

УДК 615.074

ИССЛЕДОВАНИЕ ПОЛИСАХАРИДНОГО КОМПЛЕКСА ЦВЕТКОВ КАШТАНА КОНСКОГО ОБЫКНОВЕННОГО (*AESCVLVS HIPPOCASTANVM L.*)

© А.Д. Дунилин, О.В. Тринеева *

Воронежский государственный университет, ул. Студенческая, 3,
Воронеж, 394006, Россия, trineevaov@mail.ru

Лекарственное растительное сырье обладает достаточно разнообразным комплексом биологически активных веществ (БАВ). Во всех растительных объектах присутствуют соединения первичного синтеза растения, например, углеводы (полисахариды и простые сахара). Группа полисахаридов и простых сахаров не рассматривается в настоящее время в качестве целевой в составе метаболома цветков каштана конского. В доступной литературе встречаются немногочисленные данные, посвященные изучению углеводного комплекса цветков каштана конского, а также перспективности его дальнейшего использования в составе лекарственного растительного сырья (ЛРС) и лекарственных растительных препаратов (ЛРП).

Цель работы – исследование полисахаридного комплекса цветков каштана конского обыкновенного различных регионов произрастания.

Результаты. Метод гравиметрии установлено, что содержание суммы осаждаемых полисахаридов в зависимости от региона заготовки сырья варьировало от 5.61 до 12.44%. Максимальное содержание суммы полисахаридов и простых сахаров при использовании более селективного пикринового спектрофотометрического метода количественного определения наблюдалось в сырье, заготовленном в Московской области (9.02%), наименьшее – в Воронежской области (5.40%). Полученные данные могут объясняться различными климатическими условиями регионов, в которых находится производящее растение и характером изучаемой группы БАВ, являющейся первичным продуктом метаболизма растительной клетки. Проведено разделение комплекса простых сахаров в цветках каштана конского различных регионов произрастания методом ТСХ. Установлено присутствие 5 зон БАВ углеводной природы, среди которых идентифицирована глюкоза. Качественный состав простых сахаров не меняется в зависимости от климатических и географических особенностей произрастания производящего растения, при варьировании общего суммарного количественного содержания полисахаридов и простых сахаров в сырье.

Выводы. Таким образом, результаты проведенного исследования указывают на перспективность проведения дальнейших исследований углеводного комплекса цветков каштана конского обыкновенного для чего необходимо использовать современные комбинированные физико-химические методы анализа.

Ключевые слова: цветки каштана конского, полисахариды, простые сахара, гравиметрия, дифференциальная спектрофотометрия, пикриновый метод, тонкослойная хроматография.

Для цитирования: Дунилин А.Д., Тринеева О.В. Исследование полисахаридного комплекса цветков каштана конского обыкновенного (*Aesculus hippocastanum* L.) // Химия растительного сырья. 2025. №4. С. 291–299. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416728>.

Введение

Значимым этапом в создании новых лекарственных средств на основе растительного сырья является детальное исследование химического состава растений. В настоящее время при исследовании комплекса биологически активных веществ (БАВ) лекарственных растений предпочтение отдается физико-химическим методам, являющимся наиболее экспрессными, чувствительными и информативными [1–6]. Должным образом следует изучать как целевые группы веществ в компонентном составе растений, определяющие фармакологическую активность, так и второстепенные классы соединений, которые ранее оставались незамеченными и не вызвали интереса у исследователей. К таким компонентам можно отнести соединения первичного синтеза растения, например, углеводы (полисахариды и простые сахара), которые присутствуют во всех растительных объектах. Данные соединения, попадая в организм человека, проявляют выраженные

* Автор, с которым следует вести переписку.

фармакологические эффекты, способствуют укреплению иммунитета, повышая устойчивость организма к стрессовым факторам окружающей среды, оказывают ранозаживляющее, обволакивающее, отхаркивающее, противомикробное и цитостатическое действие, а также обладают способностью улучшать усвоение других лекарственных средств [7–14]. Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.), представитель семейства конскокаштановые (*Hippocastanaceae*), является перспективным источником получения препаратов, обладающих противовоспалительной, флеботропной, капилляропротекторной и антиоксидантной активностями [15]. Однако в доступной литературе встречаются немногочисленные данные, посвященные изучению углеводного комплекса цветков каштана конского, а также перспективности его дальнейшего использования в составе лекарственного растительного сырья (ЛРС) и лекарственных растительных препаратов (ЛРП) [16]. Накопление первичных метаболитов в ЛРС определяется различными факторами, такими как климатические условия в месте произрастания производящего растения, видовой принадлежностью, временем сбора, условиями сушки, а также другими параметрами. Особое значение имеют исследования, направленные на унификацию требований к показателям качества сырья, входящим в нормативную документацию, для чего требуются многочисленные данные о вариативности содержания различных групп БАВ в сырье, заготавливаемом на различных территориях РФ. Принимая во внимание малую изученность класса полисахаридов, выделенных из цветков каштана конского, а также потенциальную широту биологической активности и низкую токсичность данных соединений, исследование является актуальным.

