

УДК 547.4:577.1:576.8

ОПТИМИЗАЦИЯ ПРОЦЕССА ЭКСТРАКЦИИ ПОЛИСАХАРИДОВ КАШТАНА КОНСКОГО (*AESCULUS HIPPOCASTANUM L.*)

© *А.В. Филатова**, *А.С. Тураев*, *Д.Т. Джурабаев*, *Л.Б. Азимова*

*Институт биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова АН РУз,
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125, Республика Узбекистан,
albfil@mail.ru*

Приведены результаты разработки оптимальных параметров процесса экстракции полисахаридов, выделенных из оболочек плодов каштана конского, собранных на территории Ташкента и Ташкентской области Республики Узбекистан. Для выявления оптимальных показателей, влияющих на процессы экстракции, изучено влияние на выход полисахаридов следующих параметров: соотношение сырье : экстрагент, кратность экстракции, температура экстракции, степень упаривания. Установлено, что при соотношениях сырье : экстрагент 1 : 30 наблюдается самый высокий выход конечного продукта. Исследование влияния кратности экстракции показало, что проведение 2- и 3-ступенчатой экстракции целесообразно, так как приводит к значимому увеличению выхода конечного продукта. Влияние температурного режима на выход полисахаридов устанавливали в диапазоне температур от 25 до 120 °С. При этом в неизменных условиях модуля ванны 1 : 30 и продолжительности экстракции в 2 ч при варьировании температуры наибольший выход полисахаридов наблюдается при температуре 95 °С. Оптимальной степенью упаривания экстракта, при котором не наблюдаются большие потери конечного продукта, является степень упаривания в 4 раза. Для оценки влияния технологических параметров на выход ПС изучали однофакторный дисперсионный анализ для каждого эксперимента. Дисперсионный анализ показал значимость критерия Фишера, поскольку величина р-значения меньше 0.05, следовательно, влияние изучаемых параметров на выход полисахаридов можно считать доказанным. Определено содержание нейтральных и кислых моносахаридов и моносахаридный состав выделенных полисахаридов.

Ключевые слова: полисахариды, экстракция, водная фракция, экстрагент, дисперсионный анализ.

Для цитирования: Филатова А.В., Тураев А.С., Джурабаев Д.Т., Азимова Л.Б. Оптимизация процесса экстракции полисахаридов каштана конского (*Aesculus hippocastanum L.*) // Химия растительного сырья. 2024. №1. С. 329–337. DOI: 10.14258/jcprm.20240112503.

Введение

Многие природные полисахариды обладают биологической активностью, нетоксичны, не обладают аллергенностью, пирогенностью, в связи с чем являются источником получения новых биологически активных веществ и лекарственных препаратов [1–4]. Полисахариды растительного происхождения обладают иммуномодулирующей, противоопухолевой, гепатопротекторной, антимикробной активностями, оказывают оптимизирующее действие на отдельные параметры обмена веществ организма [5–15].

Одной из актуальных проблем современной фармакогнозии является комплексное использование лекарственных растений на основании ресурсосберегающих технологий. Перспективным в плане комплексного использования растений является каштан конский обыкновенный (*Aesculus hippocastanum L.*). Конский каштан имеет достаточно широкое распространение на территории Узбекистана и находит свое применение как в официальной, так и в народной медицине [16].

Перспективность изучения каштана конского как источника сырья для создания лекарственных препаратов обусловлена его богатым химическим составом. Для создания лекарственных препаратов на основе каштана конского используются в основном кора, цветы, листья и плоды растения [17–20]. Однако без внимания остаются оболочки плодов каштана конского, являющиеся перспективным источником биологически активных соединений. Использование всей фитомассы конского каштана будет способствовать расширению сырьевой базы для создания лекарственных средств растительного происхождения, а также обеспечит

* Автор, с которым следует вести переписку.

вклад в решение проблем комплексной переработки этого растения и безотходного использования природных ресурсов. Для достижения наибольшего выхода полисахаридов из оболочек плодов каштана конского проведена оптимизация технологического процесса, выявлены оптимальные параметры выделения полисахаридов и изучен их количественный состав.

Цель настоящей работы – выявление оптимальных параметров технологии получения полисахаридов, выделенных из оболочек плодов конского каштана и определение их моносахаридного состава.

Экспериментальная часть

Объекты исследования: полисахариды, выделенные из оболочек плодов каштана конского (*Aesculus Hippocastanum L.*), произрастающих на территории Ташкента и Ташкентской области Республики Узбекистан.

