



ОРИГИНАЛЬНЫЕ СТАТЬИ

Научная статья

УДК 615.19

doi: 10.17308/sorpchrom.2024.24/12413

Исследование состава флавоноидов цветков каштана конского различных регионов произрастания

Александр Денисович Дунилин, Ольга Валерьевна Тринеева[✉]

Воронежский государственный университет, Воронеж, Россия, trineevaov@mail.ru[✉]

Аннотация. Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.) растение рода Конский каштан (*Aesculus* L.), семейства Конскокаштановые (*Hippocastanaceae* A.Rich.) является перспективным лекарственным растительным сырьем (ЛРС), широко используемым при различных сосудистых заболеваниях в официальной и народной медицине многих стран. Согласно данным литературы, цветки являются перспективным источником биологически активных веществ (БАВ), в частности веществ флавоноидной природы. В связи с высокой завязываемостью каштана конского, сбор цветков не повлияет на заготовку основного фармакопейного сырья – семян. Данный факт подкрепляет актуальность дальнейших исследований данного ЛРС. Целью работы являлось разделение и сравнительное изучение флавоноидов цветков каштана конского различных регионов произрастания методом ТСХ.

В ходе работы методом дифференциальной спектрофотометрии был установлен размах варьирования количественного содержания данной группы БАВ в сырье (в пересчете на рутин) (от 3.30 до 4.55%). Также были подобраны оптимальные условия хроматографирования: 10 мкл извлечения наносили на пластину марки «Silica gel 60 F254» – размер пластинки 10×15 см, элюент: этилацетат - ледяная уксусная кислота – вода (5:1:1), детектирующий агент – 5% спиртовой раствор алюминия хлорида или 5% спиртовой раствор натрия гидроксида при просмотре в УФ-свете (365 нм). Параллельно хроматографировали по 5 мкл 0.1% стандартных растворов рутина, кверцетина и апигенина. Для анализа хроматограмм использовали методы визуальной оценки и их обработки при помощи компьютерной программы «Денситометр Сорбфил». В данных условиях удаётся достичь оптимального разделения 14 зон БАВ флавоноидной природы, среди которых идентифицированы рутин, кверцетин и апигенин. Полученные данные показали, что при заготовке цветков от каштана конского, произрастающего в различных эколого-географических условиях, качественный состав флавоноидов не меняется, однако значительно отличается по количественному содержанию отдельных компонентов в сумме, что можно проследить по размеру отдельных зон и интенсивности их флуоресценции. Подобранный ТСХ-методика разделения флавоноидов и идентификации изучаемого сырья по виду хроматографического профиля показала воспроизводимость величин R_f зон флавоноидов на треках извлечений из цветков, заготовленных в различных регионах РФ.

Изучение объектов исследования методом инфракрасной спектроскопии (ИК) проведены с помощью ИК-Фурье-спектрометр VERTEX 70 методом НПВО и последующей обработкой программой OMNIC или GRAMS 4/32. Вне зависимости от региона заготовки цветков каштана конского в ИК-спектрах имеются сходные области полос поглощения по положению, что говорит о воспроизводимости вида спектра. Взаимосвязи вида ИК-спектра цветков и интенсивности отдельных полос поглощения с присутствием определенных флавоноидов в сырье не выявлено.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать унифицированные критерии оценки качества данного сырья для будущего проекта ФС «Цветки каштана конского обыкновенного»: по показателю «Количественное определение» суммы флавоноидов в пересчете на рутин не менее 2%. «Определение основных групп биологически активных веществ. Тонкослойная хроматография»: на хроматограмме испытуемого раствора должны обнаруживаться зоны адсорбции зеленовато-голубого цвета на уровне зон адсорбции стандартных образцов рутина и кверцетина; допускается обнаружение других зон адсорбции флавоноидов.

Ключевые слова: профиль флавоноидов, цветки каштана конского, ТСХ.

Для цитирования: Дунилин А.Д., Тринеева О.В. Исследование состава флавоноидов цветков каштана конского различных регионов произрастания // *Сорбционные и хроматографические процессы*. 2024. Т. 24, № 4. С. 581-591. <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12413>



Original article

Investigation of the composition of flavonoids of horse chestnut flowers in various growing regions

Alexander D. Dunilin, Olga V. Trineeva 

Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, trineevaov@mail.ru 

Abstract. Horse chestnut (*Aesculus hippocastanum* L.), a plant of the horse chestnut (*Aesculus* L.) species from the horse-chestnut family (Hippocastanaceae A.Rich.), is a promising medicinal plant material (MPM), widely used for various vascular diseases in official and traditional medicine in many countries. According to previous studies, its flowers are a promising source of biologically active substances (BAS), in particular substances with a flavonoid nature. Due to the high set of horse chestnut, the collection of flowers does not affect the procurement of seeds, the main pharmacopeial raw material. This fact contributes to the relevance of further research of this MPM. The goal of the work was to separate and comparatively study the flavonoids of horse chestnut flowers from different regions of growth using TLC.