Цель работы – исследование полисахаридного комплекса цветков каштана конского обыкновенного различных регионов произрастания.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили высушенные воздушно-теневым методом цветки каштана конского обыкновенного, заготовленные в Петрозаводском городском округе (61°47'46" с. ш. 34°20'57" в. д.), Ленинградской (59°57' с. ш. 30°19' в. д.), Московской (55°33'31,46" с. ш., 37°22'43,84" в. д.), Воронежской (51°40'18" с. ш. 39°12'38" в. д.), Волгоградской областях (48°42'42" с. ш. 44°30'50" в. д.) и Ставропольском крае (44°03'00" с. ш. 43°03'36" в. д.) во время цветения в 2023 году. Выбор регионов заготовки сырья был обусловлен естественным ареалом культивирования данного растения, а также необходимостью оценки влияния совокупности природных факторов окружающей среды на состав и количество первичных метаболитов – углеводов, в цветках каштана конского.

Количественное определение содержания суммы полисахаридов в ЛРС после осаждения спиртом этиловым 95% определяли согласно соответствующей гравиметрической фармакопейной методике ГФ РФ XIV изд. [17] (ФС.2.5.0032.15 «Подорожника большого листа»).

Содержание суммы свободных и связанных простых сахаров в пересчете на глюкозу в сырье определяли с применением фармакопейной спектрофотометрической методики по реакции простых сахаров с пикриновой кислотой (пикриновый метод) по ГФ РФ XIV (ФС.2.5.0027.15 «Мать-и-мачехи обыкновенной листа») и ГФ РФ XV [18] (ФС.2.5.0024 «Липы цветки» и ОФС.1.2.3.0019 «Определение сахаров спектрофотометрическим методом»). Для извлечения сахаров, определяемых спектрофотометрическим методом, аналитическую навеску сырья (1.0 г) с размером частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями 0.5 мм дважды экстрагировали водой в присутствии хлористоводородной кислоты концентрированной (40 мл воды : 4 мл хлористоводородной кислоты концентрированной) в соотношении сырье – экстрагент 1 : 40 в течение 30 мин, объединяя полученные извлечения, далее pH доводили до 4.0–4.5 40%-ым раствором натрия гидроксида по универсальной индикаторной бумаге в мерной колбе вместимостью 50 мл (исходный раствор). Рабочий раствор готовили в соответствии с ГФ РФ XIV ФС.2.5.0027.15 «Мать-и-мачехи обыкновенной листа». Раствор сравнения имеет состав аналогичный рабочему за исключением исследуемого извлечения. Оптическую плотность рабочего раствора измеряли относительно раствора сравнения на спектрофотометре СФ-2000 (Россия) в максимуме поглощения в кювете с толщиной слоя 10 мм. Параллельно измеряли оптическую плотность 0.02% водного раствора стандартного образца (СО) глюкозы (ЗАО «Вектон», степень чистоты не менее 99%, срок годности до 10.2026 г), обработанного аналогично рабочему раствору. Содержание суммы свободных и связанных простых сахаров в пересчете на глюкозу в абсолютно сухом сырье в процентах (X, %) вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A_x \cdot 100 \cdot 2 \cdot m_0 \cdot P}{A_0 \cdot m \cdot (100 - W)},$$

где A_X – оптическая плотность рабочего раствора; A_0 – оптическая плотность раствора стандартного образца глюкозы, обработанного аналогично испытуемому раствору; m – навеска сырья, г; m_0 – навеска глюкозы, г; W – влажность сырья, %, P – содержание глюкозы в СО, %.

Содержание суммы свободных и связанных простых сахаров в цветках каштана конского в пересчете на глюкозу в процентах, определяли также с использованием величины удельного показателя поглощения комплекса СО глюкозы с пикриновой кислотой при длине волны 470 ± 5 нм, согласно известной фармакопейной методике ГФ РФ XIV ФС.2.5.0027.15 «Мать-и-мачехи обыкновенной листья» [17] вычисляли по формуле:

$$X = \frac{A \cdot V_1 \cdot V_3 \cdot V_5 \cdot 100}{m \cdot E_{1\text{см}}^{1\%} \cdot V_2 \cdot V_4 \cdot (100 - W)},$$

где A – оптическая плотность раствора В; m – масса сырья, г; V_1 – объема раствора А, мл; V_2 – аликвота из раствора А, мл; V_3 – объем раствора Б, мл; V_4 – аликвота из раствора Б, мл; V_5 – объем раствора В, мл; W – потеря в массе при высушивании сырья, %; $E_{1\text{см}}^{1\%}$ – 273.24 – удельный показатель поглощения комплекса СО глюкозы с пикриновой кислотой при 470 ± 5 нм.

Статистическую обработку результатов эксперимента проводили в соответствии с ОФС.1.1.0013 «Статистическая обработка результатов физических, физико-химических и химических испытаний» [18].