Измельченные оболочки плодов конского каштана (1–2 мм) экстрагировали дистиллированной водой при различных соотношениях сырье : экстрагент однократно, без повторного экстрагирования шрота. Другой образец получали аналогично при другом соотношении. Для изучения влияния кратности экстракции на выход полисахаридов из оболочек плодов каштана конского экстрагировали дистиллированной водой при соотношении сырье : экстрагент 1 : 30, при температуре 95 °С, далее полученный шрот подвергали повторной экстракции при тех же условиях, полученные извлечения объединяли. В третьем образце сырье последовательно экстрагировали трижды при одинаковых условиях экстракции, полученные извлечения объединяли. Влияние температурного режима изучали в диапазонах от 25 до 120 °С. Все эксперименты проводились в трехкратной повторности. Для изучения степени упаривания на выход ПС были получены 4 серии экстракта каштана конского, которые были упарены на роторном испарителе при температуре 50 °С в 5, 4, 3 и 2 раза. Полученные образцы после упаривания диализовали против дистиллированной воды и лиофильно высушивали. Выделенные полисахариды представляют собой порошок светло-коричневого цвета, без запаха, растворимый в воде.

Количественное определение содержания нейтральных и кислых полисахаридов. При определении количественного содержания полисахаридов использовали фенол-серноокислотный метод. Общее содержание суммы нейтральных моносахаридов в гидролизате полисахаридов каштана конского определяли по цветной реакции спектральным способом в пересчете на глюкозу [21, 22].

Определение моносахаридного состава. С целью установления химического состава, выделенные полисахариды гидролизовали 2М серной кислотой (1 : 50) до 24 ч, контролируя процесс гидролиза хроматографически. Гидролизаты нейтрализовали, осадки отфильтровали, а из фильтратов осадил моносахариды 95% спиртом (1 : 3) [23].

ИК-спектроскопия. ИК-спектры полисахаридов снимали на ИК-Фурье спектрометре системы 2000 фирмы «Perkin Elmer» в диапазоне частот 400–4000 см⁻¹ в таблетке с KBr.

Полученные результаты обрабатывали с помощью программы «StatSoft Statistica 7.0», данные обрабатывали тестом ANOVA.

Обсуждение результатов

Проведен ряд экспериментов по определению влияния технологических параметров на выход полисахаридов (ПС) с изменением только одного параметра, а также однофакторный дисперсионный анализ для каждого эксперимента, с определением стандартного отклонения (SS), критерия Фишера (F), числа степеней свободы (df), дисперсии (MS).

Известно, что на выход готового продукта ПС в процессе экстрагирования растительного сырья влияет соотношение сырье : экстрагент. Исследование по изучению влияния соотношения экстрагента (воды очищенной рН=7) и растительного сырья (оболочек плодов каштана конского) на выход ПС проводили при варьировании гидромодуля 1 : 10, 1 : 15, 1 : 20, 1 : 30, 1 : 40, однократно, без повторного экстрагирования растительного сырья. Каждый эксперимент проводился в трехкратной повторности. На основании полученных данных проведена статистическая обработка с использованием F-критерия Фишера, результаты которой приведены в таблице 1.

Таблица 1. Статистическая обработка результатов эксперимента по изучению влияния соотношения сырье : экстрагент на выход ПС водной фракции

Соотношение сырье : экстрагент	Число степеней свободы	Выход при 3-кратной повторности, %	Сумма значений	Среднее значение выхода ПС, %	Дисперсия
1 : 10	4	6.15 6.16 6.20	18.53	6.17	0.004933
1 : 15	4	7.32 7.27 7.35	21.94	7.31	0.001633
1 : 20	4	7.71 7.85 7.94	23.5	7.83	0.013433
1 : 30	4	9.27 9.19 9.26	27.72	9.24	0.0019
1 : 40	4	6.933 6.875 6.921	20.729	6.9	0.00037
Дисперсионный анализ					
Источник дисперсии	SS	Df	MS	F	P-значение
Между группами	15.82	4	3.955	865.9	P<0.0001
Внутри группы	0.04567	10	0.004567		
Итого	15.87	14			

Примечание: стандартное отклонение (SS), критерий Фишера (F), число степеней свободы (Df), дисперсия (MS).

Из таблицы 1 видно, что в процессе водной экстракции оболочек плодов каштана конского при гидромодуле 1 : 30 наблюдается наиболее высокий выход ПС и составляет 9.24%. Значение $p < 0.05$, на основании чего критерий Фишера можно считать значимым, а влияние соотношения сырье : экстрагент на выход ПС водной фракции доказанным. Это говорит о целесообразности использования данного соотношения, которое принято за оптимальное. Дальнейшие эксперименты проводили при гидромодуле 1 : 30.

