



Выделение, идентификация и количественное определение флавоноидов из цветков клекачки перистой

А. Ю. Соколова^{1,2}✉, А. М. Полуянов^{1,2,4}, А. И. Бардаков²,
С. С. Сологова², Н. В. Бобкова^{2,3}

¹ Общество с ограниченной ответственностью «Сайнтифик Комплайнс». 117638, Россия, г. Москва, Симферопольский бульвар, д. 8., помещ. 1/2

² Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет). 119991, Россия, г. Москва, ул. Трубецкая, д. 8, стр. 2

³ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова» (МГУ имени М. В. Ломоносова). Факультет фундаментальной медицины. 119192, Россия, г. Москва, Ломоносовский пр-т, д. 27, корп. 1

⁴ Общество с ограниченной ответственностью «Центр фармацевтической аналитики» (ООО «ЦФА»). 117638, Россия, г. Москва, Симферопольский бульвар, д. 8

✉ Контактное лицо: Соколова Анна Юрьевна. E-mail: a.sokolova@scientific-compliance.ru

ORCID: А. Ю. Соколова – <https://orcid.org/0000-0002-7500-5880>; А. М. Полуянов – <https://orcid.org/0000-0002-9960-6699>;

А. И. Бардаков – <https://orcid.org/0000-0002-4749-3231>; С. С. Сологова – <https://orcid.org/0000-0002-8526-7147>;

Н. В. Бобкова – <https://orcid.org/0000-0003-1591-4019>.

Статья поступила: 05.04.2024

Статья принята в печать: 03.05.2024

Статья опубликована: 08.05.2024

Резюме

Введение. Поиск новых видов растений, содержащих биологически активные вещества (далее – БАВ), является одной из ведущих задач фармакогнозии как науки. Особенно актуален поиск в растительном сырье гликозидов флавоноидов, так как они обладают противовоспалительным, антиоксидантным, иммуностимулирующим, а также слабым фунгицидным и бактериостатическим действием. Клекачка перистая (лат. *Staphylea pinnata* L.) – эндемичное растение Кавказа, культивируемое не только в Грузии, но и Российской Федерации на Северном и Северо-Западном Кавказе. В зарубежной литературе существуют исследования антиоксидантной, антипролиферативной и цитотоксической активности экстрактов листьев нескольких видов клекачки, а также ингибирующей активности образования ЦОГ-1, ЦОГ-2 и LTВ4. Между тем серьезных русскоязычных научных исследований генеративных органов *S. pinnata* ни по химическому составу, ни по фармакологическому действию в литературе обнаружено не было. Данная работа является частью комплексного фитохимического исследования *S. pinnata*. Цель работы – изучение качественного и количественного состава флавоноидов в изучаемом объекте.

Цель. Выделение, идентификация и количественное определение флавоноидов в цветках и бутонах клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.).

Материалы и методы. В качестве анализируемых растворов использовали спиртоводные извлечения из высушенных генеративных органов изучаемого растения. Растворы анализировали на спектрофотометре СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия) после пробоподготовки с алюминия хлоридом и на ВЭЖХ Nexera-i LC-2040 (Shimadzu Corporation, Япония), оснащенном термостатом колонок и образцов, дегазатором и автосамплером, по индивидуально подобранному градиенту элюирования подвижной фазы (0,1%-й раствор ортофосфорной кислоты / ацетонитрил). Обработку первичных данных проводили при помощи программного обеспечения LabSolutions Single LC (Shimadzu Corporation, Япония). Соединения из группы флавоноидов идентифицировали по временам удерживания. Детектирование проводилось с помощью УФ-детектора с длиной волны поглощения 365 ± 2 нм.

Результаты и обсуждение. Были получены спиртоводные извлечения из цветков и бутонов клекачки перистой (лат. *Staphylea pinnata* L.). Проведена количественная оценка методом спектрофотометрии на содержание флавоноидов. Подобран градиентный режим элюирования для ВЭЖХ с целью одновременного определения 7 гликозидов флавоноидов. Данные хроматографические условия позволили идентифицировать и оценить количественное содержание астрагалина, цинарозида, космосиина, нарциссина и рутина в цветках и бутонах клекачки перистой (лат. *Staphylea pinnata* L.). Гликозиды флавоноидов рапontiцин и кемпферол обнаружены не были.

Заключение. Из генеративных органов клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.) были выделены гликозиды флавоноидов, разработана методика количественного определения гликозидов флавоноидов в спиртоводных извлечениях, обнаружены и количественно определены астрагалин, цинарозид, космосин, нарциссин и рутин.

Ключевые слова: флавоноиды, ВЭЖХ-УФ, спектрофотометрия, цветки, бутоны, *Staphylea pinnata* L., клекачка перистая

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. А. Ю. Соколова, А. М. Полуянов, Н. В. Бобкова придумали и разработали эксперимент. А. М. Полуянов, А. Ю. Соколова провели исследования методами спектрофотометрии и высокоэффективной хроматографии. А. М. Полуянов, А. И. Бардаков и А. Ю. Соколова участвовали в обработке данных. А. Ю. Соколова, С. С. Сологова и А. М. Полуянов участвовали в написании текста статьи. Все авторы участвовали в обсуждении результатов.

Для цитирования: Соколова А. Ю., Полуянов А. М., Бардаков А. И., Сологова С. С., Бобкова Н. В. Выделение, идентификация и количественное определение флавоноидов из цветков клекачки перистой. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2024;13(2):155–163. <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1796>

Isolation, identification and quantification of flavonoids from the flowers of *Staphylea pinnata* L.

Anna Y. Sokolova^{1,2}✉, Andrey M. Poluyanov^{1,2,4}, Alexandr I. Bardakov²,
Susanna S. Sologova², Natalia V. Bobkova^{2,3}

¹ LLC "Scientific Compliance". 1/2, 8, Simferopolsky bulvar, Moscow, 117246, Russia

² I. M. Sechenov First MSMU of the Ministry of Health of the Russian Federation (Sechenov University). 8/2, Trubetskaya str., Moscow, 119991, Russia

³ Lomonosov Moscow State University. Faculty of Fundamental Medicine. 27/1, Lomonosovsky prospect, Moscow, 119192, Russia

⁴ LLC "Center of Pharmaceutical Analytics" (LLC "CPHA"). 8, Simferopolsky bulvar, Moscow, 117246, Russia

✉ Corresponding author: Anna Y. Sokolova. E-mail: a.sokolova@scientific-compliance.ru

ORCID: Anna Y. Sokolova – <https://orcid.org/0000-0002-7500-5880>; Andrey M. Poluyanov – <https://orcid.org/0000-0002-9960-6699>;

Alexandr I. Bardakov – <https://orcid.org/0000-0002-4749-3231>; Susanna S. Sologova – <https://orcid.org/0000-0002-8526-7147>;

Natalia V. Bobkova – <https://orcid.org/0000-0003-1591-4019>.