During the study, we established the range of variation of the quantitative content of this group of BAS in the raw materials (in terms of rutin) using the method of differential spectrophotometry (from 3.30 to 4.55%). Optimal chromatography conditions were also found: 10 μ l of the extract were applied to a Silica gel 60 F254 plate sized 10 \times 15 cm; eluent: ethyl acetate – glacial acetic acid – water (5: 1: 1); detecting agent: 5% alcoholic solution of aluminium chloride or 5% alcoholic solution of sodium hydroxide under UV light (365 nm). At the same time, 5 μ l of 0.1% standard solutions of rutin, quercetin, and apigenin were chromatographed. To analyse the chromatograms, visual assessment and processing methods were applied using the Sorbfil Densitometer software. In these conditions, it was possible to achieve optimal separation of 14 zones of flavonoid BAS, among which we identified rutin, quercetin, and apigenin. The obtained data showed that when flowers were harvested from the horse chestnut growing in different ecological and geographical conditions, the qualitative composition of flavonoids did not change, although it differed significantly in the quantitative content of individual components in total, which could be traced by the size of individual zones and the intensity of their fluorescence. The selected TLC method for separating flavonoids and identifying the studied raw materials by the type of chromatographic profile showed the reproducibility of the R_f values of flavonoid zones on the tracks of extracts from flowers harvested in different regions of the Russian Federation.

The research objects were studied by IR spectroscopy using the VERTEX 70 FTIR spectrometer with an ATR unit and subsequently processed with the OMNIC or GRAMS 4/32 software.

Regardless of the region of procurement of horse chestnut flowers, the IR spectra had similar areas of absorption bands by position, which indicated the reproducibility of the spectrum type. We found no relationship between the type of IR spectrum of flowers and the intensity of individual absorption bands with the presence of certain flavonoids in the raw materials.

Based on the conducted studies, unified criteria can be recommended for assessing the quality of this raw material for the future project of the “Common Horse Chestnut Flowers” pharmacopeial item: according to the “Quantitative determination” indicator of the amount of flavonoids in terms of rutin was not less than 2%. “Determination of the main groups of biologically active substances. Thin-layer chromatography”: the chromatogram of the tested solution should show greenish-blue adsorption zones at the level of the adsorption zones of standard samples of rutin and quercetin; other adsorption zones of flavonoids can also be detected.

Keywords: flavonoid profile, horse chestnut flowers, TLC.

For citation: Dunilin A.D., Trineeva O.V. Investigation of the composition of flavonoids of horse chestnut flowers in various growing regions. *Sorbtsionnye i khromatograficheskie protsessy*. 2024. 24(4): 581-591. (In Russ.). <https://doi.org/10.17308/sorpchrom.2024.24/12413>

Введение

Каштан конский (*Aesculus hippocastanum* L.) растение рода Конский каштан (*Aesculus* L.), семейства Конскокаштановые (*Hippocastanaceae* A.Rich.) является

перспективным лекарственным растительным сырьем (ЛРС), широко используемым при различных сосудистых заболеваниях в официальной и народной медицине многих стран [1-6]. Фармакопейным сырьем на данный момент являются семена каштана конского [7], в народной



медицине используют также цветки, листья, кору и коробочки каштана. С середины 20 века стартовало обширное промышленное производство флеботоников на основе каштана конского. Анализ национального фармацевтического рынка показал, что зарегистрировано достаточно небольшое количество ЛП на основе каштана конского. Доля зарубежных стран в общей структуре производителей является преобладающей – 62%. Ассортимент зарегистрированных препаратов, в состав которых входит комплекс БАВ семян каштана конского, представлен различными лекарственными формами (ЛФ), преимущественно это гели для наружного применения и таблетки [8].

Согласно литературным данным известно, что в цветках каштана конского содержатся флавоноиды, а также другие группы биологически активных веществ (БАВ). Флавоноиды – обширная группа полифенольных антиоксидантов, являющихся вторичными метаболитами, встречающимися преимущественно в наземной части растений. Данная группа химических соединений оказывает благотворное влияние на организм человека, в частности укрепляя стенки капилляров. Данное свойство важно при лечении заболеваний вен, связанных с увеличением проницаемости их стенки [9-18]. В связи с высокой завязываемостью каштана конского, сбор цветков с части растения не повлияет на заготовку основного фармакопейного сырья – семян. Кроме того, снижение количества плодов на одном дереве приведет к их полному вызреванию, т.к. данное дерево часто сбрасывает недозревшие плоды, при их большом количестве. Нормативная документация (НД) на данный вид сырья в настоящее время не разработана. Следовательно, при комплексном изучении фитохимического состава цветков актуальным следует считать исследование состава флавоноидов и их количественного определения для последующего включения в проект ФС на данное растительное сырье.