Далее нами проведены эксперименты по изучению влияния кратности экстракции на выход полисахаридов, при варьировании 1, 2 и 3 ступеней экстракции. В эксперименте оболочки плодов каштана конского экстрагировали дистиллированной водой при соотношении сырье : экстрагент 1 : 30, при температуре 95 °С, далее полученный шрот подвергали повторной экстракции при тех же условиях, полученные извлечения объединяли. В третьем образце сырье последовательно экстрагировали трижды при одинаковых условиях экстракции, полученные извлечения объединяли, упаривали, диализовали и лиофильно высушивали. Эксперимент повторяли 3 раза. Полученные данные позволили рассчитать F-статистику (критерий Фишера), которую использовали для оценки степени влияния данного фактора (табл. 2).

Как видно из таблицы 2, при увеличении количества ступеней с одного до трех наблюдается увеличение выхода ПС из оболочек плодов каштана конского, при этом наибольший выход соответствует 3-ступенчатой экстракции. Проведение экстракции из трех ступеней приводит к увеличению выхода продукта более чем в 1.5 раза. Это объясняется изменением градиента концентрации полисахарида при смене растворителя. В результате экстрагирование остаточного количества ПС из растительного сырья происходит с наибольшей эффективностью. При дальнейшем увеличении числа ступеней реакции выход остается практически неизменным и с технологической точки зрения является нецелесообразным и менее эффективным. Величина p -значения меньше 0.05, что также говорит о значимости критерия Фишера по влиянию кратности экстракции на выход ПС. Таким образом, проведение 3-ступенчатой экстракции принято за оптимальное, так как приводит к увеличению выхода конечного продукта.

На следующем этапе наших исследований было изучено влияние температурного режима экстракции на выход ПС из оболочек плодов каштана конского. С целью определения оптимальной температуры, при которой выход будет максимальным, экспериментально наблюдали влияние температуры, выбирая ее значения в диапазонах от 25 до 120 °С. Эксперименты также проведены в 3-кратной повторности. Полученные данные позволили рассчитать F-статистику (критерий Фишера), которую использовали для оценки степени влияния данного фактора. Результаты исследования зависимости выхода ПС от температуры представлены в таблице 3.

Таблица 2. Статистическая обработка результатов эксперимента по изучению влияния количества ступеней экстракции на выход ПС водной фракции

Кратность экстракции, раз	Число степеней свободы	Выход при 3-кратной повторности, %	Сумма значений	Среднее значение выхода ПС, %	Дисперсия
1	3	9.15	27.46	9.15	0.004233
		9.22			
		9.09			
2	3	13.66	40.83	13.61	0.0019
		13.58			
		13.59			
3	3	16.02	48.02	16.00	0.000233
		15.99			
		16.01			
4	3	16.04	48.08	16.02	0.000233
		16.03			
		16.01			
Дисперсионный анализ					
Источник дисперсии	SS	Df	MS	F	P-значение
Между группами	0.003817	2	0.001908	F (1.252, 3.755) = 1.220	P=0.3545
Внутри групп	94.24	3	31.41	F (3, 6) = 20087	P<0.0001
Случайный	0.009383	6	0.001564		
Итого	94.26	11			

Примечание: стандартное отклонение (SS), критерий Фишера (F), число степеней свободы (Df), дисперсия (MS).

Таблица 3. Статистическая обработка результатов эксперимента по изучению влияния температуры экстракции на выход ПС водной фракции

Температура экстракции, °С	Число степеней свободы	Выход при 3-кратной повторности, %	Сумма значений	Среднее значение выхода ПС, %	Дисперсия
25	5	2.22	6.64	2.21	0.000933
		2.18			
		2.24			
50	5	3.75	11.14	3.71	0.001233
		3.71			
		3.68			
70	5	5.01	14.86	4.95	0.004433
		4.88			
		4.97			
85	5	7.67	23.02	7.67	0.001233
		7.71			
		7.64			
95	5	9.26	27.67	9.22	0.001033
		9.20			
		9.21			
120	5	8.92	26.59	8.86	0.002633
		8.85			
		8.82			
Дисперсионный анализ					
Источник дисперсии	SS	Df	MS	F	P-значение
Между группами	126	5	25.19	13143	P<0.0001
Внутри групп	0.023	12	0.001917		
Итого	126	17			

Примечание: стандартное отклонение (SS), критерий Фишера (F), число степеней свободы (Df), дисперсия (MS).