Received: 05.04.2024

Accepted: 03.05.2024

Published: 08.05.2024

Abstract

Introduction. Search for new plant species containing biologically active substances (hereinafter – BAS) is one of the leading tasks of pharmacognosy as a science. The search for flavonoid glycosides in plant raw materials is especially relevant, since they have anti-inflammatory, antioxidant, immunostimulating, as well as weak fungicidal and bacteriostatic action. *Staphylea pinnata* L. is an endemic plant of the Caucasus, cultivated not only in Georgia, but also in the Russian Federation in the Northern and Northwestern Caucasus. In foreign literature there are studies of antioxidant, antiproliferative and cytotoxic activity of leaf extracts of several species of *S. pinnata* L., as well as inhibitory activity of COX-1, COX-2 and LTB4 formation. Meanwhile, no serious Russian-language scientific studies on either the chemical composition or pharmacological action of generative organs of *S. pinnata* were found in the literature. This work is part of a comprehensive phytochemical study of *S. pinnata*. The aim of the work is to study the qualitative and quantitative composition of flavonoids in the studied object.

Aim. To isolate, identify and quantify flavonoids in flowers and buds of *Staphylea pinnata* L.

Materials and methods. Alcohol-water extracts from dried generative organs of the studied plant were used as analyzed solutions. Solutions were analyzed on a spectrophotometer SF-2000 (LLC "OKB Spectr", Russia) after sample preparation with aluminum chloride and on an HPLC Nexera-i LC-2040 (Shimadzu Corporation, Japan) equipped with a column and sample thermostat, degasser and autosampler using an individually selected elution gradient of the mobile phase (0.1 % orthophosphoric acid/acetonitrile solution). The primary data were processed using LabSolutions Single LC software (Shimadzu Corporation, Japan). Compounds from the flavonoid group were identified by retention times. Detection was carried out using a UV detector with an absorption wavelength of 365 ± 2 nm.

Result and discussion. Alcohol-water extracts from flowers and buds of *S. pinnata* L. were obtained. Quantitative evaluation by spectrophotometry for flavonoid content was carried out. A gradient elution mode for HPLC was selected for simultaneous determination of 7 flavonoid glycosides. These chromatographic conditions allowed the identification and quantification of astragaline, cynaroside, cosmosiin, narcissin and rutin in flowers and buds of *Staphylea pinnata* L. Flavonoid glycosides: raponticin and kaempferol were not detected.

Conclusion. Flavonoid glycosides were isolated from the generative organs of *S. pinnata* L., a technique for quantitative determination of flavonoid glycosides in alcohol-water extracts was developed, astragalin, cynaroside, cosmosiin, narcissin and rutin were detected and quantified.

Keywords: flavonoids, HPLC-UV, spectrophotometry, flowers, buds, *Staphylea pinnata* L.

Conflict of interest. The authors declare that they have no obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Contribution of the authors. Anna Yu. Sokolova, Andrey M. Poluyanov, and Natalia V. Bobkova conceived and designed the experiment. Andrey M. Poluyanov, Anna Y. Sokolova carried out the studies by spectrophotometry and high-performance chromatography. Andrey M. Poluyanov, Alexandr I. Bardakov, and Anna Yu. Sokolova participated in data processing. Anna Yu. Sokolova, Susanna S. Sologova, and Andrey M. Poluyanov participated in writing the text of the article. All authors participated in the discussion of the results.

For citation: Sokolova A.Y., Poluyanov A.M., Bardakov A.I., Sologova S.S., Bobkova N.V. Isolation, identification and quantification of flavonoids from the flowers of *Staphylea pinnata* L. *Drug development & registration*. 2024;13(2):155–163. (In Russ.) <https://doi.org/10.33380/2305-2066-2024-13-2-1796>

ВВЕДЕНИЕ

Поиск новых видов растений, содержащих биологически активные вещества (далее – БАВ), является одной из ведущих задач фармакогнозии как науки. Он необходим для расширения сырьевой базы, которая, в свою очередь, позволит создать высокоэффективные лекарственные препараты российского производства. Нахождение потенциальных объектов,

которые могут быть использованы в качестве источника (сырья) для производства лекарственных препаратов, в культуре различных народностей и этнических групп – это один из способов реализации данной задачи. Отдельного внимания заслуживают малоизученные виды, такие как клекачка перистая (лат. *Staphylea pinnata* L.) – растение семейства клещевых (*Staphyleaceae*), эндемик Кавказа, широко

культивируемое и обитающее в диком виде не только в Грузии, но и в Российской Федерации на Северном и Северо-Западном Кавказе [1–3].

В зарубежной литературе приведены данные по различному фармакологическому действию листьев клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.), в том числе по антиоксидантной, антипролиферативной, цитотоксической активности, а также ингибирующей активности образования циклооксигиназы-1, циклооксигиназы-2 и LTB4 (лейкотриена B4). В отношении количественного и качественного состава проводились исследования на содержание урсоловой кислоты, жирных кислот в листьях клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.), а также изучение состава эфирного цветочного масла и его сравнение с маслами трех родственных видов (*S. colhica* Stev., *S. elegans* Zab., *S. holocarpa* Hemsl.) [4–7]. Особенно актуален поиск в растительном сырье гликозидов флавоноидов, так как они обладают противовоспалительным, антиоксидантным, иммуностимулирующим, а также слабым фунгицидным и бактериостатическим действием [8–11].

Среди наиболее часто встречающихся веществ из группы гликозидов флавоноидов в генеративных и вегетативных органах растений можно отметить соединения, представленные в таблице 1, которые обладают сходным фармакологическим действием.

