

УДК 577.13: 544.02: 633.88

УФ-СПЕКТРОМЕТРИЯ И СОСТАВ ЛИПИДОВ ВОДНО-ПРОПИЛЕНГЛИКОЛЕВЫХ ЭКСТРАКТОВ РЯДА ЛЕКАРСТВЕННЫХ РАСТЕНИЙ

© *В.О. Швыдкий**, *А.Н. Смирнова*, *В.А. Волков*, *Л.Н. Шишкина*

*Институт биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН, ул. Косыгина, 4,
Москва, 119334 (Россия), e-mail: slavuta58@gmail.com*

Изучены концентрационная зависимость УФ-спектров водно-пропиленгликолевых (ВПГ) экстрактов из листьев шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), цветков календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.), ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.), плодов облепихи крушиновидной (*Hipporhoe rhamnoides* L.) и состав выделенных из экстрактов липидов. Показано, что экстракты характеризуются низкой долей фосфолипидов в составе общих липидов и следовым содержанием стероидов. По уменьшению доли фосфолипидов в составе общих липидов изученные экстракты располагаются в такой последовательности: листья шалфея > цветки календулы = плоды облепихи > цветки ромашки.

Показано, что количественное соотношение фракций фосфолипидов определяется природой растения. Так, наиболее высокое относительное содержание лизоформ фосфолипидов в ВПГ экстрактах выявлено в цветках календулы и плодах облепихи, самая высокая доля сфинголипидов обнаружена в фосфолипидах экстрактов цветков календулы и ромашки, а фосфолипиды экстрактов плодов облепихи содержат наибольшее количество фосфатидилхолина. В составе фосфолипидов выявлено высокое содержание более легкоокисляемых фракций, особенно в экстрактах листьев шалфея. Методом УФ-спектроскопии с использованием математической обработки спектров подтверждено наличие в изученных экстрактах флавоноидов с разной химической структурой.

Ключевые слова: водно-пропиленгликолевые экстракты, шалфей, календула, ромашка, облепиха, фосфолипиды, УФ-спектроскопия.

Работа выполнена в рамках гос. задания Института биохимической физики им. Н.М. Эмануэля РАН (№ 44.4, гос. № темы: 0084-2019-0014).

Введение

В настоящее время водно-пропиленгликолевые (ВПГ) экстракты лекарственных растений широко используются в косметологии, пищевой промышленности, наружных лекарственных средствах [1–3]. Однако при изучении физико-химических свойств и состава экстрактов лекарственных растений основное внимание исследователей преимущественно направлено на этанольные и водно-этанольные экстракты [4–7], в то время как физико-химическим свойствам пропиленгликолевых экстрактов посвящены лишь единичные исследования [6, 8, 9]. Данные о составе липидов ВПГ экстрактов практически отсутствуют, хотя роль липидов и процессов их перекисного окисления (ПОЛ) в функционировании любых организмов в настоящее время не подвергается сомнению. Важнейшими структурными компонентами биологических мембран являются фосфолипиды (ФЛ), принимающие активное участие в регуляции клеточного метаболизма [10] и являющиеся основными субстратами окисления.

Биологическую активность лекарственных растений, как правило, связывают с наличием в их

Швыдкий Вячеслав Олегович – старший научный сотрудник, e-mail: slavuta58@gmail.com

Смирнова Александра Николаевна – аспирант, e-mail: sanya-bosanya@yandex.ru

Волков Владимир Анатольевич – научный сотрудник, e-mail: vl.volkov@mail.ru

Шишкина Людмила Николаевна – главный научный сотрудник, e-mail: shishkina@sky.chph.ras.ru

экстрактах полифенольных соединений, среди которых наиболее многочисленными являются флавоноиды, характеризующиеся достаточно высокими антиоксидантными свойствами [11]. При этом установлено, что ингибирующая эффективность широко распространенных в растениях кверцетина и дигидрокверцетина

* Автор, с которым следует вести переписку.