Разделение простых сахаров в тонком слое сорбента осуществляли на пластинках марки «Sorbfil» ПТСХ-АФ-А размером 10×15 см (ЗАО «Сорбфил», Краснодарский край, Россия), используя в качестве элюента ранее апробированную систему *n*-бутанол-уксусная кислота-вода (4 : 1 : 2) [19]. Детектирование проводили раствором, содержащим 0.86 г сульфаниламида и 0.83 г *o*-фталевой кислоты в 50 мл 95% этилового спирта и высушивали при температуре $103 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение 3-5 минут до проявления хроматографических зон. Параллельно хроматографировали по 2 мкл 1% водных растворов стандартных образцов моносахаридов: глюкозы, ксилозы, рамнозы (ЗАО «Вектон», степень чистоты не менее 99%, срок годности до 10.2026 г.) [19].

Обсуждение результатов

Результаты количественного определения суммы полисахаридов в цветках каштана конского с применением различных использованных методов приведены в таблице 1. Метод гравиметрического определения является неспецифичным, но наиболее часто применяемым для первичного анализа содержания суммы полисахаридов в растительном сырье. Было установлено, что содержание суммы осаждаемых полисахаридов в зависимости от региона заготовки сырья варьировало от 5.61 до 12.95%. Наибольшее значение данного показателя было определено в цветках каштана, заготовленных от растений, произрастающих в Волгоградской, Воронежской и Московской областях (около 12%). Минимальное количество данных БАВ содержалось в сырье, культивируемом в условиях Ставропольского края (5.61%). При сравнении полученных результатов с доступными литературными данными [16], получены сопоставимые значения в пределах одного региона заготовки сырья в разные годы. Так по данным авторов [16], в цветках, заготовленных в Ставропольском крае (г. Минеральные воды, 2015 г), содержание осаждаемых полисахаридов составляло 3.2%.

Однако следует принимать во внимание, что классический гравиметрический метод обладает низкой селективностью, как правило, дает завышенные результаты и не позволяет достоверно определить содержание собственно полисахаридов в ЛРС из-за наличия в сырье и других групп БАВ, осаждаемых крепким спиртом. В частности, для цветков каштана конского мешающей определению фракцией БАВ может являться группа тритерпеновых пентациклических сапонинов. Кроме того, известно, что гравиметрический метод дает возможность определять только сумму полисахаридов, осаждением из водного раствора этиловым спиртом. Гравиметрическая методика является также многостадийной, что источником погрешностей и систематических ошибок [20, 21]. Результаты определения изучаемой группы БАВ различными методами коррелируют. Однако в сырье, заготовленном на территории Воронежской области, вероятно, большее содержание фракции сапонинов, определение которых является одной из следующих задач фитохимического исследования цветков. При этом сырье, заготовленное на территории Ставропольского края, предположительно, способно активно накапливать свободные восстанавливающие сахара, что может быть связано с умеренно континентальным типом климата с самыми высокими среднегодовыми температурами и количеством осадков.

Поэтому на следующем этапе работы для более селективной оценки содержания полисахаридов в изучаемом сырье провели их определение при помощи спектрофотометрической методики. Наиболее

информативным является спектрофотометрический метод определения суммы сахаров после гидролиза и проведения фотометрической (цветной) реакции [22, 23]. В соответствии с ГФ РФ XIV изд., для стандартизации ЛРС, содержащих полисахариды, применяется также спектрофотометрическая методика, основанная на реакции простых восстанавливающих сахаров с пикриновой кислотой в щелочной среде, после предварительного гидролиза хлористоводородной кислотой, что позволяет частично гидролизовать полисахариды, а также гликозиды вторичных метаболитов растений. Пикриновый метод позволяет оценить всю сумму простых сахаров (свободных и связанных в составе полисахаридов) в пересчете на глюкозу (или фруктозу) в полисахаридном комплексе ЛРС. Полученные спектры поглощения продуктов взаимодействия сахаров извлечений, полученных с применением кислотного гидролиза из цветков каштана конского различных регионов произрастания, с пикриновой кислотой приведены на рисунке 1. Максимум поглощения при длине волны 465 ± 2 совпадал с таковым на спектре, полученном для стандартного образца глюкозы (рис. 2) пикриновым методом, что подтвердило возможность пересчета на этот моносахарид. Результаты приведены в таблице 1.

В качестве альтернативного способа вычисления суммы свободных и связанных простых восстанавливающих сахаров в сырье нами был использован расчет, учитывающий величину удельного показателя поглощения комплекса СО глюкозы с пикриновой кислотой при длине волны 470 ± 5 нм (табл. 1).

При использовании спектрофотометрической методики было установлено, что содержание суммы свободных и связанных простых сахаров в составе комплекса БАВ цветков каштана конского показало меньшие результаты по сравнению с гравиметрическим определением и составило от 6.78 до 12.35% при использовании расчета по величине удельного показателя поглощения и от 5.40 до 9.02% при расчете с использованием значений оптической плотности СО глюкозы (табл. 1). Максимальное значение данного показателя наблюдалось в сырье, заготовленном в Московской области (9.02%), наименьшее – в Воронежской области (5.40%). Полученные данные могут объясняться различными климатическими условиями регионов, в которых находится производящее растение и характером изучаемой группы БАВ, являющейся первичным продуктом метаболизма растительной клетки.