Целью работы являлось разделение и сравнительное изучение флавоноидов цветков каштана конского различных регионов произрастания методом ТСХ.

Экспериментальная часть

Объектом исследования служили высушенные воздушно-теньевым методом цветки каштана конского обыкновенного, заготовленные в Петрозаводском округе, Ленинградской, Московской, Воронежской, Волгоградской областях и Ставропольском крае во время цветения в 2023 году. Выбор регионов заготовки сырья был обусловлен, во-первых, традиционным естественным ареалом культивирования данного растения, а во-вторых, необходимостью оценки влияния совокупности природных факторов окружающей среды на накопление флавоноидов в цветках.

Для определения суммы флавоноидов адаптировали известную фармакопейную методику их количественного анализа методом дифференциальной спектрофотометрии [7]. В предыдущих исследованиях [19] нами были подобраны оптимальные условия извлечения суммы флавоноидов из данного ЛРС.

Хроматографирование 10 мкл извлечения (n=3-5) осуществляли на пластинках марки «Silica gel 60 F254» на алюминиевой подложке («Мерк», Германия) в ранее подобранном элюенте: этилацетат - ледяная уксусная кислота – вода (5:1:1), детектируя пластины 5% спиртовым раствором алюминия хлорида или 5% спиртовым раствором натрия гидроксида при просмотре в УФ-свете (365 нм). Параллельно хроматографировали по 5 мкл 0.1% стандартных растворов рутин, кверцетин и апигенин (ЗАО «Вектон», СПб, Россия, степень чистоты не менее 99%).

Изучение объектов исследования методом ИКС проведены с помощью научно-технической базы Центра коллективного пользования научным оборудо-

Таблица 1. Содержание суммы флавоноидов в цветках каштана конского различных регионов произрастания, в пересчете на рутин (%)

Table 1. The content of the amount of flavonoids in horse chestnut flowers growing in different regions, in terms of rutin (%)

№ п/п	Регион произрастания	Сумма флавоноидов, %
1	Петрозаводский городской округ	3.41 ± 0.11
2	Ленинградская область	4.46 ± 0.14
3	Московская область	3.30 ± 0.11
4	Воронежская область	3.30 ± 0.11
5	Волгоградская область	3.53 ± 0.11
6	Ставропольский край	4.55 ± 0.15

ванием ВГУ. Предварительная пробоподготовка заключалась в измельчении ЛРС до размера частиц, проходящих сквозь сито с диаметром отверстий 0.5 мм. ИК-спектры были получены на приборе ИК-Фурье-спектрометр VERTEX 70 (Bruker, Германия) методом НПВО и последующей обработкой программой OMNIC или GRAMS 4/32. Спектры НПВО получали на стандартной приставке с горизонтальным расположением элемента и устройством поджатия порошкообразных проб, что позволяло получать хорошо выраженные спектры при полном контакте образца со всей рабочей поверхностью кристалла.

Обсуждение результатов

На первом этапе работы было определено содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в цветках каштана конского различных регионов произрастания по ранее разработанной методике [19] (таблица 1). Содержание флавоноидов в зависимости от региона варьировало от 3.30 до 4.55%. Наибольшее содержание флавоноидов в пересчете на рутин было обнаружено в цветках, заготовленных в Ставропольском крае (4.55%). В результате расчета метрологических характеристик разработанной методики (на примере цветков каштана конского, произрастающих на территории Воронежской области) установлено, что относительная ошибка с доверительной вероятностью 95% (n=6) составила 3.24%, т.е. находится в пределах случайной ошибки.

Для исследования состава в цветках каштана конского отдельных флавоноидов в общей сумме, нами было проведено их разделение методом ТСХ. Также представлялось интересным оценить вариабельность состава данной фракции БАВ в зависимости от совокупности эколого-географических факторов региона произрастания (рис. 1). При длине пробега подвижной фазы до 10 см на треке при визуальной обработке обнаруживалось присутствие 13 зон БАВ флавоноидной природы, среди которых идентифицированы рутин, кверцетин и апигенин (рис. 1).

При визуальной оценке треков с большим количеством разделяемых компонентов смеси с близкими значениями величин R_f возможны неточности, поэтому для расчета хроматографических параметров использовали компьютерную программу «Денситометр Сорбфил» (ООО «Имид», Краснодар). Расчет значений R_f при помощи данной программы считается более правильным, так как центр зоны не всегда совпадает с визуальным (таблица 2). Эффективность разделения зон флавоноидов цветков каштана конского в использованной элюирующей системе может считаться удовлетворительной при длине пробега подвижной фазы не менее 13-14 см, т.к. разрешение двух соседних хроматографических зон (R) больше 1.5 (табл. 2 и рис. 2).