снижается в присутствии ФЛ независимо от скорости зарождения свободнорадикальных реакций в системе [12, 13]. Это обуславливает необходимость проведения данного исследования для понимания механизма биологической активности экстрактов лекарственных растений.

Цель работы – изучение характеристик УФ-спектров и состава липидов ВПГ экстрактов ряда лекарственных растений (шалфей, ромашка, календула, облепиха).

Экспериментальная часть

Объектами исследований являлись листья шалфея лекарственного (*Salvia officinalis* L.), цветки календулы лекарственной (*Calendula officinalis* L.), ромашки аптечной (*Matricaria chamomilla* L.) и плоды облепихи крушиновидной (*Hippophae rhamnoides* L.). Высушенное растительное сырье приобреталось у специализированных поставщиков: листья шалфея – место сбора Адыгея, поставщик ООО «Ива»; цветки календулы – место сбора Египет, поставщик ООО «Экогрин»; цветки ромашки – БАД «Живой источник, ромашка аптечная» в аптеке; плоды облепихи – поставщик ООО «Престиж».

Экстракция сухого измельченного растительного сырья 50%-ным водным 1,2-пропиленгликолем проводилась при соотношении сухого вещества (СВ) сырья и экстрагента 1 : 19 в течение 4 ч при 50 °С и постоянном перемешивании. Экстракты профильтрованы через 3-слойный фильтр из марли и очищены центрифугированием при 5000 об./мин в течение 20 мин.

Липиды из экстрактов извлекали по методу Фолча в модификации Кейтса [14]. Качественный и количественный состав ФЛ определяли методом ТСХ, используя силикагель типа Н «Sigma» (USA), стеклянные пластинки размером 90 × 120 мм и смесь хлороформ : метанол : ледяная уксусная кислота : вода в объемном соотношении 12.5 : 7.5 : 2 : 1 в качестве мобильной фазы [15]. Проявление хроматограмм проводили в парах йода. Количественный анализ состава ФЛ после удаления пятен с пластинки и сжигания до неорганического фосфата (Р) хлорной кислотой проводили на спектрофотометре ПЭ-5400ВИ (Группа компаний «ЭКРОС», Россия) при длине волны 815 нм по образованию фосфорномолибденового комплекса в присутствии аскорбиновой кислоты. Подробности метода анализа состав ФЛ приведены в работе [16]. Стерины определяли по методу [17].

Для УФ-спектрометрии полученные исходные экстракты разбавляли 50%-ным водным пропиленгликолем. УФ-спектры экстрактов в диапазоне концентраций от 0.1 до 3.28 мг исходного сухого вещества на мл ВПГ регистрировали на спектрофотометре «Shimadzu UV-1700 PharmaSpec» (Shimadzu, Япония) в диапазоне длин волн от 200 до 500 нм.

Экспериментальные данные обрабатывали стандартными статистическими методами, используя программный продукт MS Excel и пакет компьютерных программ KINS [18]. В таблицах результаты представлены в виде среднеарифметических значений с указанием их среднеквадратичной ошибки ($M \pm m$). Количественное содержание фракций в составе ФЛ (табл. 3) приведено в виде доли фракции в ФЛ (%Р).

Обсуждение результатов

Первым этапом работы явилось детальное изучение характеристик УФ-спектров ВПГ экстрактов. Типичные УФ-спектры изученных экстрактов приведены на рисунке 1.