Таблица 1. Содержание полисахаридов в цветках каштана конского различных регионов произрастания

№ п/п	Регион произрастания	Содержание, %		
		осаждаемых полисахаридов (гравиметрия)	суммы свободных и связанных простых сахаров (пикриновый метод)	
			Удельный показатель поглощения	РСО глюкозы
1	Ленинградская область	9.26 ± 0.77	8.02 ± 0.54	6.40 ± 0.43
2	Московская область	12.32 ± 1.10	12.35 ± 0.83	9.85 ± 0.66
3	Воронежская область	12.44 ± 1.11	6.78 ± 0.46	5.40 ± 0.36
4	Волгоградская область	12.95 ± 1.12	11.35 ± 0.77	9.02 ± 0.61
5	Ставропольский край	5.61 ± 0.50	10.85 ± 0.73	8.65 ± 0.58

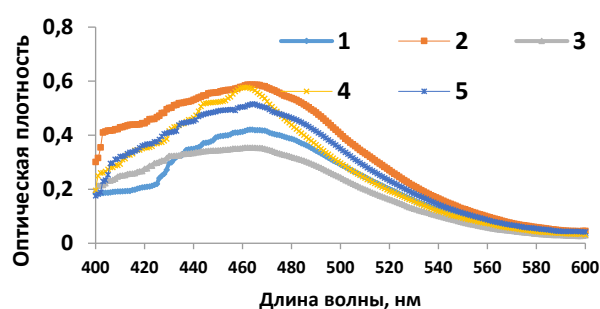


Рис. 1. Спектры поглощения продуктов взаимодействия сахаров извлечений, полученных с применением кислотного гидролиза из цветков каштана конского различных регионов произрастания, с пикриновой кислотой (1 – Ленинградская область; 2 – Московская область; 3 – Воронежская область; 4 – Волгоградская область; 5 – Ставропольский край)

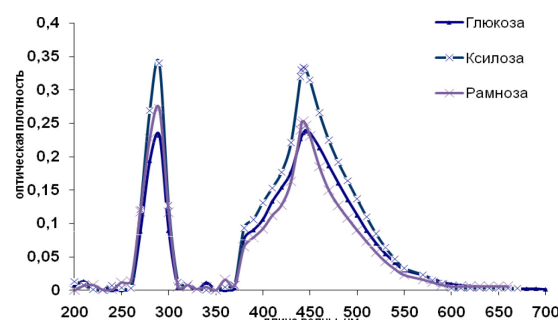


Рис. 2. Спектры поглощения продуктов реакции стандартных образцов простых сахаров с пикриновой кислотой

В результате статистической обработки результатов, полученных по использованным методикам (на примере цветков каштана конского, заготовленных на территории Воронежской области), установлено, что средняя относительная ошибка с доверительной вероятностью 95% не превышала 10% (табл. 2).

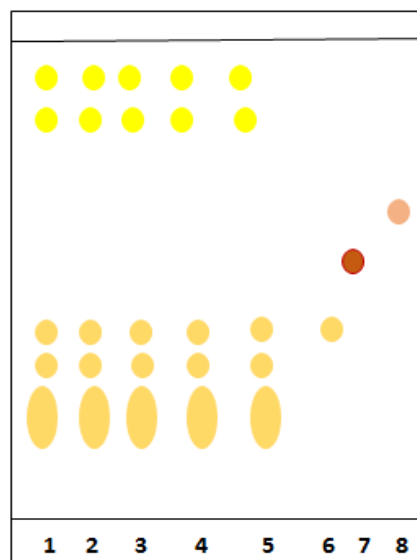
Таким образом, рекомендуемые числовые значения содержания суммы полисахаридов и свободных простых сахаров для цветков каштана конского могут составлять не менее 5%, что может являться достаточно значимым в составе комплекса БАВ как самого сырья, так и экстракционных препаратов на его основе. Так, согласно ФС.2.5.0024 ГФ РФ XV «Липы цветки» [18], рекомендуемая норма содержания суммы полисахаридов и простых сахаров, являющейся целевой группой БАВ в данном ЛРС, составляет не менее 2%.