Данная работа является частью комплексного фитохимического исследования *S. pinnata*. **Цель данной работы** – изучение качественного и количественного состава флавоноидов в изучаемом объекте.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Реактивы и растворы

В процессе исследования были использованы следующие реактивы: ацетонитрил (класс «for HPLC», PanReas, Испания); муравьиная кислота (класс «for analysis», PanReas, Испания); этанол 95%-й (класс «х.ч.», ООО ТД «Химмед», Россия); вода деминерализованная (класс чистоты I); хлорида алюминия гексагидрат [класс «х.ч.», ITW Reagents (PanReas AppliChem, Германия)].

Оборудование

Спектрофотометр СФ-2000 (ООО «ОКБ Спектр», Россия); водяная баня WB-4 (STEGLER, Китай), дозаторы переменного объема от 100–1000 мкл, 1000–5000 мкл (Sartorius, Германия), весы аналитические R200D (Sartorius, Германия).

Условия хроматографического разделения и детектирования

Хроматографическое разделение и детектирование проводили на высокоэффективном жидкостном хроматографе Nexera-i LC-2040 (Shimadzu Corporation, Япония), оборудованном колоночным термостатом, хроматографической колонкой HPLC Column Platinum

C18-EPS, 250 × 4.6 мм, 5 мм (Grace, США) и предколонкой Phenomenex SecurityGuard™ Cartridges Widepore C18, 4 × 3,0 мм, дегазатором, автосамплером (объем инъекции: 10 мкл) и ультрафиолетовым детектором. Обнаружение осуществлялось при длине волны λ = 365 ± 2 нм.

Таблица 1. Соединения, обладающие сходным фармакологическим действием

Table 1. Compounds with similar pharmacological effects

Название Name	Объекты Objects	Литература References
Кемпферол Kaempferol	Листья и ветки различных видов <i>Betula</i> . Трава <i>Geranium sibiricum</i> L. Leaves and branches of various <i>Betula</i> species. Herb <i>Geranium sibiricum</i> L.	[12, 13]
Рутин Rutin	Цветки <i>Chamomilla recutita</i> L. Трава <i>Cichorium intybus</i> L. Плоды <i>Rosa canina</i> L. Плоды <i>Crataegus pentagyna</i> Waldst. et Kit. и <i>C. monogyna</i> Variegata. Цветки <i>Fagopyrum tataricum</i> L. Flowers of <i>Chamomilla recutita</i> L. Herb <i>Cichorium intybus</i> L. Fruits of <i>Rosa canina</i> L. Fruits of <i>Crataegus pentagyna</i> Waldst. et Kit. and <i>C. monogyna</i> Variegata. Flowers of <i>Fagopyrum tataricum</i> L.	[14–16]
Нарциссин Narcissin	Цветки <i>Calendula officinalis</i> L. Цветки <i>Primula veris</i> L. Flowers of <i>Calendula officinalis</i> L. Flowers of <i>Primula veris</i> L.	[17, 18]
Гиперозид Hyperoside	Листья и ветки различных видов <i>Betula</i> . Трава <i>Hypericum perforatum</i> L. Листья и цветки <i>Chrysanthemum morifolium</i> L. Leaves and branches of various <i>Betula</i> species. Herb <i>Hypericum perforatum</i> L. Leaves and flowers of <i>Chrysanthemum morifolium</i> L.	[19, 20]
Цинарозид Cinaroside	Цветки <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench. Трава <i>Matricaria aurea</i> (L.) Sch. Bip. Flowers of <i>Helichrysum arenarium</i> (L.) Moench. Herb <i>Matricaria aurea</i> (L.) Sch. Bip.	[21, 22]
Астрагалин Astragalin	Цветки <i>Alcea flavovirens</i> (Boiss. & Buhse) Iljin. Трава <i>Cichorium intybus</i> L. Flowers of <i>Alcea flavovirens</i> (Boiss. & Buhse) Iljin. Herb <i>Cichorium intybus</i> L.	[14, 23]
Космосиин Cosmosiin	Трава <i>Achillea millefolium</i> L. Трава <i>Artemisia frigida</i> Willd. Herb <i>Achillea millefolium</i> L. Herb <i>Artemisia frigida</i> Willd.	[24, 25]

Подвижная фаза содержала 0,1 % фосфорной кислоты в воде (по объему) (элюент А); ацетонитрил (элюент В) со скоростью потока 0,9 мл/мин. Исполъ-

зованный градиент подвижной фазы показан на рисунке 1. Первичные данные были обработаны с помощью LabSolutions. Программное обеспечение Single LC (Shimadzu Corporation, Япония).



Рисунок 1. Градиент концентраций для ВЭЖХ

Figure 1. Gradient elution scheme

Объекты исследования

В качестве объекта исследования использовались высушенные бутоны и раскрывшиеся цветки клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.) (рисунок 2), собранные в марте – апреле 2021 года в ущелье реки Куры (координаты: 41.843148, 43.384047, город Боржоми, юго-восточная Грузия), показанном на рисунке 3.

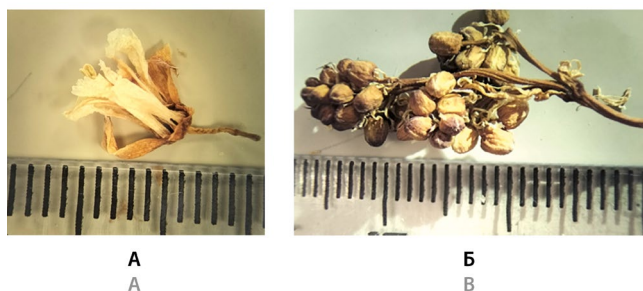


Рисунок 2. Цветок (А) и бутоны (Б) клекачки перистой. Увеличение 18х и 9х соответственно

Figure 2. Flower (A) and buds (B) *S. pinnata*. Magnification 18x and 9x respectively

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Спектрофотометрия

Спиртовые извлечения из сырья были получены по методике, изложенной в нормативном документе на «Бессмертника песчаного цветки» (раздел «Количественное определение»), так как максимум поглощения комплекса флавоноидов извлечений из высушенных цветков и бутончиков клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.) с AlCl_3 соответствует максимуму

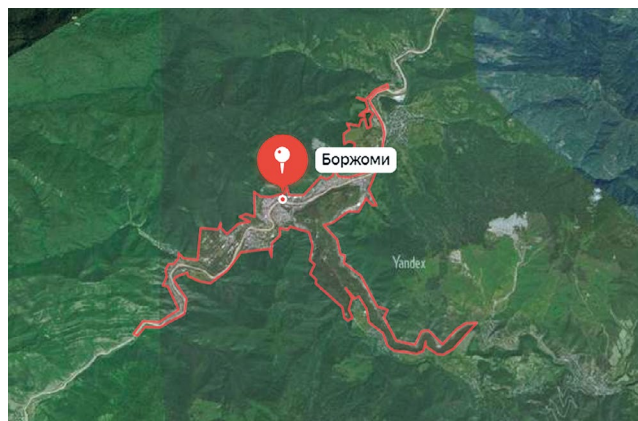


Рисунок 3. Карта местности с указанием координат.