Безусловно, экстракты всех изученных растительных объектов характеризуются очень интенсивной полосой поглощения в диапазоне длин волн от 201 до 218 нм, характерной для соединений, содержащих гетероатомы с неподеленной электронной парой и несопряженные двойные связи. При этом максимумы полос поглощения для ВПГ экстрактов из разных растительных объектов различаются. Кроме того, из анализа УФ-спектров (рис. 1) следует, что ВПГ экстракты всех исследованных растительных объектов характеризуются наличием достаточно интенсивной полосы поглощения в области 270 нм (полоса II) и менее интенсивной полосой поглощения в области 330 нм (полоса I), что свидетельствует о наличии в их составе флавоноидов [5, 11, 19]. Для более точной идентификации максимумов полос поглощения полученные разностные спектры (после вычитания спектра экстрагента – 50%-ного ВПГ) были обработаны по методу Гаусса, который позволяет выделять в спектре отдельные спектральные максимумы с целью установления их физической природы и количественных параметров. При проведении анализа соблюдали следующие условия: совпадение контура исходного спектра с расчетным после аппроксимирования спектра при минимальном количестве компонент после его разложения. Результаты обработки спектра по методу Гаусса на примере экстракта из цветков ромашки представлены на рисунке 2.

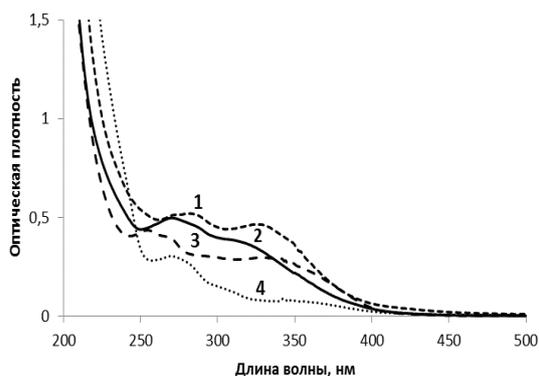


Рис. 1. Спектры 50%-ных ВПГэкстрактов листьев шалфея (1), цветков ромашки (2) и календулы (3), плодов облепихи (4). Разбавление исходного экстракта в 20 раз (2.63 мг исходного сухого вещества/мл 50%-ного ВПГ)

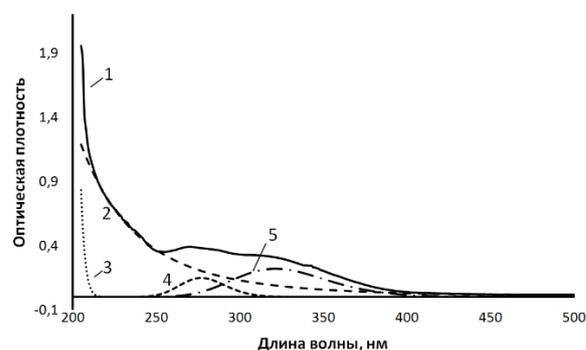


Рис. 2. Разностный спектр экстракта ромашки (1) и его гауссиан с максимумами 111,5 нм (2), 187,3 нм (3), 276,9 нм (4), 321,3 нм (5). Разбавление в 128 раз (0,41 мг исходного сухого вещества/мл 50%-ного ВПГ)

Как следует из результатов, приведенных на рисунке 2, математическая обработка также выявляет две основные полосы поглощения (рис. 2, спектры 4 и 5). Аналогичные данные получены и для остальных исследованных в работе экстрактов. Обобщенные результаты этого этапа работы представлены в таблице 1.

При сопоставлении величин максимумов полос поглощения полных УФ спектров и выявленных при разложении по Гауссу обнаруживается достаточно удовлетворительное совпадение, что позволяет рассматривать перспективность более широкого использования УФ-спектрометрии для анализа химического состава экстрактов лекарственных растений. Осуществляя серии экспериментов при последовательном разведении исходных экстрактов, провели изучение соблюдения закона Бугера-Ламберта-Бера для интенсивности полос поглощения II и I в зависимости от степени разведения. Обнаружено, что взаимосвязи между оптической плотностью экстрактов и исходным содержанием в них сухих веществ хорошо описываются прямолинейной зависимостью ($R \geq 0.99-1.0$) в диапазоне концентраций от 0 до 3.28 мг/мл для экстрактов из плодов облепихи и от 0 до 1.65 мг/мл – для экстрактов из листьев шалфея, цветков ромашки и календулы (рис. 3 и 4). Необходимо отметить также, что коэффициенты линейной регрессии (рис. 3 и 4), как и максимумы полос поглощения I и II в УФ-спектрах этих экстрактов (табл. 1), различаются в зависимости от природы сырья. Это соответствует данным литературы о присутствии в экстрактах изученных растительных объектов флавоноидов с разной химической структурой. Так, доминирующими флавоноидами цветков ромашки являются апигенин и лютеолин [11], плодов облепихи – изорамнетин [11], цветков календулы – изокверцетин [20].