В настоящее время хроматографические методы вытесняют спектральные, т.к. позволяют провести более селективное определение БАВ в сырье. Метод тонкослойной хроматографии (ТСХ) входит в инструментарий многих научных работ, посвященных качественному и количественному исследованию свободных и связанных простых сахаров в полисахаридных комплексах растительных объектов. На завершающем этапе работы проводили разделение сахаров цветков каштана конского, получаемых в результате кислотного гидролиза извлечения, в тонком слое сорбента. Для чего полученную суммарную вытяжку хроматографировали восходящим способом в соответствии с ранее разработанной методикой [24–26]. При хроматографировании 10 мкл извлечений из исследуемого сырья обнаружено 5 зон простых сахаров специфичной окраски (рис. 3), среди которых удалось идентифицировать только глюкозу по характерному значению величины R_f в сравнении с достоверным стандартным образцом. Использованный детектирующий реагент позволяет селективно идентифицировать на хроматограммах извлечений БАВ углеводной природы, поскольку взаимодействует с образованием окрашенных в желто-оранжевый цвет оснований Шиффа только при наличии альдегидной группы в структуре, что свойственно восстанавливающим сахарам. При хроматографировании 5 мкл извлечения обнаруживалось только 2 зоны, одна из которых также совпадала по величине R_f с достоверным стандартным образцом глюкозы. Ксилоза и рамноза не были идентифицированы в составе свободных сахаров. Полученные результаты представлены в таблице 4. Вид картины разделения был идентичен для извлечений из цветков каштана конского, заготовленного во всех исследуемых областях европейской части РФ.

Таблица 2. Статистическая обработка результатов количественного определения суммы осаждаемых полисахаридов и суммы свободных и связанных простых сахаров в цветках каштана конского ($P=95\%$; $n=5$)

X_{cp}	S^2	S	S_{xcp}	ΔX	ΔX_{cp}	$\varepsilon, \%$	$\varepsilon_{cp}, \%$
Гравиметрия							
12.4441	0.79323	0.89063	0.39830	2.47595	1.10727	19.90	8.9
Пикриновый метод (расчет содержания по удельному показателю поглощения)							
6.7758	0.18985	0.43571	0.17788	1.11978	0.45715	16.53	6.75
Пикриновый метод (расчет содержания с использованием раствора СО глюкозы)							
5.4043	0.12078	0.34753	0.14188	0.89315	0.36463	16.53	6.57

Рис. 3. Схема хроматограммы 10 мкл водного извлечения из цветков каштана конского различных регионов произрастания, подвергнутого кислотному гидролизу (1 – Ленинградская область, 2 – Московская область, 3 – Воронежская область, 4 – Волгоградская область; 5 – Ставропольский край; 6 – СО глюкозы; 7 – СО ксилозы; 8 – СО рамнозы)



Поскольку нам удалось идентифицировать среди зон обнаруженных свободных сахаров только глюкозу, для более точной оценки хроматографической подвижности, мало чувствительной к влиянию случайных отклонений в условиях проведения эксперимента, в соответствии с ОФС.1.2.1.2.0001 «Хроматография» ГФ РФ XV, применили величину R_s , представляющая собой отношение величины R_f одного вещества к величине R_f другого вещества, принятого за стандарт [18]. В качестве стандарта выбрана идентифицированная глюкоза, которая была обнаружена в сырье всех исследуемых регионов заготовки, а также имела оптимальное значение величины R_f в выбранных условиях хроматографирования (табл. 3). В таблице 3 представлены значения величин R_f и R_s для сахаров, выявленных на хроматограммах изучаемых извлечений. Величина R_s , определенная экспериментально, позволит решать одну из важнейших задач фармацевтического анализа – идентифицировать сахара в различных объектах при отсутствии стандартных образцов.

Таблица 3. Величины R_f и R_s свободных сахаров каштана конского, рассчитанные по хроматограммам (на примере извлечения из сырья, заготовленного в Воронежской области)

№ трека п/п	$R_f \pm 0.02$	R_s (стандарт – глюкоза)
1	0.19	0.48
2	0.28	0.7
3	0.40	1.0
4	0.81	2.03
5	0.87	2.18

* R_f стандартного образца ксилозы – 0,54 и R_f стандартного образца рамнозы – 0,68 в данных условиях.

Выводы

Впервые проведено сравнительное исследование комплекса полисахаридов, а также простых свободных и связанных сахаров в цветках каштана конского различных регионов произрастания с использованием фармакопейных методов гравиметрии и спектрофотометрии. Следует отметить, что цветки каштана конского обыкновенного не уступают известным фармакопейным растениям – источникам полисахаридов, таким как цветки липы. Максимальное содержание суммы свободных и связанных простых сахаров наблюдалось в сырье, заготовленном в Московской области (9.02%), наименьшее – в Воронежской области (5.40%). Полученные данные могут объясняться различными климатическими условиями регионов, в которых находится производящее растение, и характером изучаемой группы БАВ, являющейся первичным продуктом метаболизма растительной клетки. Проведено разделение комплекса простых сахаров в цветках каштана конского различных регионов произрастания методом ТСХ. Установлено присутствие 5 зон БАВ углеводной природы, среди которых идентифицирована глюкоза. Качественный состав сахаров не меняется в зависимости от климатических и географических особенностей произрастания производящего растения, при варьировании суммарного количественного содержания полисахаридов и простых свободных и связанных сахаров в сырье. Таким образом, результаты проведенного исследования указывают на перспективность проведения дальнейших исследований углеводного комплекса цветков каштана конского обыкновенного для чего необходимо использовать современные комбинированные физико-химические методы анализа.