Координаты: 41.843148, 43.384047, город Боржоми, юго-восточная Грузия

Figure 3. Map of the area indicating coordinates

Coordinates: 41.843148, 43.384047, Borjomi city, southeastern Georgia

поглощения комплекса флавоноидов извлечения из бессмертника песчаного (*Helichrysum arenarium* (L.) Moench) с AlCl_3 и составляет 418 нм (рисунок 4).

Точную навеску 1,0 г измельченного сырья помещали в мерную колбу вместимостью 100 мл, прибавляли 50 мл спирта 70%-го и взвешивали, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане в течение 1 ч. Затем снимали с водяной бани, остужали и вновь взвешивали, при необходимости доводили растворителем до первоначальной массы. Фильтровали через бумажный фильтр.

1,0 мл извлечения помещали в мерную колбу вместимостью 50 мл, прибавляли 2 мл алюминия хлорида спиртового раствора 2%-го и 1 каплю уксусной кислоты разведенной, доводили объем раствора спиртом 96%-м и перемешивали.

В качестве раствора сравнения использовали смесь 1,0 мл извлечения исследуемого объекта с 1 каплей уксусной кислоты в мерной колбе объемом 50 мл. Доводили до метки. Все приготовленные растворы выдерживали 30 мин при комнатной температуре.

С целью оценки общего количества содержания флавоноидов в исследуемом сырье был использован метод спектрофотометрии. Содержание суммы флавоноидов в пересчете на изосалипурпозид измеряли при длине волны 418 нм (рисунок 4) и рассчитывали с использованием удельного показателя поглощения комплекса изосалипурпозид с алюминия хлоридом по формуле:

$$\frac{A \cdot 50 \cdot 50 \cdot 100}{A_{1\text{ см}}^{1\%} \cdot a \cdot 1 \cdot (100 - W)},$$

где A – оптическая плотность испытуемого раствора; $A_{1\text{ см}}^{1\%}$ – удельный показатель поглощения комплекса изосалипурпозид с алюминия хлоридом при дли-

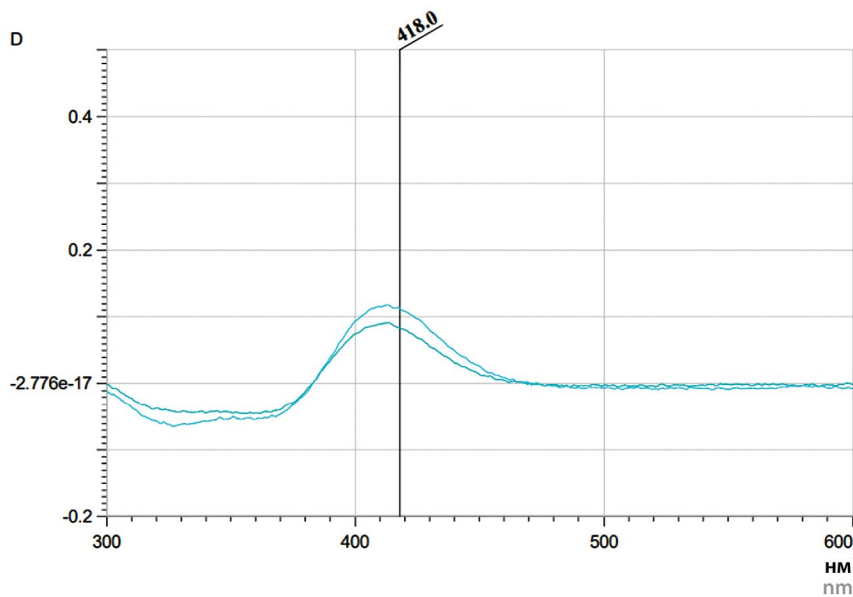


Рисунок 4. Спектр поглощения комплекса флавоноидов с AlCl_3 при 418 нм
Figure 4. Spectrum of complexes of flavonoids with AlCl_3 at 418 nm

не волны 418 нм, равный 500; a – навеска сырья, г; W – потеря в массе при высушивании сырья, %.

Установлено, что бутоны *S. pinnata* содержат большее количество флавоноидов, чем раскрывшиеся цветки. Полученные результаты количественного содержания флавоноидов отображены в таблице 2.

Таблица 2. Количественное содержание флавоноидов в цветках и бутонах *S. pinnata*, полученное методом спектрофотометрии

Table 2. Quantitative content of flavonoids in flowers and buds of *S. pinnata* by spectrophotometry

Виды сырья Types of raw materials	Содержание флавоноидов в спиртовых экстрактах, % Content of flavonoids in alcohol extracts, in %
Цветки клекачки <i>Staphylea flowers</i>	$0,474 \pm 0,055$
Бутоны клекачки <i>Staphylea buds</i>	$0,638 \pm 0,035$

Таким образом, исследование показало, что при распускании бутонов содержание флавоноидов в цветках *S. pinnata* снижается.

Разработка методики ВЭЖХ

Аналитическую пробу сырья измельчали до величины частиц, проходящих сквозь сито с отверстиями размером 2 мм. Около 1,0 г (точная навеска) измельченного сырья помещали в колбу со шлифом вместимостью 250 мл, прибавляли 50 мл спирта 70%-го. Колбу закрывали пробкой и взвешивали с точностью до $\pm 0,01$ г, присоединяли к обратному холодильнику и нагревали на кипящей водяной бане (умеренное кипение) в течение 30 мин. Затем

охлаждали в течение 30 мин, закрывали той же пробкой, снова взвешивали и восполняли недостающий экстрагент до первоначальной массы. Извлечение фильтровали через бумажный фильтр.