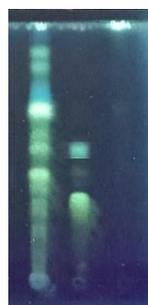
Кроме того, увеличение длины пробега элюента до 14 см привело к появлению 14 зон флавоноидов, что может быть связано с тем, что в рамках одной зоны

Таблица 2. Параметры селективности хроматографического разделения флавоноидов цветков каштана конского (ВЭТСХ «Silica gel 60 F254»; проявитель - 5% спиртовой раствор алюминия хлорида) по данным программы «Денситометр Сорбфил» (на примере извлечения из цветков, заготовленных на территории Воронежской области)

Table 2. Efficiency parameters of the chromatographic separation of horse chestnut flower flavonoids (HPTLC “Silica gel 60 F254”; developer – 5% alcoholic solution of aluminium chloride) according to the Sorbfil Densitometer program (using the example of extract from flowers harvested in the Voronezh region)

Пик	этилацетат-ледяная уксусная кислота-вода (5:1:1)						Цвет зоны в УФ-свете
	10×10 см			10×15 см			
	$R_f \pm 0.02$	α^*	R^{**}	$R_f \pm 0.02$	α^*	R^{**}	
1	0.02	49	2.04	0.02	49	2.04	голубовато-зеленый
2	0.04	24	2.09	0.04	24	2.09	
3	0.08	11.5	3.25	0.08	11.5	1.72	зеленоватый
4	0.22	3.54	1.44	0.13	6.69	1.67	
5	0.29	2.45	1.10	0.20	4.0	1.50	голубовато-зеленый
6	0.31	2.23	1.37	0.27	2.7	1.52	
7	0.38	1.63	1.18	0.36	1.78	1.20	зеленоватый
8	0.42	1.38	1.44	0.40	1.5	1.90	
9	0.51	0.96	1.78	0.58	0.79	1.52	голубовато-зеленый
10	0.65	0.54	2.16	0.66	0.52	1.27	
11	0.8	0.25	1.56	0.71	0.41	1.50	синий
12	0.86	0.16	3.20	0.78	0.28	1.56	
13	0.95	0.05		0.85	0.18	6.0	ярко-голубой
14	-	-	-	0.97	0.03		Желто-зеленый

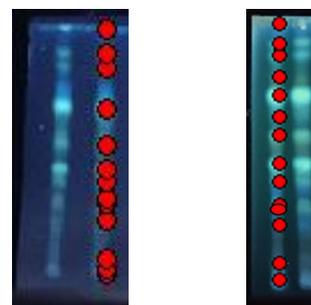
* α – селективность разделения; **R – разрешение двух хроматографических зон [20,21].



1 2 3

Рис. 1. Вид разделения зон флавоноидов методом ТСХ (1 – 10 мкл извлечения из цветков каштана конского обыкновенного, заготовленного на территории Воронежской области; 2 – 5 мкл смеси 0,1% стандартных растворов рутина и кверцетина; 3 – 5 мкл стандартного раствора апигенина)

Fig. 1. Type of separation of flavonoid zones by TLC (1–10 μ l of extract from common horse chestnut flowers harvested in the Voronezh region; 2–5 μ l of a mixture of 0.1% standard solutions of rutin and quercetin; 3–5 μ l of a standard solution of apigenin)



а б

Рис. 2. Количество зон флавоноидов, распознанных программой «Денситометр Сорбфил» на треках (а – размер пластинки 10×10 см; б - размер пластинки 10×15 см) (на примере извлечения из цветков, заготовленных на территории Воронежской области)

Fig. 2. The number of flavonoid zones recognized by the Sorbfil Densitometer program on the tracks (a – plate size 10×10 cm; b – plate size 10×15 cm) (using the example of extracts from flowers harvested in the Voronezh region)

могло быть два вещества с близкими значениями величин R_f в данных условиях хроматографирования. В связи с чем

предложенная ТСХ-методика может быть рекомендована для включения в современную НД.