Финансирование

Данная работа финансировалась за счет средств фармацевтического факультета Воронежского государственного университета. 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. Тангиева Т.А., Маркарян А.А., Даргаева Т.Д., Пупыкина К.А. Качественная и количественная оценка содержания сахаров в сырье петрушки кудрявой // Башкирский химический журнал. 2014. Т. 21, №3. С. 95–98.

2. Нестерова О.В., Сулейманова Ф.Ш. Количественное определение полисахаридов в траве золотарника канадского спектрофотометрическим и гравиметрическим методами // Сборник статей IV Международного научно-исследовательского конкурса. Пенза, 2018. С. 192–194.
3. Ровкина К.И., Кривошеков С.В., Гурьев А.М., Юсубов М.С., Белоусов М.В. Разработка методики получения полисахаридов из листьев березы (*Betula pendula* Roth., *Betula pubescens* Ehrh.) // Химия растительного сырья. 2019. №3. С. 23–31. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019035420>.
4. Федосеева Л.М., Мызникова О.А. Изучение полисахаридного комплекса хатмы тюрингенской травы, произрастающей на территории Алтайского края // Бюллетень медицинской науки. 2017. №4(8). С. 39–42. [https://doi.org/10.31684/2541-8475.2017.4\(8\).39-42](https://doi.org/10.31684/2541-8475.2017.4(8).39-42).
5. Тринеева О.В., Сливкин А.И. Определение суммы полисахаридов и простых сахаров в листьях крапивы двудомной // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2017. №1. С. 164–169.
6. Никулин А.В., Терещенко Г.С., Потанина О.Г. Определение суммы полисахаридов и свободных сахаров в листьях мать-и-мачехи методом УФ-спектрофотометрии // Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии. 2016. Т. 19, №9. С. 3–7.
7. Уранова В.В. Сравнительный анализ содержания водорастворимых полисахаридов в различных морфологических частях *Scutellaria baicalensis* Georgi // Молодежный инновационный вестник. 2023. Т. 12, №1. С. 175–176.
8. Осипова А.А., Погоцкая А.А. Обнаружение полисахаридных компонентов надземной и подземной частей шток-розы розовой (*Alcea rosea*) // Вестник фармации. 2022. №3(97). С. 29–35. <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.3.29>.
9. Гудкова А.А., Шестакова Г.Ю., Сливкин А.И., Чистякова А.С., Агафонов В.А., Чавро П.В. Изучение углеводного состава синюхи голубой (*Polemonium caeruleum* L.) // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 107–114. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021038795>.
10. Киселева М.Т., Бидарова Ф.Н., Асланиди Е.М., Рубаева З.В. Перспективные исследования лекарственного растительного сырья как источника полисахаридов // Медико-фармацевтический журнал Пульс. 2021. Т. 23, №4. С. 96–100. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-4-96-100>.
11. Кахраманова С.Д., Боков Д.О., Самылина И.А. Количественное определение полисахаридов в лекарственном растительном сырье // Фармация. 2020. Т. 69, №8. С. 5–12. <https://doi.org/10.29296/25419218-2020-08-01>.
12. Бубенчикова В.Н., Никитин Е.А. Полисахариды травы колокольчика круглолистного // Фармация. 2016. Т. 65, №7. С. 25–27.
13. Шамилов А.А. Анализ полисахаридного, аминокислотного и элементного состава травы черноголовки обыкновенной (*Prunella vulgaris* L.), произрастающей на северном Кавказе // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2018. №3. С. 271–277.
14. Касьянов З.В., Ганькова К.Л., Шустов М.В., Гольдштейн А.Г. Анализ химического состава и противовоспалительная активность полисахаридного комплекса листьев бодяка разнолистного // Здоровье и образование в XXI веке. 2018. №8. С. 94–98.
15. Азимова Л.Б., Филатова А.В., Тураев А.С., Джурабаев Д.Т. Изучение полисахаридного комплекса, выделенного из *Aesculus Hippocastanum* L // Химия растительного сырья. 2021. №3. С. 115–122. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039173>.
16. Саушкина А.С., Савченко Л.Н., Лихота Л.Н. Фитохимическое исследование листьев и цветков каштана конского обыкновенного // Гаммермановские чтения – III: сборник научных трудов научно-методической конференции. СПб, 2017. С. 110–113.
17. Государственная фармакопея Российской Федерации XIV изд. М., 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopoea.php>.
18. Государственная фармакопея Российской Федерации. XV изд. М., 2023. Т. 1. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>.
19. Патент №2642264 (РФ). Способ определения простых сахаров в тонком слое сорбента / О.В. Тринеева, Е.Ф. Сафонова, А.И. Сливкин, А.А. Назарова. – 2018.
20. 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. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313746>.
21. Сущенко А.О., Компанцева Е.В., Масловская Е.А., Деметьева Т.М. Определение суммы полисахаридов корней одуванчика лекарственного *Taraxacum officinale* wigg., произрастающего на Северном Кавказе // Международный научно-исследовательский журнал. 2022. №9. С. 123.
22. Мешкова А.Д., Черноусов Я.О. Количественное определение полисахаридов в сырье фиалки трехцветной и фиалки полевой, произрастающих на территории Брянской области // Вестник науки и творчества. 2021. №7 (67). С. 16–18.
23. Балаева Ш.А., Султанова Д.Т., Рамазанов А.Ш. Определение суммы полисахаридов и свободных сахаров в шроте расторопши пятнистой // Сборник материалов III Всероссийской научно-практической конференции с международным участием, посвященной 55-летию химического факультета Дагестанского государственного университета «Фундаментальные проблемы и прикладные аспекты химической науки и образования». Махачкала, 2023. С. 69–73.