Для идентификации и определения количественного содержания БАВ был выбран метод ВЭЖХ-УФ. Данный метод является более селективным и чувствительным, чем СФМ, а также позволяет обнаружить и количественно определить отдельные соединения из рассматриваемой группы БАВ.

Условия хроматографического разделения были взяты из научных публикаций и доработаны экспериментально под изучаемые объекты из-за ряда особенностей [25, 26]. Для детектирования исследуемых веществ использовался ультрафиолетовый детектор, который регистрировал вещества за счет наличия хромоформных групп в их строении (таблица 3).

Присутствие астрагалина, цинарозида, космосиина, нарциссина и рутина в цветках и бутонах клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.) во всех проанализированных пробах было подтверждено (рисунок 5).

В проанализированных объектах не обнаруживались пики вещества с соответствующим стандартному образцу временем удерживания для рапонтицина и кемпферола, что позволяет говорить об отсутствии в испытуемых объектах данных соединений.

Для выбранной методики была проведена проверка пригодности хроматографической системы. Для всех изучаемых объектов рассчитаны значения количественного содержания астрагалина, цинарозида, космосиина, нарциссина и рутина в пересчете на абсолютно сухое сырье в %, полученные данные представлены в таблице 3.

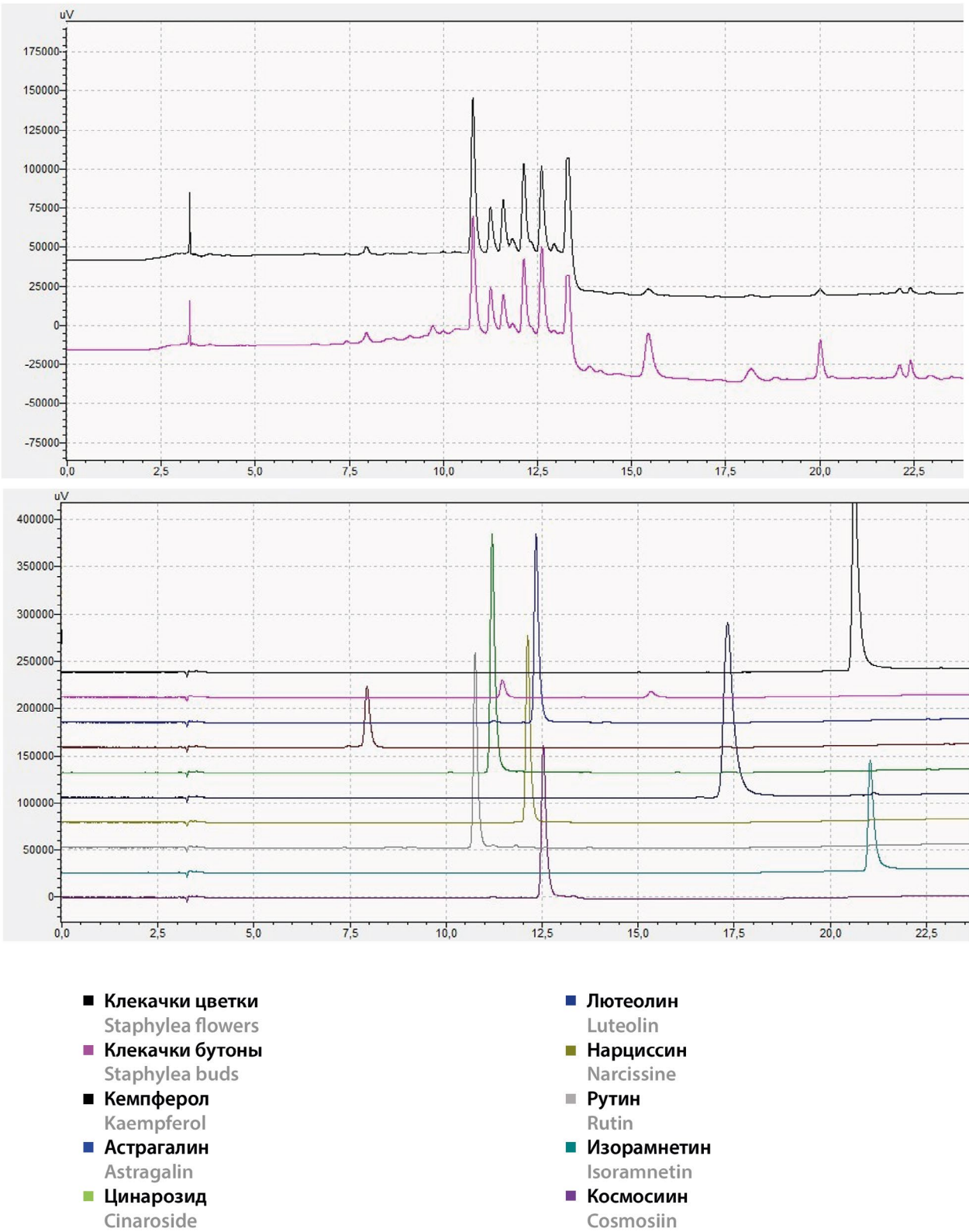


Рисунок 5. Хроматограммы испытуемых растворов и растворов стандартных образцов флавоноидов

Figure. 5. Chromatograms of test solutions and solutions of standard samples of flavonoids

Таблица 3. Количественное содержание найденных флавоноидов

Table 3. The quantitative content of flavonoids

Объект Object	Времена удерживания, Rt Retention times, Rt	Содержание рутина, % Rutin content, %	LogP
Цветки Flowers	10,8	0,227 ± 0,004	-1,3
Бутоны Buds		0,156 ± 0,001	
		Содержание цинарозида, % Cinaroside content, %	0,5
Цветки Flowers	11,2	0,049 ± 0,009	
Бутоны Buds		0,038 ± 0,003	
		Содержание астрагалина, % Astragalin content, %	
Цветки Flowers	12,4	0,012 ± 0,001	
Бутоны Buds		0,006 ± 0,001	
		Содержание космосиина, % Cosmosiin content, %	-0,1
Цветки Flowers	12,5	0,145 ± 0,002	
Бутоны Buds		0,123 ± 0,003	
		Содержание нарциссина, % Narcissin content, %	
Цветки Flowers	12,1	0,117 ± 0,001	
Бутоны buds		0,091 ± 0,004	

Примечание. Значение процентного содержания указано как среднее арифметическое ± стандартное отклонение.