Экстракция при комнатной температуре приводит к меньшему выходу ПС, что обусловлено снижением интенсивности экстракции макромолекул из растительного сырья за счет замедления процессов смачивания и растворения. Рост температуры экстракции до 120 °С также способствовал некоторому уменьшению выхода ПС до 8.86%, что связано с увеличением скорости деструкции молекул полисахаридов. В неизменных условиях модуля ванны 1 : 30 и продолжительности экстракции в 2 ч при варьировании темпера-

туры, наибольший выход ПС водной фракции наблюдается при температуре 95 °С. При статистической обработке результатов данного исследования установлена величина р-значения $p < 0.05$, соответственно, влияние температуры экстракции на выход полисахаридов можно считать статистически значимым (табл. 3). Таким образом, оптимальной температурой экстракции для получения ПС с наиболее высоким выходом является температура 95 °С.

В ходе эксперимента также была изучена зависимость выхода ПС из оболочек плодов каштана конского от степени упаривания экстракта, обусловленной эффективностью последующей стадии спиртового осаждения. Оптимальное значение степени упаривания в процессе получения ПС было установлено экспериментально. Для этого были получены 4 серии экстракта каштана конского, которые были упарены на ротаторном испарителе при температуре 50 °С в 5, 4, 3 и 2 раза, и далее из полученных полупродуктов были выделены полисахариды. При 2-кратном упаривании наблюдалось недостаточное сгущение экстракта. В результате чего возможно увеличение потерь конечного продукта, а также более высокий расход осаждающего агента (этанола). Проведение 3-ступенчатой экстракции целесообразно, так как приводит к значимому увеличению выхода конечного продукта. При 5-кратном упаривании экстракта в испарительной колбе наблюдалось пленкообразование и залипание экстракта, что не позволило провести следующие технологические стадии и получить стандартизованный конечный продукт ПС. Поэтому данная серия была исключена из статистической обработки, и был сделан вывод о нецелесообразности 5-кратного упаривания экстракта. Наибольший выход полисахаридов водной фракции наблюдается при степени упаривания в 4 раза, которое принято за оптимальное.

Выделенные полисахариды (ПС) из оболочек каштана конского представляют собой светло-коричневый водорастворимый порошок, молекулярная масса которого 15000 Да. Изучен состав выделенных полисахаридов, результаты приведены в таблице 4.

В результате проведенных исследований установлено, что в выделенном из каштана конского полисахаридном комплексе примерно 35% составляет сумма нейтральных моносахаридов, а сумма уоновых кислот – около 26% (табл. 4).

Изучен моносахаридный состав полисахаридов, результаты представлены в таблице 5. Из таблицы 5 следует, что выделенные полисахариды состоят в основном из остатков галактозы, арабинозы, маннозы. В составе были обнаружены также другие моносахариды в малом количестве. В следовых количествах в образцах находится рамноза, рибоза. По данным литературы [24], значительное содержание кислых моносахаридов (уоновых кислот) в полисахаридном комплексе обуславливает терапевтический эффект, связанный с противовоспалительной и антимикробной активностями.

Провели ИК-спектроскопические исследования выделенных полисахаридов. Полисахаридные фрагменты в выделенных образцах обнаруживаются по ряду характерных полос поглощения функциональных групп и основного ядра полисахаридного матрикса в ИК-спектрах [25].

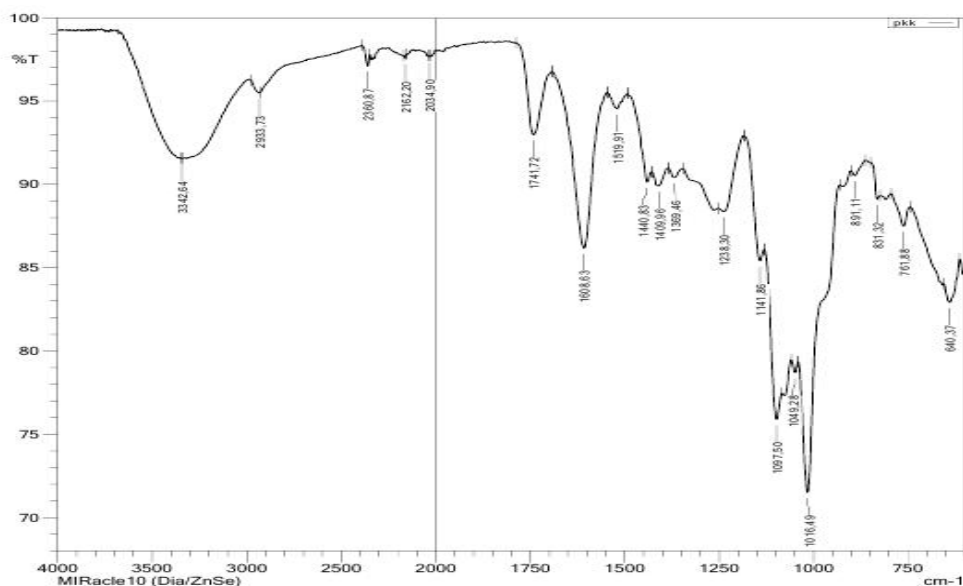
В ИК-спектрах образцов выделенных полисахаридов из каштана конского (рис.) наблюдается поглощение при $2933\text{--}3342\text{ см}^{-1}$, характерное для валентных колебаний О-Н групп сахаров. В спектрах отмечены полосы поглощения в интервале $1016\text{--}1140\text{ см}^{-1}$, соответствующие валентным колебаниям С-О-С связей глюкопиранозного кольца полисахаридов. В области $1141\text{--}1440\text{ см}^{-1}$ наблюдаются поглощения, соответствующие полисахаридам и С-О связи карбоксильных групп. В области $640\text{--}830\text{ см}^{-1}$ присутствуют полосы поглощения, характерные для различных типов колебаний С-Н связи.