Обращает на себя внимание и следующий факт. Коэффициенты линейной регрессии зависимостей, представленных на рисунках 3 и 4, по уменьшению значения располагаются в одной последовательности: листья шалфея > цветки ромашки > цветки календулы > плоды облепихи. Это позволяет предположить уменьшение коэффициентов молярной экстинкции флавоноидов в ряду: апигенин, лютеолин > изокверцетин > изорамнетин.

Обобщенные показатели состава липидов 50%-ных ВПГ экстрактов изученных лекарственных растений представлены в таблице 2. Анализ данных свидетельствует о том, что ВПГ растительные экстракты отличаются низким содержанием фосфолипидов, а стеринны в них присутствуют в следовых количествах. По уменьшению доли ФЛ в составе общих липидов изученные экстракты располагаются в следующей последовательности: листья шалфея > цветки календулы = плоды облепихи > цветки ромашки.

Качественный набор фосфолипидов ВПГ растительных экстрактов соответствует стандартному набору фракций ФЛ биологических объектов. Однако количественное соотношение фракций характеризуется определенными особенностями, что следует из анализа данных, представленных в таблице 3. Необходимо отметить достаточно высокое относительное содержание лизоформ ФЛ в ВПГ экстрактах из растительных объектов, особенно в цветках календулы и плодах облепихи. Как известно, лизоформы ФЛ обладают цитолитическим эффектом, сопровождающимся увеличением проницаемости мембран для органических молекул и ионов [11].

Таблица 1. Максимумы гауссиан 50%-ных ВПГ экстрактов

| Растительный экстракт | Максимум поглощения, нм Полоса II | Максимум поглощения, нм Полоса I |
|-----------------------|-----------------------------------|----------------------------------|
| Листья шалфея | 280.2 / 277* | 331.5 / 327 |
| Цветки ромашки | 276.9 / 271 | 321.3 / 306 |
| Цветки календулы | 248.2 / 250 | 343.9 / 342 |
| Плоды облепихи | 278.1 / 271 | 318.0 / 336 |

* Примечание. После / приведены величины максимумов полос поглощения разностных УФ-спектров экстрактов.

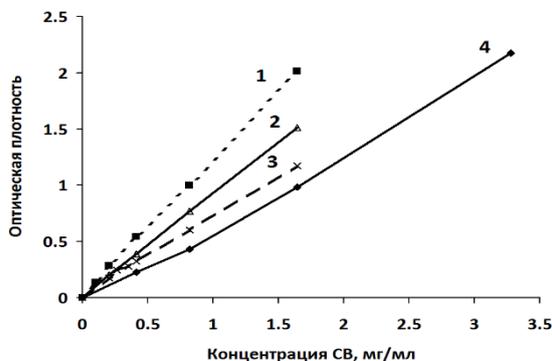


Рис. 3. Взаимосвязь между оптической плотностью и исходной концентрацией сухого вещества в ВПГ растительных экстрактах листьев шалфея (1), цветков ромашки (2), цветков календулы (3) и плодов облепихи (4) в области полосы поглощения II