Note. The percentage value is indicated as the arithmetic mean ± standard deviation.

Полученные хроматограммы извлечений из бутонов и раскрывшихся цветков имеют сходный профиль. Площади пиков анализируемых веществ сопоставимы между собой в изучаемых объектах. Следовательно, можно сделать вывод, что со временем качественный флавоноидный состав у генеративных органов *S. pinnata* почти не изменяется.

Были обнаружены и количественно определены рутин, нарциссин, астрагалин, цинарозид и космосиин. Гликозиды флавоноидов рапонтицин и кемпферол обнаружены не были. Лидирующими пиками, соответствующими времени удержания гликозидов флавоноидов, были пики рутина и космосиина в обоих объектах. Наибольшее содержание рутина, равное 0,227 ± 0,004 %, было отмечено в раскрывшихся цветках *S. pinnata*.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Было определено общее содержание флавоноидов в цветках и бутонах *S. pinnata*, равное соответственно 0,474 ± 0,055 % и 0,638 ± 0,035 %, а также проведено выделение, идентификация и количественное определение отдельных гликозидов флавоноидов: рутина, нарциссина, астрагалина, цинарозида и космосиина – в цветках и бутонах клекачки перистой (*Staphylea pinnata* L.). Рапонтицин и кемпферол обнаружены не были. Лидирующим был пик, соответствующий времени удерживания СО рутина, наибольшее содержание которого, равное 0,227 ± 0,004 %, было отмечено в раскрывшихся цветках *S. pinnata*.

ЛИТЕРАТУРА

- Халикова О. В. Анализ изменения структуры лесных насаждений за 2017–2018 гг. на территории Джугбского, Абинского и Афицкого лесничеств Краснодарского края. *Российский электронный научный журнал*. 2019;2(32):182–197. DOI: 10.31563/2308-9644-2019-32-2-182-197.
- Сергеева А. С., Корунчикова В. В. Растительность бассейна реки Пшада и ее экологическая роль в сохранении естественных ландшафтов. *Экологический вестник Северного Кавказа*. 2009;5(2):56–65.
- Шумкова О. А., Криворотов С. Б., Букарева О. В., Архипов Р. А. К изучению распространения охраняемых растений на Северо-Западном Кавказе. *Вестник ТбГУ. Серия «Биология и экология»*. 2019;3(55):186–193.
- Lacikova L., Pferschy-Wenzig E.-M., Masterova I., Grancai D., Bauer R. Antiinflammatory potential and fatty acid content of lipophilic leaf extracts of four *Staphylea* L. species. *Natural Product Communications*. 2009;4(4):543–546. DOI: 10.1177/1934578X0900400420.
- Laciková L., Švajdlénka E., Mašterová I., Grančai D. Isolation and identification of flower oil components from four *Staphylea* L. species. *Chemical Papers*. 2007;61(6):512–514. DOI: 10.2478/s11696-007-0071-y.
- Lacikova L., Jancova M., Muselik J., Masterova I., Grancai D., Fickova M. Antiproliferative, cytotoxic, antioxidant activity and polyphenols contents in leaves of four *Staphylea* L. species. *Molecules*. 2009;14(9):3259–3267. DOI: 10.3390/molecules14093259.
- Lacikova L., Muselik J., Masterova I., Grancai D. Antioxidant Activity and Total Phenols in Different Extracts of Four *Staphylea* L. Species. *Molecules*. 2007;12(1):98–102. DOI: 10.3390/120100986.
- Аверьянова Е. В., Школьников М. Н., Рожнов Е. Д., Минаков Д. В., Баташов Е. С., Шаихова Б. К. Исследование биологической активности флавоноидов облепихового шрота с применением специфических биотест-систем. *Химия растительного сырья*. 2020;4:235–241. DOI: 10.14258/jcprm.2020048859.
- Крипак Е. М., Жохова Е. В., Лукашов Р. И. Антиоксидантные свойства вторичных метаболитов вербейника обыкновенного (*Lysimachia vulgaris* L.). *Достижения и перспективы создания новых лекарственных растительных препаратов*. 2023;62–69. DOI: 10.52101/9785870191102_62.
- Сальникова Н. А., Самотруева М. А., Коновалов Д. А. Химический состав и фармакологические свойства растений рода *Gleditsia* L. (обзор литературы). *Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье»*. 2019;3(3):87–96. DOI: 10.21626/vestnik/2019-3/12.
- Гаврилова Н. А., Шурыгина М. С., Курдюков Е. Е., Водопьянова О. А., Кривов Д. В. Новая методика количественного определения флавоноидов в цветках липы. *Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Естественные науки*. 2020;2(30):5–13. DOI: 10.21685/2307-9150-2020-2-1.