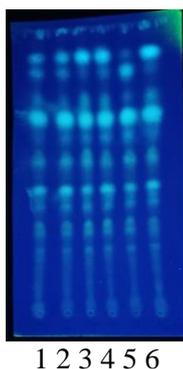


Рис. 3. Вид разделения зон флавоноидов извлечений из цветков каштана конского, заготовленных в различных регионах РФ методом ТСХ (1 – Воронежская область; 2 – Ленинградская область; 3 – Ставропольский край; 4 – Московская область; 5 – Петрозаводский городской округ; 6 – Волгоградская область)

Fig. 3. Type of separation of flavonoid zones of extracts from horse chestnut flowers harvested in different regions of the Russian Federation by TLC (1 – Voronezh region; 2 – Leningrad region; 3 – Stavropol region; 4 – Moscow region; 5 – Petrozavodsk urban district; 6 – Volgograd region)

Таблица 3. Сравнительные данные по содержанию флавоноидов в извлечениях из цветков каштана конского по данным оценки площади хроматографической зоны

Table 3. Comparative data on the content of flavonoids in extracts from horse chestnut flowers based on the assessment of the area of the chromatographic zone

Пик	S мкм ²					
	Воронежская область	Ленинградская область	Ставропольский край	Московская область	Петрозаводский городской округ	Волгоградская область
1	91200	15000	17750	12000	11300	8356
2	9860	11700	34250	15210	27100	9360
3	10350	41000	12750	11100	17350	11670
4	57100	23700	37900	10100	8750	20000
5	70900	51050	44500	8900	53300	61300
6	78100	86150	67300	36450	75250	80800
7	204800	100150	70100	116000	84500	170800
8	144000	204500	136150	64200	124700	166750
9	49500	157100	44800	53900	183250	98300
10	266400	83700	90050	112360	107260	332600
11	80800	253000	103500	89000	211850	167600
12	133100	75550	11500	12350	36900	79750
13	129250	54700	106250	144600	148800	290250
14	67200	46800	24350	16900	7950	23400

Известно, что накопление фенольных соединений (флавоноидов в частности) в растениях вариабельно и определяется не только генетическими особенностями вида, но и зависит от различных факторов внешней среды. Так, интересным представлялось изучить профиль данных БАВ цветков, заготовленных от производящего растения в различных регионах произрастания (рис. 3) с целью научного

обоснования требования к виду хроматографического профиля разделения флавоноидов данного ЛРС.

Полученные данные показали, что при заготовке цветков от каштана конского, произрастающего в различных эколого-географических условиях, качественный состав флавоноидов не меняется (таблица 3), однако значительно отличается по количественному содержанию отдельных

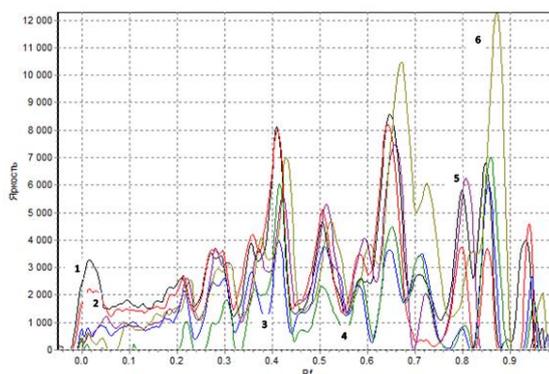


Рис. 4. Аналоговые кривые треков разделения флавоноидов извлечений из цветков каштана конского, заготовленных в различных регионах РФ (1 – Воронежская область; 2 – Ленинградская область; 3 – Ставропольский край; 4 – Московская область; 5 – Петрозаводский городской округ; 6 – Волгоградская область)

Fig. 4. Analogue track curves of separation of flavonoid zones of extracts from horse chestnut flowers harvested in different regions of the Russian Federation by TLC (1 – Voronezh region; 2 – Leningrad region; 3 – Stavropol region; 4 – Moscow region; 5 – Petrozavodsk urban district; 6 – Volgograd region)

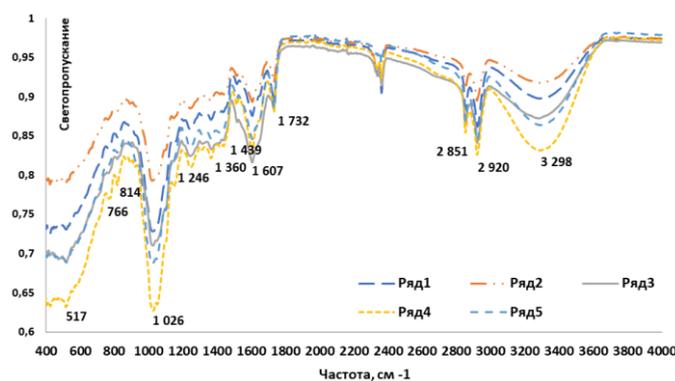


Рис. 5. Вид ИК-спектров изучаемых цветков, заготовленных в различных регионах произрастания на территории РФ в среднем диапазоне частот (1 – Ленинградская область; 2 – Ставропольский край; 3 – Волгоградская область; 4 – Воронежская область; 5 – Московская область)

Fig. 5. Type of IR spectra of the studied flowers harvested in different regions of growth in the Russian Federation in the medium frequency range (1 – Leningrad region; 2 – Stavropol region; 3 – Volgograd region; 4 – Voronezh region; 5 – Moscow region)

компонентов в сумме, что можно проследить по размеру отдельных зон и интенсивности их флуоресценции.