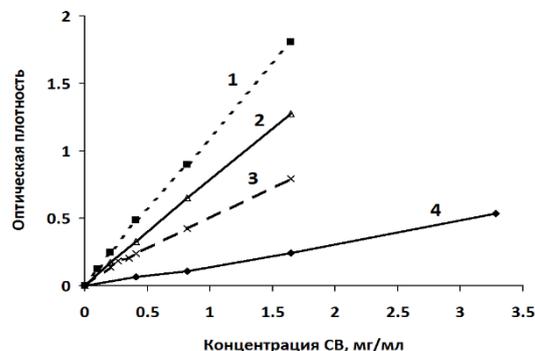


Рис. 4. Взаимосвязь между оптической плотностью и исходной концентрацией сухого вещества в ВПГ растительных экстрактах листьев шалфея (1), цветков ромашки (2), цветков календулы (3) и плодов облепихи (4) в области полосы поглощения I

Таблица 2. Обобщенные показатели состава липидов ВПГ экстрактов растений

| Показатель | Экстракты | | | |
|--|------------------|------------------|------------------|--------------------|
| | Цветки календулы | Плоды облепихи | Цветки ромашки | Листья шалфея |
| Доля фосфолипидов в составе общих липидов, % | 2.6±0.6 n*=13 | 2.6±0.5 n=14 | 1.3±0.1 n=11 | 6.2±0.9 n=16 |
| Доля стеринных в составе общих липидов, % | 0.19±0.08 n=4 | 0.11±0.06 n=4 | 0.10±0.03 n=2 | 0.085±0.015 n=2 |

Примечание. * n – число измерений.

Таблица 3. Состав липидов 50%-ных водно-пропиленгликолевых экстрактов из растительных объектов

| Фракция фосфолипидов, %P | Экстракты | | | |
|------------------------------|----------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| | Цветки календулы, n*=13 | Плоды облепихи, n=15 | Цветки ромашки, n=10 | Листья шалфея, n=10 |
| Лизоформы фосфолипидов (ЛФХ) | 14.1±1.3 | 12.9±1.1 | 4.9±1.8 | 9.8±1.5 |
| Сфинголипиды (СЛ) | 17.6±2.1 | 12.1±1.3 | 18.2±1.4 | 5.2±1.9 |
| Фосфатидилхолин (ФХ) | 14.5±1.0 | 25.2±2.6 | 16.8±1.9 | 19.5±1.4 |
| Фосфатидилинозит (ФИ) | 13.4±0.8 | 16.1±0.6 | 9.9±0.8 | 14.7±1.9 |
| Фосфатидилсерин (ФС) | | | 9.3±1.4 | |
| Фосфатидилэтаноламин (ФЭ) | 11.0±0.8 | 11.3±0.9 | 15.1±1.5 | 10.5±1.6 |
| Кардиолипин (КЛ) | 14.0±1.2 | 9.0±1.2 | 12.0±1.1 | 40.3±3.2 |
| Фосфатидная кислота (ФК) | 15.4±1.1 | 13.4±2.5 | 13.8±0.9 | |

Примечание. * n – число хроматографических дорожек.

Именно в ФЛ 50%-ных ВПГ экстрактов цветков календулы и ромашки обнаружена самая высокая доля СЛ, одной из наиболее трудноокисляемых фракций ФЛ, а экстракты плодов облепихи содержат наибольшее количество ФХ, основного компонента клеточных мембран млекопитающих. Необходимо отметить также высокую долю более легкоокисляемых фракций (ФИ + ФС + ФЭ + КЛ + ФК) в составе ФЛ экстрактов из лекарственных растений, которая в ФЛ из листьев шалфея превышает 65%.

Детальное изучение антиоксидантных свойств экстрактов в зависимости от влияния различных фракций ФЛ на ингибирующую эффективность доминирующих флавоноидов в их составе позволит расшифровать механизм биологической активности, возможно, не только исследованных в работе экстрактов лекарственных растений.