Таблица 4. Содержание полисахаридов, суммы нейтральных и кислых моносахаридов в составе выделенных из оболочек плодов каштана конского полисахаридов

Объект исследования	Содержание, %		
	Полисахариды	Нейтральные моносахариды	Кислые моносахариды
Оболочки плодов каштана конского	15.98±0.25	35.29±0.53	26.33±0.46

Таблица 5. Результаты анализа нейтральных моносахаридов в изучаемом объекте

Нейтральные моносахариды	Содержание нейтральных моносахаридов, %
Галактоза	12.05±0.42
Арабиноза	9.04±0.53
Манноза	7.12±0.31
Глюкоза	4.5±0.13
Ксилоза	1.05±0.21
Рибоза	1.03±0.11
Рамноза	0.5±0.05



ИК-спектр полисахаридов, выделенных из каштана конского

Выводы

Разработаны оптимальные условия водной экстракции полисахаридов из оболочек плодов каштана конского (*Aesculus hippocastanum L.*). Проведен дисперсионный анализ влияния соотношения сырье : экстрагент, кратности экстракции, температуры на выход ПС водной фракции. Установлено, что наибольший выход полисахаридов водной фракции наблюдается в процессе 3-ступенчатой экстракции при модуле ванны 1 : 30, температуре 95 °С, при степени упаривания в 4 раза. Определено содержание нейтральных, кислых моносахаридов и моносахаридный состав выделенных полисахаридов.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств бюджета Института биоорганической химии имени академика А.С. Садыкова. 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 дадите соответствующие ссылки на автора(ов) и источник и предоставите ссылку на Лицензию Creative Commons и укажете, были ли внесены изменения.

Список литературы

1. Азимова Л.Б., Нормакхатов Н.С., Хайтметова С.Б., Мухитдинов Б.И., Филатова А.В., Амонова Д.М., Халилова Г.А., Киргизбаев Х.Х., Тураев А.С. Выделение и изучение физико-химических свойств галактоманнанов из растительного сырья // *Химия растительного сырья*. 2019. №2. С. 35–41. DOI: 10.14258/jcrpm.2019024491.
2. Меньшутина Н.В., Казеев И.В., Худеев И.И., Артемьев А.И., Флегонтов П.А., Дашкин Р.Р. Извлечение аралозидов сверхкритической экстракцией из аралии маньчжурской // *Известия ВУЗов. Химия и химическая технология*. 2022. Т. 65, №4. С. 22–28.
3. Мельникова Н.Б., Соловьева О.Н., Кочетков Е.Н. Биомиметические подходы к исследованию свойств лекарственных веществ // *Известия ВУЗов. Химия и химическая технология*. 2019. Т. 62, №10. С. 4–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20196210.591.
4. Ахмедов О.Р., Сохибназарова Х.А., Шомуротов Ш.А. Биологически активные соединения на основе модифицированной ксантановой камеди // *Химия растительного сырья*. 2017. №3. С. 227–231. DOI: 10.14258/jcrpm.2017031729.
5. Gregori A., Pohleven J. Cultivation Techniques and Medicinal Properties of *Pleurotus* spp. // *Food Tech. Biotech.* 2007. Vol. 45. P. 238.