12. Шемякина А. В. Представители дальневосточных видов рода *Betula* L. – ценный источник биологически активных веществ (обзор). В сб.: IX Международная научная конференция молодых ученых «Современные тенденции развития технологий здоровья сбережения». 16–17 ноября 2021. Москва; 2021. 21–32 с. DOI: 10.52101/9785870191027_2021_21.
13. Quilantang N. G., Choi K., Lee B.-H., Lee S. Kaempferol Rhamnosides from *Geranium sibiricum* as Aldose Reductase Inhibitors and Their Content by HPLC Analysis. *Processes*. 2020;8(6):694. DOI: 10.3390/pr8060694.
14. Сайбель О. Л., Радимич А. И., Адамов Г. В., Даргаева Т. Д. Сравнительное фитохимическое изучение надземной части дикорастущего и культивируемого растения цикория обыкновенного (*Cichorium intybus* L.). *Химия растительного сырья*, 2020;3:187–195. DOI: 10.14258/jcprm.2020037386.
15. Stoenescu A.-M., Trandafir I., Cosmulescu S. Determination of phenolic compounds using HPLC-UV method in wild fruit species. *Horticulturae*. 2022;8(2):84. DOI: 10.3390/horticulturae8020084.
16. Kim J., Kim R. H., Hwang K. T. Flavonoids in different parts of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tartary buckwheat (*F. tataricum*) during growth. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;120:105362. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105362.
17. Al-Huqail A. A., Bekhit A. A., Ullah H., Ayaz M., Mostafa N. M. Antimalarial and Antileishmanial Flavonoids from *Calendula officinalis* Flowers. *Agronomy*. 2023;13(11):2765. DOI: 10.3390/agronomy13112765.
18. Stefanis I., Chatzopoulou P., Krigas N., Karioti A. Exploring the Chemical Content of *Primula veris* L. subsp. *veris* Wild-Growing Populations along a Climate Gradient: An HPLC-PDA-MS Quality Assessment of Flowers, Leaves and Roots for Sustainable Exploitation. *Horticulturae*. 2023;9(10):1120. DOI: 10.3390/horticulturae9101120.
19. Alahmad A., Alghoraihi I., Zein R., Kraft S., Dräger G., Walter J.-G., Scheper T. Identification of major constituents of *Hypericum perforatum* L. extracts in Syria by development of a rapid, simple, and reproducible HPLC-ESI-Q-TOF MS analysis and their antioxidant activities. *ACS Omega*. 2022;7(16):13475–13493. DOI: 10.1021/acsomega.1c06335.
20. Doan T. T. M., Tran G. H., Nguyen T. K., Lim J. H., Lee S. Antioxidant activity of different cultivars of *Chrysanthemum morifolium* and quantitative analysis of phenolic compounds by HPLC/UV. *Applied Biological Chemistry*. 2024;67(1):17. DOI: 10.1186/s13765-024-00875-w.
21. Yousefbeyk F., Hemmati G., Gholipour Z., Ghasemi S., Evazali-pour M., Schubert C., Koohi D. E., Böhm V. Phytochemical analysis, antioxidant, cytotoxic, and antimicrobial activities of golden chamomile (*Matricaria aurea* (Loefl.) Schultz Bip.). *Zeitschrift für Naturforschung C*. 2022;77(7–8):331–342. DOI: 10.1515/znc-2021-0269.
22. Мовсумов И. С., Гараев Э. Э., Гараев Э. А., Сулейманов Т. А., Юсифова Д. Ю. Фитохимическое исследование сырья *Alcea flavovirens* (Malvaceae) в Республике Азербайджан. *Растительные ресурсы*. 2020;56(3):276–279. DOI: 10.31857/S003399462003005X.
23. Васькова А. И., Куркин В. А., Соколова И. В. Исследование компонентного состава травы тысячелистника обыкновенного методом ВЭЖХ. *Достижения и перспективы создания новых лекарственных растительных препаратов*. 2023;266–270. DOI: 10.52101/9785870191102_266.
24. Olennikov D. N., Kashchenko N. I., Chirikova N. K., Vasil'eva A. G., Gadimli A. I., Isaev J. I., Vennos C. Caffeoylquinic acids and flavonoids of fringed sagewort (*Artemisia frigida* Willd.): HPLC-DAD-ESI-QQQ-MS profile, HPLC-DAD quantification, *in vitro* digestion stability, and antioxidant capacity. *Antioxidants*. 2019;8(8):307. DOI: 10.3390/antiox8080307.
25. Полуянов А. М., Соколова А. Ю., Койнова А., Куликова С. Д., Малашенко Е. А., Бобкова Н. В. Идентификация и количественное определение флавоноидов методом ВЭЖХ-УФ в сырье некоторых представителей рода Щавель (*Rumex*) трех сроков вегетации. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(3):134–142. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-3-134-142.
26. Матвиенко У. А., Дурнова Н. А., Полуянов А. М., Бобкова Н. В., Туренко В. Н., Смирнов В. В., Раменская Г. В. Выделение и идентификация агликонов флавоноидов некоторых видов рода *Astragalus* L. флоры Поволжья. *Разработка и регистрация лекарственных средств*. 2023;12(1):106–113. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-1-106-113.

REFERENCES

1. Khalikova O. V. Analysis of changes in forest structure for 2017–2018 on the territory of Jubsy, Abinsky and Afipsky forestry of Krasnodar territory. *Rossiyskiy elektronnyi nauchnyi zhurnal*. 2019;2(32): 182–197. (In Russ.) DOI: 10.31563/2308-9644-2019-32-2-182-197.
2. Sergeeva A. S., Korunchikova V. V. Vegetation of Pshada river basin and its ecological role in preservation of natural landscapes. *The North Caucasus Ecological Herald*. 2009;5(2):56–65. (In Russ.)
3. Shumkova O. A., Krivorotov S. B., Bukareva O. V., Arkhipov R. A. On the distribution of protected plants in the North-West Caucasus. *Bulletin of Tver State University. Series: Biology and Ecology*. 2019;3(55):186–193. (In Russ.)
4. Lacikova L., Pferschy-Wenzig E.-M., Masterova I., Grancai D., Bauer R. Antiinflammatory potential and fatty acid content of lipophilic leaf extracts of four *Staphylea* L. species. *Natural Product Communications*. 2009;4(4):543–546. DOI: 10.1177/1934578X0900400420.
5. Laciková L., Švajdlénka E., Mašterová I., Grančai D. Isolation and identification of flower oil components from four *Staphylea* L. species. *Chemical Papers*. 2007;61(6):512–514. DOI: 10.2478/s11696-007-0071-y.
6. Lacikova L., Jancova M., Muselik J., Masterova I., Grancai D., Fickova M. Antiproliferative, cytotoxic, antioxidant activity and polyphenols contents in leaves of four *Staphylea* L. species. *Molecules*. 2009;14(9):3259–3267. DOI: 10.3390/molecules14093259.
7. Lacikova L., Muselik J., Masterova I., Grancai D. Antioxidant Activity and Total Phenols in Different Extracts of Four *Staphylea* L. Species. *Molecules*. 2007;12(1):98–102. DOI: 10.3390/120100986.
8. Averyanova E. V., Shkolnikova M. N., Rozhnov E. D., Minakov D. V., Batashov E. S., Shaikhova B. K. Investigation of the biological activity of sea buckthorn meal flavonoids using specific biotest systems. *Chemistry of plant raw material*. 2020;4:235–241. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2020048859.
9. Kripak E. M., Zhokhova E. V., Lukashov R. I. Antioxidant properties of secondary metabolites of common loosestrife (*Lysimachia vulgaris* L.). *Achievements and prospects for the creation of new medicinal herbal preparations*. 2023;62–69. (In Russ.) DOI: 10.52101/9785870191102_62.
10. Salnikova N. A., Samotruyeva M. A., Konovalov D. A. The chemical composition and pharmacological properties of plants of *Gleditsia* I. (literature review). *Kursk Scientific and Practical Bulletin "Man and His Health"*. 2019;(3):87–96. (In Russ.) DOI: 10.21626/vestnik/2019-3/12.
11. Gavrilova N. A., Shurygina M. S., Kurdyukov E. E., Vodop'yanova O. A., Krivov D. V. A new method of quantitative determination of flavonoids in linden flowers. *University proceedings. Volga region. Natural sciences*. 2020;2(30):5–13. (In Russ.) DOI: 10.21685/2307-9150-2020-2-1.
12. Shemyakina A. V. Representatives of the Far Eastern species of the genus *Betula* L. are a valuable source of biologically active substances (review). In: IX International Scientific Conference of Young Scientists "Modern Trends in the Development of Health Saving Technologies". November 16–17, 2021. Moscow; 2021. 21–32 p. (In Russ.) DOI: 10.52101/9785870191027_2021_21.
13. Quilantang N. G., Choi K., Lee B.-H., Lee S. Kaempferol Rhamnosides from *Geranium sibiricum* as Aldose Reductase Inhibitors and Their Content by HPLC Analysis. *Processes*. 2020;8(6):694. DOI: 10.3390/pr8060694.
14. Saybel O. L., Radimich A. I., Adamov G. V., Dargaeva T. D. Comparative phytochemical study of the aerial parts of the wild-growing and cultivated chicory ordinary (*Cichorium intybus* L.).