24. Тринева О.В., Сливкин А.И. Определения простых сахаров в лекарственном растительном сырье методом высокоэффективной тонкослойной хроматографии (на примере плодов облепихи крушиновидной и листьев крапивы двудомной) // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 215–222. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015122>.
25. Тринева О.В., Сливкин А.И. Изучение углеводного комплекса плодов облепихи крушиновидной различными методами // Вестник Воронежского государственного университета. Серия: Химия. Биология. Фармация. 2020. №2. С. 91–98.
26. Тринева О.В. Сравнительная характеристика определения сахаров различными методами в листьях крапивы двудомной // Разработка и регистрация лекарственных средств. 2020. Т. 9, №2. С. 91–97. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2020-9-2-91-97>.

Поступила в редакцию 30 декабря 2024 г.

После переработки 17 января 2025 г.

Принята к публикации 14 октября 2025 г.

*Dunilin A.D., Trineeva O.V. * INVESTIGATION OF THE POLYSACCHARIDE COMPLEX OF HORSE CHESTNUT FLOWERS (AESCULUS HIPPOCASTANUM L.)*

Voronezh State University, st. Studencheskaya, 3, Voronezh, 394006, Russia, trineevaov@mail.ru

Medicinal plant raw materials have a fairly diverse complex of biologically active substances (BAS). All plant objects contain compounds of primary plant synthesis, for example, carbohydrates (polysaccharides and simple sugars). The group of polysaccharides and simple sugars is not currently considered as a target in the metabolome of horse chestnut flowers. In the available literature, there are few data on the study of the carbohydrate complex of horse chestnut flowers, as well as the prospects for its further use in medicinal plant raw materials (LRS) and medicinal herbal preparations (LRPs).

The aim of the work was to study the polysaccharide complex of horse chestnut flowers in various growing regions.

Results. Gravimetry method revealed that the amount of deposited polysaccharides varied from 5.61 to 12.44% depending on the region of raw material harvesting. The maximum amount of polysaccharides and simple sugars when using a more selective picrin spectrophotometric quantitative determination method was observed in raw materials harvested in the Moscow region (9.02%), the lowest in the Voronezh Region (5.40%). The data obtained can be explained by the different climatic conditions of the regions in which the producing plant is located and the nature of the studied group of BAS, which is the primary product of plant cell metabolism. The complex of simple sugars in horse chestnut flowers from different growing regions was separated by TLC method. The presence of 5 BAS zones of a carbohydrate nature was established, among which glucose was identified. The qualitative composition of sugars does not change depending on the climatic and geographical features of the growing plant, while varying the total total quantitative content of polysaccharides and simple sugars in the raw materials.

Conclusions. Thus, the results of the study indicate the prospects for further studies of the carbohydrate complex of horse chestnut flowers, for which it is necessary to use modern combined physico-chemical methods of analysis.

Keywords: horse chestnut flowers, polysaccharides, simple sugars, gravimetry, differential spectrophotometry, picrin method, thin-layer chromatography

For citing: Dunilin A.D., Trineeva O.V. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2025, no. 4, pp. 291–299. (in Russ.). <https://doi.org/10.14258/jcprm.20250416728>.

References

1. Tangiyeva T.A., Markaryan A.A., Dargayeva T.D., Pupykina K.A. *Bashkirskiy khimicheskiy zhurnal*, 2014, vol. 21, no. 3, pp. 95–98. (in Russ.).
2. Nesterova O.V., Suleymanova F.Sh. *Sbornik statey IV Mezhdunarodnogo nauch-no-issledovatel'skogo konkursa*. [Collection of articles of the IV International Research Competition]. Penza, 2018, pp. 192–194. (in Russ.).
3. Rovkina K.I., Krivoshechikov S.V., Gur'yev A.M., Yusubov M.S., Belousov M.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2019, no. 3, pp. 23–31. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2019035420>. (in Russ.).
4. Fedoseyeva L.M., Myznikova O.A. *Byulleten' meditsinskoy nauki*, 2017, no. 4(8), pp. 39–42. [https://doi.org/10.31684/2541-8475.2017.4\(8\).39-42](https://doi.org/10.31684/2541-8475.2017.4(8).39-42). (in Russ.).
5. Trineeva O.V., Slivkin A.I. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2017, no. 1, pp. 164–169. (in Russ.).
6. Nikulin A.V., Tereshchenko G.S., Potanina O.G. *Voprosy biologicheskoy, meditsinskoy i farma-tsevticheskoy khimii*, 2016, vol. 19, no. 9, pp. 3–7. (in Russ.).