Подобранная ТСХ-методика разделения флавоноидов и идентификации изучаемого сырья по виду хроматографического профиля показала воспроизводимость величин R_f зон флавоноидов на треках извлечений из цветков, заготовленных в различных регионах РФ (рис. 4)

На завершающем этапе оценивали возможность применения ИК-спектроско-

пии для выявления влияния климатических факторов произрастания растений на вид ИК-спектра, как совокупность полос поглощения, обусловленных присутствием комплекса БАВ в сырье, в т.ч. флавоноидов. Анализ спектров показывает, что вне зависимости от региона заготовки цветков каштана конского в ИК-спектрах имеются сходные области полос поглощения по положению, что говорит о воспроизводимости вида спектра (рис.

Таблица 4. Характеристические частоты поглощения в полученных ИК-спектрах изучаемого ЛРС

Table 4. Characteristic absorption frequencies in the obtained IR spectra of the studied MPM

Диапазон частот на спектрах ЛРС	ν, см ⁻¹ (на спектрах)					Функциональная группа	Тип колебаний
	Воронежская обл.	Ставропольский край	Ленинградская обл.	Волгоградская обл.	Московская обл.		
3600-3200	3288	3282	3282	3280	3282	Фенольный гидроксил в межмолекулярных водородных связях	валентные колебания О-Н 3400-3200 (полиассоциаты)
2960-2850	2920 2850	2918 2850	2920 2850	2920 2850	2920 2850	C-CH ₃ C-CH ₂	валентные колебания связей
2000-1600	1731	1731	1733	1730	1731	(NH ₃ ⁺)	деформационные, аминокислотная полоса I
	1604	1604	1606	1604	1606		деформационные, аминокислотная полоса II
1556-1512	1516	1515	1514	1515	1514	-HC=CH-	валентные колебания связи C=C ароматического ядра
1460-1450	1438 1415	1438 1415	1436 1417	1438 -	- 1411	C-CH ₃ C-CH ₂	асимметрические деформационные колебания групп
1380-1300	1365 1315	1363 1315	1365 1317	1367 1313	1367 1309		симметрические деформационные колебания групп
1280-1010	1247 1149 1051 1028 916 894	1244 1153 - 1022 - 889	1244 - - 1028 - -	1238 1128 1099 1024 - -	1244 1141 1099 1014 927 -	C-OH	симметрические и ассимметрические колебания валентных связей C-O
840-800	868 817	- 821	- 815	- 815	- 819	=CH -C=C- (цис-)	деформационное, =C-H валентное, CH
750-720	769	761	761	765	759	C-H	деформационное, - C-H
580-400	516 - 426	516 - -	518 - 426	518 472 422	518 464 -		

5). На спектре группы полос различаются, в основном, своей интенсивностью, что определяется, скорее всего, неодинаковым накоплением различных групп БАВ в сырье (таблица 4).

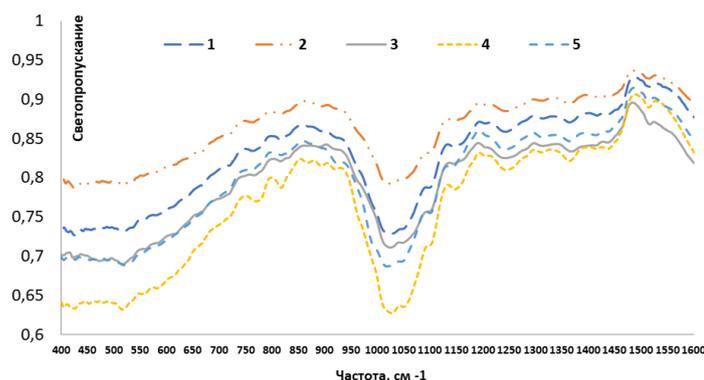


Рис. 6. Вид ИК-спектров изучаемых цветков, заготовленных в различных регионах произрастания на территории РФ в области «отпечатков пальцев» (1 – Ленинградская область; 2 – Ставропольский край; 3 – Волгоградская область; 4 – Воронежская область; 5 – Московская область)

Fig. 6. Type of IR spectra of the studied flowers harvested in different regions of growth in the Russian Federation in the area of “fingerprints” (1 – Leningrad region; 2 – Stavropol region; 3 – Volgograd region; 4 – Voronezh region; 5 – Moscow region)

Однако по виду ИК-спектра однозначно определить регион произрастания сырья не представляется возможным даже при интерпретации линий в области «отпечатков пальцев» (рис. 6). Полученные данные, в целом, свидетельствуют о схожести химического состава сырья одного вида растения, произрастающего в различных эколого-географических условиях на территории РФ.

