this kind of raw material.

Keywords: polysaccharides water-soluble, ultrasonic bath, roots of a *Ínula helenium* L.

References

1. *Botaniko-farmakognosticheskiy slovar': sprav. posobiye* [Botanical-pharmacognostic dictionary: ref. manual], ed. K.F. Blinovoy, G.P. Yakovleva. Moscow, 1990, 206 p. (in Russ.).
2. Putyrskiy I.N., Prokhorov V.N. *Universal'naya entsiklopediya lekarstvennykh rasteniy.* [Universal encyclopedia of medicinal plants]. Moscow, 2000, pp. 115–116. (in Russ.).
3. Yanitskaya A.V., Mitrofanova I.Yu. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta*, 2012, no. 3 (43), pp. 24–27. (in Russ.).
4. Kurganskaya S.A. *Biologiya*, 2004, no. 9, pp. 19–20. (in Russ.).
5. Gubanov I.A., Kiseleva K.V., Novikov V.S., Tikhomirov V.N. *Illyustrirovannyi opredelitel' rasteniy Sredney Rossii.* [Illustrated key to plants of Central Russia]. Moscow, 2004, vol. 3, p. 444. (in Russ.).
6. Zakharenko V.G. *Byulleten' Gosudarstvennogo Nikitskogo botanicheskogo sada*, 2006, no. 93, pp. 17–20. (in Russ.).
7. Kurkin V.A. *Farmakognosiya.* [Pharmacognosy]. Samara, 2004, 1180 p. (in Russ.).
8. Ban'kovskiy V.V., Popov D.M., Ban'kovskiy D.V. *Farmatsiya*, 2010, no. 8, pp. 36–37. (in Russ.).
9. Konishi T., Shimada Y. *Biol. Pharm. Bull.*, 2010, vol. 25, no. 10, pp. 1370–1371.
10. Butko A.Yu. *Nauchnyye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya*, 2013, no. 11 (154), pp. 272–277. (in Russ.).
11. Olenikov D.N., Tankhayeva L.M., Chekhirova G.V., Petrov Ye.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 1, pp. 95–99. (in Russ.).
12. Korzh A.P., Gur'yev A.M., Belousov M.V., Yusubov M.S., Belyanin M.L., Baykov A.N. *Rastitel'nyye resursy*, 2011, vol. 47, no. 3, pp. 88–92. (in Russ.).
13. Patent 2619758 (RU). 2017. (in Russ.).
14. Molchanov G.I., Molchanov A.A., Kubalova L.M. *Farmatsevticheskiye tekhnologii: sovremennyye elektrofizicheskiye biotekhnologii v farmatsii.* [Pharmaceutical technologies: modern electrophysical biotechnology in pharmacy]. Moscow, 2011, 307 p. (in Russ.).
15. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Mikhaylovskaya I.Yu. *Vestnik VGU. Seriya: Khimiya, Biologiya, Farmatsiya*, 2016, no. 4, pp. 133–136. (in Russ.).
16. Shushunova T.G., D'yakova N.A., Slivkin A.I., Mal'tsev Ye.A. *Puti i formy sovershenstvovaniya farmatsevticheskogo obrazovaniya. Sozdaniye novykh fiziologicheskii aktivnykh veshchestv: Materialy 6-y Mezhdunarodnoy nauchno-metodicheskoy konferentsii «Farmobrazovaniye-2016».* [Ways and forms of improving pharmaceutical education. Creation of new physiologically active substances: Materials of the 6th International Scientific and Methodological Conference "Pharmaceutical Education-2016"]. Voronezh, 2016, pp. 609–612. (in Russ.).
17. D'yakova N.A., Samylina I.A., Slivkin A.I., Gaponov S.P., Kukuyeva L.L., Myndra A.A. *Sovremennaya farmatsiya: problemy i perspektivy razvitiya materialy V mezhregional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezh-dunarodnym uchastiyem.* [Modern pharmacy: problems and prospects for the development of materials of the V interregional scientific-practical conference with international participation]. 2015, pp. 45–48. (in Russ.).
18. D'yakova N.A., Slivkin A.I., Samylina I.A., Gaponov S.P., Myndra A.A., Shushunova T.G. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2018, vol. 52, no. 4, pp. 40–43. DOI: 10.30906/0023-1134-2018-52-4-40-43. (in Russ.).
19. D'yakova N.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2018, no. 4, pp. 81–87. DOI: 10.14258/jcprm.2018042195. (in Russ.).

* Corresponding author.

20. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii. XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIV ed.]. Moscow, 2018, vol. 1, pp. 267–288. (in Russ.).
21. Gavrilin M.V., Senchenko S.P. *Validatsiya analiticheskikh metodik (metodicheskiye ukazaniya dlya aspirantov i studentov)*. [Validation of analytical methods (guidelines for graduate students and students)]. Pyatigorsk, 2008, 37 p. (in Russ.).

Received February 5, 2020

Revised November 30, 2020

Accepted December 1, 2020

For citing: Dyakova N.A., Gaponov S.P., Slivkin A.Y. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 1, pp. 63–70. (in Russ.).
DOI: 10.14258/jcprm.2021017363.