6. Pan F., Su T.J., Liu Y., Hou K., Chen C., Wu W. Extraction, purification and antioxidation of a polysaccharide from *Fritillaria unibracteata* // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2018. Vol. 112. Pp. 1073–1083. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.070.
7. Samanta S., Maity K., Nandi A.K., Sen I.K., Devi K.S.P., Mukherjee S. et al. A glucan from an ectomycorrhizal edible mushroom *Tricholoma crassum* (Berk.) Sacc.: isolation, characterization, and biological studies // *Carbohydrate Research*. 2013. Vol. 367. Pp. 33–40. DOI: 10.1016/j.carres.-2012.12.002.
8. Wang Y., Liu Y., Yu H., Zhou S., Zhang Z., Wu D. et al. Structural characterization and immuno-enhancing activity of a highly branched water-soluble β -glucan from the spores of *Ganoderma lucidum* // *Carbohydrate Polymers*. 2017. Vol. 167. Pp. 337–344. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.03.016.
9. Оленников Д.Н., Кашенко Н.И. Полисахариды. Современное состояние изученности: экспериментально-наукометрическое исследование // *Химия растительного сырья*. 2014. №1. С. 5–26. DOI: 10.14258/jcrpm.1401005.
10. Fiorito S. et al. Selenylated plant polysaccharides: A survey of their chemical and pharmacological properties // *Phytochemistry*. 2018. Vol. 153. Pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.008.
11. Jiao R. et al. The anti-oxidant and antitumor properties of plant polysaccharides // *The American J. of Chinese Medicine*. 2016. Vol. 44(3). Pp. 463–488. DOI: 10.1142/S0192415X16500269.
12. Qu J. et al. Hepatoprotective effect of plant polysaccharides from natural resources: A review of the mechanisms and structure-activity relationship // *International J. of Biological Macromolecules*. 2020. Vol. 161. Pp. 24–64. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.196.
13. Лаксаева Е.А., Давыдов В.В., Кяримов И.А., Кухтенкова Е.А., Арушанова В.В., Злобина Е.А. Биологическая активность полисахаридсодержащих экстрактов, выделенных из плодов боярышника обыкновенного разной степени зрелости // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия: Химия. Биология. Экология*. 2019. Т. 19, вып. 2. С. 216–222. DOI: 10.18500/1816-9775-2019-19-2-216-222
14. Хайтметова С.Б., Тураев А.С., Халилова Г.А. и др. Изучение активности полисахаридов, выделенных из базидиальных грибов *Ganoderma lucidum*, на модели токсического гепатита // *Экспериментальная и клиническая фармакология*. 2022. Т. 85, №12. С. 38–41. DOI: 10.30906/0869-2092-2022-85-12-38-41.
15. Беседнова Н.Н., Запорожец Т.С., Кузнецова Т.А., Крыжановский С.П., Ковалев Н.Н., Звягинцева Т.Н. Гепатопротекторные эффекты экстрактов и полисахаридов морских водорослей // *Антибиотики и химиотерапия*. 2014. Т. 59, №3–4. С. 30–37.
16. Вандышев В.В. Старинное лекарственное растение – конский каштан обыкновенный – источник современных эффективных лекарственных средств // *Медицинская помощь*. 2002. №5. С. 36–38.
17. Чистякова А.С., Сорокина А.А., Дунилин А.Д., Гудкова А.А., Болгов А.С. Оценка подлинности каштана конского обыкновенного цветков методами микроскопического анализа // *Фармация*. 2021. Т. 70, №7. С. 32–36. DOI: 10.29296/25419218-2021-07-05.
18. Самбукова Т.В. Перспективы использования фитопрепаратов в современной фармакологии // *Фитофармакология*. 2017. Т. 15, №2. С. 56–63.
19. Савченко Л.Н., Маринина Т.Ф., Карпенко В.А., Саушкина А.С. Разработка технологии и анализа экстракта жидкого из листьев и цветков каштана конского обыкновенного в качестве противовоспалительного и венотонирующего средства // *Известия Самарского научного центра РАН*. 2021. №2(5). С. 612–617.
20. Малоштан Л.Н. Доклиническое исследование специфической активности настойки листьев каштана конского // *Клінічна фармація*. 2011. Т. 15, №4. С. 57–59.
21. Nielsen S.S. Phenol-Sulfuric Acid Method for Total Carbohydrates // *Food Analysis Laboratory Manual*. Food Science Texts Series. Springer, Boston, MA, 2010. DOI: 10.1007/978-1-4419-1463-7_6.
22. Гашевская А.С. Определение нейтральных сахаров и глюкуроновой кислоты в составе микробного полисахарида ксантана // *Успехи современного естествознания*. 2017. №4. С. 12–18.
23. Xia Y.G., Sun H.M., Wang T.L., Liang J., Yang B.Y., Kuang H.X. A Modified GC-MS Analytical Procedure for Separation and Detection of Multiple Classes of Carbohydrates // *Molecules*. 2018. Vol. 3(6). P. 1284. DOI: 10.3390/molecules23061284.
24. Chichoyan N. Pharmacognostic studies of gums collected from apricot trees growing in Armenia and perspectives of their use // *Georgian Medical News*. 2009. Vol. 1(176). Pp. 74–77.
25. Da Silva D.F., Ogawa C.Y.L., Sato F., Neto A.M., Larsen F.H., Matumoto-Pintro P.T. Chemical and physical characterization of Konjac glucomannan-based powders by FTIR and ^{13}C MAS NMR // *Powder Technology*. 2020. Vol. 361. Pp. 610–616. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.11.071.