Заключение

Таким образом, определено количественное содержание суммы флавоноидов в пересчете на рутин в цветках каштана конского различных регионов произрастания. Установлен размах варьирования количественного содержания данной группы БАВ в сырье (от 3.30 до 4.55%). Проведено разделение суммы флавоноидов в цветках каштана конского различных регионов произрастания методом ТСХ. Установлено присутствие 14 зон БАВ флавоноидной природы, среди которых идентифицированы рутин, кверцетин и апигенин. При заготовке цветков от каштана конского, произрастающего в различных эколого-географических условиях, качественный состав флавоноидов

не меняется, однако значительно отличается по количественному содержанию отдельных компонентов в сумме. Вне зависимости от региона заготовки цветков каштана конского в ИК-спектрах имеются сходные области полос поглощения по положению, что говорит о воспроизводимости вида спектра. Взаимосвязи вида ИК-спектра цветков и интенсивности отдельных полос поглощения с присутствием определенных флавоноидов в сырье не выявлено.

На основании проведенных исследований можно рекомендовать унифицированные критерии оценки качества данного сырья для будущего проекта ФС «Цветки каштана конского обыкновенного»: по показателю «Количественное определение» суммы флавоноидов в пересчете на рутин не менее 2%. «Определение основных групп биологически активных веществ. Тонкослойная хроматография»: на хроматограмме испытуемого раствора должны обнаруживаться зоны адсорбции зеленовато-голубого цвета на уровне зон адсорбции стандартных образцов рутина и кверцетина; допускается обнаружение других зон адсорбции флавоноидов.



Конфликт интересов

Авторы заявляют, что у них нет известных финансовых конфликтов интересов

Список литературы/References

1. Bielarska AM, Jasek JW, Kazmierczak R, Hallmann E. Red horse chestnut and horse chestnut flowers and leaves: A potential and powerful source of polyphenols with high antioxidant capacity. *Molecules*. 2022; 27(7): 2279. <https://doi.org/10.3390/molecules27072279>

2. Owczarek A., Kołodziejczyk-Czepas J., Marczuk P., Siwek J., Wąsowicz K., Olszewska M.A. Bioactivity potential of *Aesculus hippocastanum* L. flower: Phytochemical profile, antiradical capacity and protective effects on human plasma components under oxidative/nitrative stress in vitro. *Pharmaceuticals (Basel)*. 2021; 14(12): 1301. <https://doi.org/10.3390/ph14121301>

3. Belov P.V. Farmakognosticheskoe issledovanie kashtana konskogo obyknovennogo (*Aesculus hippocastanum* L.) kak perspektivnogo istochnika biologi-cheski aktivnykh veshchestv : spetsial'nost' 14.04.02 «Farmatsevticheskaya khimiya, farmakognoziya»: dissertatsiya na soiskanie uchenoi stepeni kandidata farmatsevticheskikh nauk, 2020. 164 p. (In Russ.)

4. Idris S., Mishra A., Khushtar M. Phytochemical, ethanomedicinal and pharmacological applications of escin from *Aesculus hippocastanum* L. towards future medicine. *J Basic Clin Physiol Pharmacol*. 2020; 31(5). <https://doi.org/10.1515/jbcpp-2019-0115>

5. Owczarek A., Kołodziejczyk-Czepas J., Woźniak-Serwata J., Magiera A., Kobiela N., Wąsowicz K., Olszewska M.A. Potential activity mechanisms of aesculus hippocastanum bark: Antioxidant effects in chemical and biological in vitro models. *Antioxidants (Basel)*. 2021; 10(7): 995. <https://doi.org/10.3390/antiox10070995>

6. Sokolovskaja M.S. Himicheskij sostav i svojstva kashtana konskogo (*Aesculus* L.). primeneniye ego komponentov v

или личных отношений, которые могли бы повлиять на работу, представленную в этой статье.

medicine, Modern scientific research: current issues, achievements and INNOVATIONS: collection of articles of the XVI International Scientific and Practical Conference, Penza, 2021: 288-292. (In Russ.)

7. Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiiskoi Federatsii. The State Pharmacopoeia of the Russian Federation. ed. 15. Moscow, 2023. V. 1. Available at: <http://pharmacopoeia.regmed.ru/pharmacopoeia/izdanie-15/> (accessed 03 May 2024).