* Corresponding author.

7. Uranova V.V. *Molodezhnyy innovatsionnyy vestnik*, 2023, vol. 12, no. 1, pp. 175–176. (in Russ.).
8. Osipova A.A., Pogotskaya A.A. *Vestnik farmatsii*, 2022, no. 3(97), pp. 29–35. <https://doi.org/10.52540/2074-9457.2022.3.29>. (in Russ.).
9. Gudkova A.A., Shestakova G.Yu., Slivkin A.I., Chistyakova A.S., Agafonov V.A., Chavro P.V. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 107–114. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021038795>. (in Russ.).
10. Kiseleva M.T., Bidarova F.N., Aslanidi Ye.M., Rubayeva Z.V. *Mediko-farmatsevticheskiy zhurnal Pul's*, 2021, vol. 23, no. 4, pp. 96–100. <https://doi.org/10.26787/nydha-2686-6838-2021-23-4-96-100>. (in Russ.).
11. Kakhramanova S.D., Bokov D.O., Samylina I.A. *Farmatsiya*, 2020, vol. 69, no. 8, pp. 5–12. <https://doi.org/10.29296/25419218-2020-08-01>. (in Russ.).
12. Bubenichikova V.N., Nikitin Ye.A. *Farmatsiya*, 2016, vol. 65, no. 7, pp. 25–27. (in Russ.).
13. Shamilov A.A. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2018, no. 3, pp. 271–277. (in Russ.).
14. Kas'yanov Z.V., Gan'kova K.L., Shustov M.V., Gol'dshteyn A.G. *Zdorov'ye i obrazovaniye v XXI veke*, 2018, no. 8, pp. 94–98. (in Russ.).
15. Azimova L.B., Filatova A.V., Turayev A.S., Dzhurabayev D.T. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 115–122. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2021039173>. (in Russ.).
16. Saushkina A.S., Savchenko L.N., Likhota L.N. *Gammermanovskiye chteniya – III: sbornik nauchnykh trudov nauchno-metodicheskoy konferentsii*. [Hammerman Readings - III: collection of scientific papers of the scientific and methodological conference]. St. Petersburg, 2017, pp. 110–113. (in Russ.).
17. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XIV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XIV edition]. Moscow, 2018. URL: <http://femb.ru/femb/pharmacopea.php>. (in Russ.).
18. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii XV izd.* [State Pharmacopoeia of the Russian Federation XV edition]. Moscow, 2023, vol. 1. URL: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/>. (in Russ.).
19. Patent 2642264 (RU). 2018. (in Russ.).
20. Grebenkina T.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2024, no. 3, pp. 242–249. <https://doi.org/10.14258/jcprm.20240313746>. (in Russ.).
21. Sushchenko A.O., Kompantseva Ye.V., Maslovskaya Ye.A., Dement'yeva T.M. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal*, 2022, no. 9, p. 123. (in Russ.).
22. Meshkova A.D., Chernousov Ya.O. *Vestnik Nauki i Tvorchestva*, 2021, no. 7 (67), pp. 16–18. (in Russ.).
23. Balayeva Sh.A., Sultanova D.T., Ramazanov A.Sh. *Sbornik materialov III Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii s mezhdunarodnym uchastiyem, posvyashchennoy 55-letiyu khimicheskogo fakul'teta Dagestanskogo gosudarstvennogo universiteta «Fundamental'nyye problemy i prikladnyye aspekty khimicheskoy nauki i obrazovaniya»*. [Collection of materials of the III All-Russian scientific and practical conference with international participation dedicated to the 55th anniversary of the Chemistry Department of Dagestan State University "Fundamental problems and applied aspects of chemical science and education"]. Makhachkala, 2023, pp. 69–73. (in Russ.).
24. Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 215–222. <https://doi.org/10.14258/jcprm.2020015122>. (in Russ.).
25. Trineyeva O.V., Slivkin A.I. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2020, no. 2, pp. 91–98. (in Russ.).
26. Trineyeva O.V. *Razrabotka i registratsiya lekarstvennykh sredstv*, 2020, vol. 9, no. 2, pp. 91–97. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2020-9-2-91-97>. (in Russ.).

Received December 30, 2024

Revised January 17, 2025

Accepted October 14, 2025

Сведения об авторах

Дунилин Александр Денисович – аспирант,
ad.dunilin@gmail.com

Тринеева Ольга Валерьевна – доктор фармацевтических наук, профессор кафедры фармацевтической химии и фармакогнозии, trineevaov@mail.ru

Information about authors

Dunilin Alexander Denisovich – postgraduate student,
ad.dunilin@gmail.com

Trineeva Olga Valerievna – Doctor of Pharmaceutical Sciences, Professor in the Department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmacognosy, trineevaov@mail.ru