Выводы

1. Определен количественный состав липидов и соотношение в них фракций фосфолипидов в 50%-ных ВПГ экстрактах из листьев шалфея, цветков календулы и ромашки, плодов облепихи.
2. Показано, что липиды экстрактов характеризуются низкой долей фосфолипидов и следовым содержанием стеринов в составе общих липидов.
3. В составе фосфолипидов обнаружена высокая доля более легкоокисляемых фракций, которая в экстрактах листьев шалфея составляет более 65%.
4. С помощью УФ-спектрометрии и математической обработки УФ-спектров подтверждено наличие в изученных экстрактах флавоноидов с разной химической структурой.

Список литературы

1. Стоянова А., Станкова Д., Дилчева М., Даминова С., Димитров М. Технология экстрактов из ноготков для косметики // Известия вузов. Пищевая технология. 2002. №4. С. 74–75.
2. Амельченко В.Е., Болтовский В.С., Бондаренко Ж.В. Влияние состава растительных экстрактов на потребительские свойства косметических средств // Вестці нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. хим. навук. 2016. №1. С. 88–93.
3. Евсеева С.Б., Сысуев Б.Б. Экстракты растительного сырья как компоненты косметических и наружных лекарственных средств: ассортимент продукции, особенности получения (обзор) // Фармация и фармакология. 2016. №3. С. 4–37. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-3-4-37.
4. Ушанова В.М., Воронин В.М., Репях С.М. Исследование влияния компонентов лекарственного растительного сырья на состав получаемых экстрактов // Химия растительного сырья. 2001. №3. С. 105–110.
5. Браславский В.Б., Куркин В.А. Исследование электронных спектров флавоноидов тополя и прополиса // Медицинский альманах. 2011. №2. С. 140–144. DOI: 10.30906/0023-1134-2008-42-9-43-48.
6. Семенистая В.И., Ларионов О.Г. Изучение состава и антиоксидантной активности растительных экстрактов методом ВЭЖХ с УФ- и амперометрическим детектированием // Химико-фармацевтический журнал. 2008. Т. 42. №9. С. 43–48.
7. Фенольные соединения: свойства, активность, инновации: сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума «Фенольные соединения: фундаментальные и прикладные аспекты» / отв. ред. Н.В. Загоскина. М., 2018. 625 с.
8. Волков В.А., Ли Ю.С., Воронков М.В., Лапина Г.П., Мисин В.М. Метод производственного контроля при изготовлении воднопропиленгликолевых растительных экстрактов и их антирадикальные свойства // Сырье и упаковка. 2017. №8 (195). С. 42–44.
9. Волков В.А., Ли Ю.С., Воронков М.В., Лапина Г.П., Завьялов А.Ю., Мисин В.М. Сравнительный анализ антирадикальных свойств и других физико-химических характеристик промышленных образцов воднопропиленгликолевых экстрактов лекарственных растений // Актуальные вопросы биол. физики и химии. 2018. Т. 3. №3. С. 630–635.
10. Геннис Р. Биомембраны: молекулярная структура и функции. М., 1997. 624 с.
11. Тарховский Ю.С., Ким Ю.А., Абдрасилов Б.С., Музафаров Е.Н. Флавоноиды: биохимия, биофизика, медицина. Пушино, 2013. 310 с.
12. Мазалецкая Л.И., Шелудченко Н.И., Шишкина Л.Н. Влияние лецитина на эффективность антиоксидантного действия флавоноидов и α -токоферола // Прикладная биохимия и микробиология. 2010. Т. 46. №2. С. 148–152.
13. Mazaletskaia L.I., Sheludchenko N.I., Shishkina L.N. Inhibitory efficiency of antioxidant and phospholipid mixtures under the different oxidative extent of methyl oleate // Chemistry and Chem. Technology. 2012. Vol. 6. N1. Pp. 35–41.
14. Кейтс М. Техника липидологии. М., 1975. 322 с.
15. Биологические мембраны: методы / под ред. Дж.Б.С. Финдлея, В.Х. Эванза. М., 1990. 423 с.
16. Shishkina L.N., Kushnirva Ye.V., Smotryaeva M.A. The combined effect of surfactant and acute irradiation at low dose on lipid peroxidation in tissues and DNA content in blood plasma of mice // Oxidation Commun. 2001. Vol. 24. N2. Pp. 276–286.
17. Sperry W.M., Webb M. A revision of the schoenheimer-sperry method for cholesterol determination // J. Biol. Chem. 1950. Vol. 187. Pp. 97–106.
18. Брин Э.Ф., Травин С.О. Моделирование механизмов химических реакций // Химическая физика. 1991. Т. 10. №6. С. 830–837.
19. Ботиров Э.Х., Каримов А.Н., Дренин А.А. Флавоноиды растений рода *Scutellaria* L. Сургут, 2016. 146 с.
20. Шарова О.В., Куркин В.А. Флавоноиды цветков календулы лекарственной // Химия растительного сырья. 2007. №1. С. 65–68.