8. Zanina I.A., Dunilin A.D., Chistyakova A.S., Evsikov F.D. Analiz rynka lekarstvennykh preparatov, soderzhashchikh syr'e kashtana konskogo. *J. of Pharmaceuticals Quality Assurance Issues*, 2023; 1(39): 37-42. (In Russ.) <https://doi.org/10.34907/JPQAI.2023.44.69.005>

9. Mustafa S., Akbar M., Khan M.A., Sunita K., Parveen S., Pawar J.S., Massey S., Agarwal N.R., Husain S.A. Plant metabolite diosmin as the therapeutic agent in human diseases. *Curr Res Pharmacol Drug Discov*. 2022; 13: 3. <https://doi.org/10.1016/j.crphar.2022.100122>

10. Hasan S., Khatri N., Rahman Z.N., Menezes A.A., Martini J., Shehjar F., Mujeeb N., Shah Z.A. Neuroprotective potential of flavonoids in brain disorders. *Brain Sci*. 2023; 13(9): 1258. <https://doi.org/10.3390/brainsci13091258>

11. Al-Khayri J.M., Sahana G.R., Nagella P., Joseph B.V., Alessa F.M., Al-Mssallem M.Q. Flavonoids as potential anti-inflammatory molecules: A review. *Molecules*. 2022; 27(9): 2908. <https://doi.org/10.3390/molecules27092901>

12. Ullah A., Munir S., Badshah S.L., Khan N., Ghani L., Poulson B.G., Emwas A.H., Jaremko M. Important flavonoids and their role as a therapeutic agent. *Molecules*. 2020; 25(22): 5243. <https://doi.org/10.3390/molecules25225243>



13. Popiolek-Kalisz J., Fornal E. The impact of flavonols on cardiovascular risk. *Nutrients*. 2022; 14(9): 1973. <https://doi.org/10.3390/nu14091973>
14. Barreca M.M., Alessandro R., Corrado C. Effects of flavonoids on cancer, cardiovascular and neurodegenerative diseases: Role of NF- κ B signaling pathway. *Int J Mol Sci*. 2023; 24(11): 9236. <https://doi.org/10.3390/ijms24119236>
15. Zou J., Wang J., Ye W., Lu J., Li C., Zhang D., Ye W., Xu S., Chen C., Liu P., Liu Z. Citri reticulatae pericarpium (Chenpi): A multi-efficacy pericarp in treating cardiovascular diseases. *Biomed Pharmacother*. 2022; 154. <https://doi.org/10.1016/j.biopha.2022.113626>
16. Tan Y.Q., Lin F., Ding Y.K., Dai S., Liang Y.X., Zhang Y.S., Li J., Chen H.W. Pharmacological properties of total flavonoids in *Scutellaria baicalensis* for the treatment of cardiovascular diseases. *Phytomedicine*. 2022; 107: 154458. <https://doi.org/10.1016/j.phymed.2022.154458>
17. Ohishi T., Miyoshi N., Mori M., Sagara M., Yamori Y. Health effects of soy isoflavones and green tea catechins on cancer and cardiovascular diseases based on urinary biomarker levels. *Molecules*. 2022; 27(24): 8899. <https://doi.org/10.3390/molecules27248899>
18. Mutha R.E., Tatiya A.U., Surana S.J. Flavonoids as natural phenolic compounds and their role in therapeutics: an overview. *Futur J Pharm Sci*. 2021; 7(1): 25. <https://doi.org/10.1186/s43094-020-00161-8>
19. Dunilin A.D., Chistyakova A.S. Izuchenie flavonoidov tsvetkov kashtana konskogo obyknovennogo, 90 years - from a plant to a medicinal product: achievements and prospects: Collection of materials of the jubilee international scientific conference, Moscow, June 10-11, 2021. Moscow: Federal State Budgetary Scientific Institution «All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants», 2021: 196-200. (In Russ.) https://doi.org/10.52101/9785870191003_2021_196
20. Geiss F. Osnovy tonkosloinoi khromatografii. M., Mir. 1999. 405 p. (In Russ.)
21. Rudakov O.B., Vostrov I.A., Fedorov S.V. i dr. Sputnik khromatografista. Metody zhidkostnoi khromatografii. Voronezh, Izd-vo «Vodolei». 2004. 528 p. (In Russ.)

Информация об авторах / Information about the authors

А.Д. Дунилин – инженер-химик, аспирант 1-го года обучения кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

О.В. Тринева – профессор кафедры фармацевтической химии и фармацевтической технологии фармацевтического факультета, д.ф.н., доцент, ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Воронеж, Россия

A.D. Dunilin – Chemical Engineer, 1st year post-graduate student of the department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: ad.dunilin@gmail.com, ORCID <https://orcid.org/0000-0001-6792-6877>

O.V. Trineeva – grand Ph.D (pharmacy), professor, department of Pharmaceutical Chemistry and Pharmaceutical Technology of the Pharmaceutical Faculty, Voronezh State University, Voronezh, Russian Federation, e-mail: trineevaov@mail.ru, ORCID <https://orcid.org/0000-0002-1421-5067>

Статья поступила в редакцию 09.05.2024; одобрена после рецензирования 12.07.2024; принята к публикации 17.07.2024.

The article was submitted 09.05.2024; approved after reviewing 12.07.2024; accepted for publication 17.07.2024.