Поступила в редакцию 24 января 2023 г.

После переработки 9 февраля 2023 г.

Принята к публикации 29 августа 2023 г.

Filatova A.V.*, Turaev A.S., Jurabaev D.T., Azimova L.B. OPTIMIZATION OF THE EXTRACTION PROCESS OF HORSE CHESTNUT (*AESCULUS HIPPOCASTANUM* L.) POLYSACCHARIDES

Institute of Bioorganic Chemistry named after Academician A.S. Sadykov of the Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbeka st., 83, Tashkent, 100125, Republic of Uzbekistan, e-mail: albfil@mail.ru

The results of the development of optimal parameters for the extraction process of polysaccharides isolated from the shells of horse chestnut fruits collected on the territory of Tashkent and the Tashkent region of the Republic of Uzbekistan are presented. To identify the optimal indicators affecting the extraction processes, the influence of the following parameters on the yield of polysaccharides was studied: the ratio of raw materials: extractant, the extraction rate, the extraction temperature, the degree of evaporation. It has been established that at ratios of raw materials : extractant of 1 : 30, the highest yield of the final product is observed leads to a significant increase in the yield of the final product. The influence of the temperature regime on the yield of polysaccharides was carried out in the temperature range from 25 to 120 °C. At the same time, under constant conditions of the bath modulus of 1 : 30 and the duration of extraction of 2 hours with varying temperature, the highest yield of polysaccharides is observed at a temperature of 95 °C. The optimal degree of evaporation of the extract, in which no large losses of the final product are observed, is the degree of evaporation by 4 times. To assess the influence of technological parameters on the change in qualitative or quantitative indicators of the quality of PS, a one-way analysis of variance was studied for each experiment. Analysis of variance showed the significance of the Fisher criterion, since the p-value is less than 0.05, therefore, the influence of the studied parameters on the yield of polysaccharides can be considered proven. Keywords: extraction, aqueous fraction, extractant, analysis of variance.

Keywords: polysaccharides, extraction, aqueous fraction, extractant, analysis of variance.

For citing: Filatova A.V., Turaev A.S., Jurabaev D.T., Azimova L.B. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2024, no. 1, pp. 329–337. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20240112503.