Поступила в редакцию 29 июня 2019 г.

После переработки 3 сентября 2019 г.

Принята к публикации 1 декабря 2019 г.

Для цитирования: Швыдкий В.О., Смирнова А.Н., Волков В.А., Шишкина Л.Н. УФ-спектрометрия и состав липидов водно-пропиленгликолевых экстрактов ряда лекарственных растений // Химия растительного сырья. 2020. №1. С. 67–72. DOI: 10.14258/jcprm.2020016115.

Shvydkiy V.O.*, Smirnova A.N., Volkov V.A., Shishkina L.N. UV-SPECTROMETRY AND THE LIPID COMPOSITION OF THE WATER-PROPYLENEGLYCOL EXTRACTS FROM SEVERAL HERBS

Emanuel Institute of Biochemical Physics of Russian Academy of Sciences, ul. Kosigina, 4, Moscow, 119334 (Russia), e-mail: slavuta58@gmail.com

The physico-chemical properties by means of UV-spectroscopy and the lipid composition of extracts from *Salvia officinalis* L. leaves, the *Calendula officinalis* L and *Matricaria chamomilla* L. flowers; *Hippophae rhamnoides* L fruits were studied. It is shown that extracts characterized the low shares of phospholipids and a trace content of sterols in the total lipid composition. Extracts studied are in the following sequence in accordance with decreasing the phospholipid share in the total lipid composition: *Salvia officinalis* L. leaves > *Calendula officinalis* L flowers = *Hippophae rhamnoides* L fruits > *Matricaria chamomilla* L. flowers. It is shown that the quantitative ratio of phospholipid fractions is determined by the nature of the plant. Thus, the highest relative content of the phospholipid lysoforms in extracts was found in *Calendula officinalis* L flowers and *Hippophae rhamnoides* L fruits, the highest share of sphingolipids was revealed in phospholipids of *Calendula officinalis* L and *Matricaria chamomilla* L flower extracts, and the phospholipids of *Hippophae rhamnoides* L fruit extracts contained the highest amount of phosphatidylcholine. The high content of the more easily oxidizable fractions in the phospholipid composition especially for *Salvia officinalis* L. leaves are revealed. Using UV-spectrometry of extracts and mathematical analysis of these data the presence of flavonoids with different chemical structure is confirmed.

Keywords: water-propyleneglycol extracts, *Calendula officinalis* L, *Calendula officinalis* L, *Matricaria chamomilla* L., *Hippophae rhamnoides* L, phospholipids, UV-spectroscopy.