- Chemistry of plant raw material*. 2020;3:187–195. (In Russ.) DOI: 10.14258/jcprm.2020037386.
15. Stoenescu A.-M., Trandafir I., Cosmulescu S. Determination of phenolic compounds using HPLC-UV method in wild fruit species. *Horticulturae*. 2022;8(2):84. DOI: 10.3390/horticulturae8020084.
16. Kim J., Kim R. H., Hwang K. T. Flavonoids in different parts of common buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) and Tartary buckwheat (*F. tataricum*) during growth. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2023;120:105362. DOI: 10.1016/j.jfca.2023.105362.
17. Al-Huqail A. A., Bekhit A. A., Ullah H., Ayaz M., Mostafa N. M. Antimalarial and Antileishmanial Flavonoids from *Calendula officinalis* Flowers. *Agronomy*. 2023;13(11):2765. DOI: 10.3390/agronomy13112765.
18. Stefanis I., Chatzopoulou P., Krigas N., Karioti A. Exploring the Chemical Content of *Primula veris* L. subsp. *veris* Wild-Growing Populations along a Climate Gradient: An HPLC-PDA-MS Quality Assessment of Flowers, Leaves and Roots for Sustainable Exploitation. *Horticulturae*. 2023;9(10):1120. DOI: 10.3390/horticulturae9101120.
19. Alahmad A., Alghoraibi I., Zein R., Kraft S., Dräger G., Walter J.-G., Scheper T. Identification of major constituents of *Hypericum perforatum* L. extracts in Syria by development of a rapid, simple, and reproducible HPLC-ESI-Q-TOF MS analysis and their antioxidant activities. *ACS Omega*. 2022;7(16):13475–13493. DOI: 10.1021/acsomega.1c06335.
20. Doan T. T. M., Tran G. H., Nguyen T. K., Lim J. H., Lee S. Antioxidant activity of different cultivars of *Chrysanthemum morifolium* and quantitative analysis of phenolic compounds by HPLC/UV. *Applied Biological Chemistry*. 2024;67(1):17. DOI: 10.1186/s13765-024-00875-w.
21. Yousefbeyk F., Hemmati G., Gholipour Z., Ghasemi S., Evazali-pour M., Schubert C., Koohi D. E., Böhm V. Phytochemical analysis, antioxidant, cytotoxic, and antimicrobial activities of golden chamomile (*Matricaria aurea* (Loefl.) Schultz Bip). *Zeitschrift für Naturforschung C*. 2022;77(7–8):331–342. DOI: 10.1515/znc-2021-0269.
22. Movsumova I. S., Garayevb E. E., Garayeva E. A., Suleymanova T. A., Yusifova D. Y. Phytochemical Study of the Flowers *Alcea flavovirens* (Malvaceae) from the Republic of Azerbaijan. *Rastitelnye Resursy*. 2020;56(3):276–279. (In Russ.) DOI: 10.31857/S003399462003005X.
23. Vaskova A. I., Kurkin V. A., Sokolova I. V. Study of the component composition of common yarrow herb using HPLC. *Achievements and prospects for the creation of new medicinal herbal preparations*. 2023;266–270. (In Russ.) DOI: 10.52101/9785870191102_266.
24. Olennikov D. N., Kashchenko N. I., Chirikova N. K., Vasil'eva A. G., Gadimli A. I., Isaev J. I., Vennos C. Caffeoylquinic acids and flavonoids of fringed sagewort (*Artemisia frigida* Willd.): HPLC-DAD-ESI-QQQ-MS profile, HPLC-DAD quantification, *in vitro* digestion stability, and antioxidant capacity. *Antioxidants*. 2019;8(8):307. DOI: 10.3390/antiox8080307.
25. Poluyanov A. M., Sokolova A. Yu., Koynova A., Kulikova S. D., Malashenko E. A., Bobkova N. V. Identification and Quantitative Determination of Flavonoids by HPLC-UV Method in the Raw Materials of Some Representatives of the Genus *Rumex* of Three Vegetation Time. *Drug development & registration*. 2023;12(3):134–142. DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-3-134-142.
26. Matvienko U. A., Durnova N. A., Poluyanov A. M., Bobkova N. V., Turenko V. N., Smirnov V. V., Ramenskaya G. V. Isolation and Identification of Aglicones of Flavonoids of Some Species of the Genus *Astragalus* L. of the Volga Region Flora. *Drug development & registration*. 2023;12(1):106–113. (In Russ.) DOI: 10.33380/2305-2066-2023-12-1-106-113.