References

1. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaytmetova S.B., Mukhitdinov B.I., Filatova A.V., Amonova D.M., Khalilova G.A., Kirgizbayev Kh.Kh., Turayev A.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 2, pp. 35–41. DOI: 10.14258/jcprm.2019024491. (in Russ.).
2. Men'shutina N.V., Kazeyev I.V., Khudeyev I.I., Artem'yev A.I., Flegontov P.A., Dashkin R.R. *Izvestiya VUZov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2022, vol. 65, no. 4, pp. 22–28. (in Russ.).
3. Mel'nikova N.B., Solov'yeva O.N., Kochetkov Ye.N. *Izvestiya VUZov. Khimiya i khimicheskaya tekhnologiya*, 2019, vol. 62, no. 10, pp. 4–29. DOI: 10.6060/ivkkt.20196210.591. (in Russ.).
4. Akhmedov O.R., Sokhibnazarova Kh.A., Shomurotov Sh.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2017, no. 3, pp. 227–231. DOI: 10.14258/jcprm.2017031729. (in Russ.).
5. Gregori A., Pohleven J. *Food Tech. Biotech.*, 2007, vol. 45, p. 238.
6. Pan F., Su T.J., Liu Y., Hou K., Chen C., Wu W. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2018, vol. 112, pp. 1073–1083. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2018.02.070.
7. Samanta S., Maity K., Nandi A.K., Sen I.K., Devi K.S.P., Mukherjee S. et al. *Carbohydrate Research*, 2013, vol. 367, pp. 33–40. DOI: 10.1016/j.carres.-2012.12.002.
8. Wang Y., Liu Y., Yu H., Zhou S., Zhang Z., Wu D. et al. *Carbohydrate Polymers*, 2017, vol. 167, pp. 337–344. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.03.016.
9. Olenikov D.N., Kashchenko N.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2014, no. 1, pp. 5–26. DOI: 10.14258/jcprm.1401005. (in Russ.).
10. Fiorito S. et al. *Phytochemistry*, 2018, vol. 153, pp. 1–10. DOI: 10.1016/j.phytochem.2018.05.008.
11. Jiao R. et al. *The American J. of Chinese Medicine*, 2016, vol. 44(3), pp. 463–488. DOI: 10.1142/S0192415X16500269.
12. Qu J. et al. *International J. of Biological Macromolecules*, 2020, vol. 161, pp. 24–64. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.05.196.
13. Laksayeva Ye.A., Davydov V.V., Kyarimov I.A., Kukhtenkova Ye.A., Arushanova V.V., Zlobina Ye.A. *Izvestiya Saratovskogo universiteta. Novaya seriya. Seriya: Khimiya. Biologiya. Ekologiya*, 2019, vol. 19, no. 2, pp. 216–222. DOI: 10.18500/1816-9775-2019-19-2-216-222. (in Russ.).
14. Khaytmetova S.B., Turayev A.S., Khalilova G.A. i dr. *Ekspertimental'naya i klinicheskaya farmakologiya*, 2022, vol. 85, no. 12, pp. 38–41. DOI: 10.30906/0869-2092-2022-85-12-38-41. (in Russ.).
15. Besednova N.N., Zaporozhets T.S., Kuznetsova T.A., Kryzhanovskiy S.P., Kovalev N.N., Zvyagintseva T.N. *Antibiotiki i khimioterapiya*, 2014, vol. 59, no. 3–4, pp. 30–37. (in Russ.).
16. Vandyshev V.V. *Meditinskaya pomoshch'*, 2002, no. 5, pp. 36–38. (in Russ.).
17. Chistyakova A.S., Sorokina A.A., Dunilin A.D., Gudkova A.A., Bolgov A.S. *Farmatsiya*, 2021, vol. 70, no. 7, pp. 32–36. DOI: 10.29296/25419218-2021-07-05. (in Russ.).
18. Sambukova T.V. *Fitofarmakologiya*, 2017, vol. 15, no. 2, pp. 56–63. (in Russ.).
19. Savchenko L.N., Marinina T.F., Karpenko V.A., Saushkina A.S. *Izvestiya Samarskogo nauchnogo tsentra RAN*, 2021, no. 2(5), pp. 612–617. (in Russ.).
20. Maloshtan L.N. *Klinichna farmatsiya*, 2011, vol. 15, no. 4, pp. 57–59. (in Russ.).
21. Nielsen S.S. *Food Analysis Laboratory Manual. Food Science Texts Series*. Springer, Boston, MA, 2010. DOI: 10.1007/978-1-4419-1463-7_6.

* Corresponding author.

22. Gashevskaya A.S. *Uspekhi sovremennogo yestestvoznaniya*, 2017, no. 4, pp. 12–18. (in Russ.).
23. Xia Y.G., Sun H.M., Wang T.L., Liang J., Yang B.Y., Kuang H.X. *Molecules*, 2018, vol. 3(6), p. 1284. DOI: 10.3390/molecules23061284.
24. Chichoyan N. *Georgian Medical News*, 2009, vol. 1(176), pp. 74–77.
25. Da Silva D.F., Ogawa C.Y.L., Sato F., Neto A.M., Larsen F.H., Matumoto-Pintro P.T. *Powder Technology*, 2020, vol. 361, pp. 610–616. DOI: 10.1016/j.powtec.2019.11.071.

Received January 24, 2023

Revised February 9, 2023

Accepted August 29, 2023

Сведения об авторах

Филатова Альбина Васильевна – доктор технических наук, ведущий научный сотрудник, albfil@mail.ru

Тураев Аббасхан Сабирханович – доктор химических наук, академик, главный научный сотрудник, abbaskhan@mail.ru

Джурабаев Джалол Тургунбаевич – младший научный сотрудник, luiza8181@mail.ru

Азимова Луиза Бахтияровна – младший научный сотрудник, luiza8181@mail.ru

Information about authors

Filatova Albina Vasilievna – Doctor of Technical Sciences, leading researcher, albfil@mail.ru

Turaev Abbaskhan Sabirkhanovich – Doctor of Chemical Sciences, Academician, Chief Researcher, abbaskhan@mail.ru

Jurabaev Jalol Turgunbaevich – junior researcher, luiza8181@mail.ru

Azimova Luiza Bakhtiyarovna – junior researcher, luiza8181@mail.ru