References

1. Stoyanova A., Stankova D., Dilcheva M., Daminova S., Dimitrov M. *Izvestiya VUZOV. Pishchevaya tekhnologiya*, 2002, no. 4, pp. 74–75 (in Russ.).
2. Amel'chenko V.Ye., Boltovskiy V.S., Bondarenko Zh.V. *Viesci nacyjanalnaj akademiij navuk Bielarusi. Sier. chim. navuk*, 2016, no. 1, pp. 88–93 (in Russ.).
3. Yevseyeva S.B., Sysuyev B.B. *Farmatsiya i farmakologiya*, 2016, no. 3, pp. 4–37. DOI: 10.19163/2307-9266-2016-4-3-4-37 (in Russ.).
4. Ushanova V.M., Voronin V.M., Repyakh S.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2001, no. 3, pp. 105–110 (in Russ.).
5. Braslavskiy V.B., Kurkin V.A. *Meditinskij al'manakh*, 2011, no. 2, pp. 140–144. DOI: 10.30906/0023-1134-2008-42-9-43-48. (in Russ.).
6. Semenistaya V.I., Larionov O.G. *Khimiko-farmatsevticheskiy zhurnal*, 2008, vol. 42, no. 9, pp. 43–48 (in Russ.).
7. *Fenol'nyye soyedineniya: svoystva, aktivnost', innovatsii: sbornik nauchnykh statey po materialam X Mezhdunarodnogo simpoziuma «Fenol'nyye soyedineniya: fundamental'nyye i prikladnyye aspekty»* [Phenolic compounds: properties, activity, innovation: a collection of scientific articles based on the materials of the X International Symposium “Phenolic compounds: fundamental and applied aspects”], ed. N.V. Zagorskina. Moscow, 2018, 625 p. (in Russ.).
8. Volkov V.A., Li Yu.S., Voronkov M.V., Lapina G.P., Misin V.M. *Syr'ye i upakovka*, 2017, no. 8 (195), pp. 42–44 (in Russ.).
9. Volkov V.A., Li Yu.S., Voronkov M.V., Lapina G.P., Zav'yalov A.Yu., Misin V.M. *Aktual'nyye voprosy biol. fiziki i khimii*, 2018, vol. 3, no. 3, pp. 630–635 (in Russ.).
10. Gennis R. *Biomembrany: molekulyarnaya struktura i funktsii*. [Biomembranes: molecular structure and functions]. Moscow, 1997, 624 p. (in Russ.).
11. Tarkhovskiy Yu.S., Kim Yu.A., Abdrasilov B.S., Muzafarov Ye.N. *Flavonoidy: biokhimiya, biofizika, meditsina*. [Flavonoids: biochemistry, biophysics, medicine]. Pushchino: Synchrobook, 2013, 310 p. (in Russ.).
12. Mazaletskaya L.I., Sheludchenko N.I., Shishkina L.N. *Prikladnaya biokhimiya i mikrobiologiya*, 2010, vol. 46, no. 2, pp. 148–152 (in Russ.).
13. Mazaletskaya L.I., Sheludchenko N.I., Shishkina L.N. *Chemistry and Chem. Technology*, 2012, vol. 6, no. 1, pp. 35–41.
14. Keyts M. *Tekhnika lipidologii*. [Technique of lipidology]. Moscow, 1975, 322 p. (in Russ.).
15. *Biologicheskiye membrany: metody* [Biological membranes: methods], ed. Dzh.B.S. Findley, V.Kh. Evanz. Moscow, 1990, 423 p. (in Russ.).
16. Shishkina L.N., Kushnireva Ye.V., Smotryaeva M.A. *Oxidation Commun.*, 2001, vol. 24, no. 2, pp. 276–286.
17. Sperry W.M., Webb M. *J. Biol. Chem.*, 1950, vol. 187, pp. 97–106.
18. Brin E.F., Travin S.O. *Khimicheskaya fizika*, 1991, vol. 10, no. 6, pp. 830–837 (in Russ.).
19. Botirov E.KH., Karimov A.N., Drenin A.A. *Flavonoidy rasteniy roda Scutellaria L.* [Flavonoids of plants of the genus *Scutellaria* L.]. Surgut, 2016, 146 p. (in Russ.).
20. Sharova O.V., Kurkin V.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2007, no. 1, pp. 65–68 (in Russ.).

Received June 29, 2019

Revised September 3, 2019

Accepted December 1, 2019

For citing: Shvydkiy V.O., Smirnova A.N., Volkov V.A., Shishkina L.N. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 67–72. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2020016115.

* Corresponding author.