

Л. В. Лигай, Н. Н. Степанова, С. Л. Аджиакхметова

ПЕКТИНОВЫЕ ВЕЩЕСТВА ОЛИВЫ ЕВРОПЕЙСКОЙ (*OLEA EUROPAEA* L.)**Ключевые слова:** олива европейская (*Olea europaea* L.), полисахариды, физико-химические характеристики, моносахариды.

Олива европейская (*Olea europaea* L.) относится к семейству Oleaceae (Маслиновые) содержит целый комплекс биологически активных соединений, включающий секоиридоиды, терпеноиды, флавоноиды. Сведения о полисахаридном составе ограничены и недостаточно детализированы. Поэтому настоящая работа посвящена полисахаридам *O. europaea*. Природные полисахариды – это макромолекулярные вещества, обладающие большим потенциалом благодаря разнообразной фармакологической активности: иммунорегуляторной, противоопухолевой, противовирусной, антиоксидантной и гипогликемической. Целью работы явилось исследование физико-химических характеристик ПВ оливы европейской (*Olea europaea* L.) и их моносахаридного состава методом ВЭЖХ. Методом ВЭЖХ-УФ анализа обнаружили, что преобладающими моноами являются глюкоза (15,72%), манноза (3,57%), галактоза (2,76%), галактуроновая кислота (2,25%). Определена средняя молярная масса ПВ, выделенных из *O. europaea*, которая составила $M = 1799$ г/моль; поверхностная активность ПВ ($\gamma = 8,5 \cdot 10^{-3}$ Н·м²/моль) и образование мицелл при концентрации $SKCM = 2,78 \cdot 10^{-3}$ моль/л; параметры адсорбционного слоя ПВ; изоэлектрическая точка ПВ (3,7). Показана идентичность величин удельной адсорбции ПВ, рассчитанных по уравнениям Гиббса и Ленгмюра, что позволяет сделать вывод о применимости теории мономолекулярной адсорбции. Определен коэффициент распределения ПВ между двумя жидкими. Степень извлечения ПВ в органическую фазу составила 29,7%. При разработке растительных препаратов из широта, получаемого при промышленном производстве оливкового масла в качестве лекарственных и вспомогательных веществ, могут найти применение полученные нами результаты. Исследуемые ПВ относятся к мицеллообразующим ПАВ и могут быть использованы в качестве вспомогательных и стабилизирующих веществ.

L. V. Ligay, N. N. Stepanova, S. L. Adzhiakhmetova

PECTIN SUBSTANCES OF THE EUROPEAN OLIVE (*OLEA EUROPAEA* L.)**Keywords:** European olive (*Olea europaea* L.), polysaccharides, physicochemical properties, monosaccharides.

Olea europaea L. belongs to the Oleaceae family and contains a complex of biologically active compounds, including secoiridoids, terpenoids, and flavonoids. Information on the polysaccharide composition is limited and insufficiently detailed. Therefore, this study focuses on the polysaccharides of *O. europaea*. Natural polysaccharides are macromolecular substances with great potential due to their diverse pharmacological activities, including immunoregulatory, antitumor, antiviral, antioxidant, and hypoglycemic effects. The aim of the study was to investigate the physicochemical characteristics of the polyphenols of European olive (*Olea europaea* L.) and their monosaccharide composition using the HPLC method. Using HPLC-UV analysis, it was found that the predominant monosaccharides are glucose (15.72%), mannose (3.57%), galactose (2.76%), and galacturonic acid (2.25%). The average molar mass of polyvinyl alcohol isolated from *O. europaea* was determined to be $M = 1799$ g/mol; surface activity of polyvinyl alcohol ($\gamma = 8.5 \cdot 10^{-3}$ N·m²/mol) and micelle formation at a concentration of $SKCM = 2.78 \cdot 10^{-3}$ mol/l; parameters of the adsorption layer of polyvinyl alcohol; isoelectric point of polyvinyl alcohol (3.7). The specific adsorption values for polyvinyl alcohol calculated using the Gibbs and Langmuir equations were shown to be identical, suggesting the applicability of monomolecular adsorption theory. The polyvinyl alcohol partition coefficient between the two liquid phases was determined. The degree of polyvinyl alcohol extraction into the organic phase was 29.7%. Our results may be useful in developing herbal preparations from olive oil meal obtained during industrial production as medicinal and auxiliary substances. The polyvinyl alcohols studied are micelle-forming surfactants and can be used as auxiliary and stabilizing agents.

Введение

Природные полисахариды – это макромолекулярные вещества, обладающие большим потенциалом благодаря широкой биологической активности и низкой токсичности [1]. Полисахариды являются важным компонентом высших растений, мембраны животных клеток и клеточной стенки микроорганизмов. В последнее время все больше внимания уделяется полисахаридам в связи с разнообразной фармакологической активностью: иммунорегуляторной, противоопухолевой, противовирусной, антиоксидантной и гипогликемической [2].

Олива европейская (*Olea europaea* L.) относится к семейству Oleaceae (Маслиновые), роду *Olea* (Маслина) [3]. В работе Dabravolski S.A. и др. были

идентифицированы основные биологически активные соединения *O. europaea* гидрокситирозол и олеуропеин, которые ответственные за антиоксидантное, противовоспалительное, антиагрегантное и антиатерогенное действие оливкового масла. Полученные результаты продемонстрировали положительную связь между потреблением оливкового масла и улучшением результатов лечения атеросклероза, диабета, инфаркта миокарда, сердечной недостаточности, гипертонии и ожирения [4].

Спектрофотометрически определено суммарное содержание полифенолов, антоцианидинов, фотосинтетических пигментов в листьях *O. europaea*, произрастающих в коллекции Никитского ботанического сада [5].

Анализируя данные литературы, установили, что *O. europaea* содержит целый комплекс биологически активных соединений, включающий секоиридоиды, терпеноиды, флавоноиды. Сведения о полисахаридном составе ограничены и недостаточно детализированы. Поэтому настоящая работа посвящена полисахаридам *O. europaea*.

Ранее нами был изучен количественный и качественный состав полисахаридных фракций олив, а также определено содержание уруновых кислот в пектиновых веществах (ПВ). Предварительно методом бумажной хроматографии после кислотного гидролиза установили, что в гидролизатах ПВ обнаружена глюкоза, галактуриновая кислота [6].

Целью работы явилось исследование физико-химических характеристик ПВ оливы европейской (*Olea europaea* L.) и их моносахаридного состава методом ВЭЖХ.

Материалы и методы исследования

Объект исследования – ПВ, выделенные из маринованных оливо сорта Никитский, собранных в Никитском ботаническом саду.

Методика анализа – ВЭЖХ-УФ определения моноз в ПВ. **Условия:** хроматографическая колонка – GeminiNX-C18, 150 x 4,6 мм, 5 мкм, размер пор 110 Å; скорость потока – 0,6 мл/мин, температура 30°C; диодно-матричный детектор (DAD) при 245 нм; объём анализируемой пробы – 10 мкл.

С использованием характеристической вязкости $[\eta]$ и констант K , α определили среднюю молярную массу ПВ [7, 8]:

$$[\eta] = KM^\alpha, \quad (1)$$

Поверхностное натяжение растворов (σ_x) рассчитывали по уравнению:

$$\sigma_x = \frac{\sigma_0 \cdot P_x}{P_0}, \quad (2)$$

где P_0 – давление пузырька воздуха в воду, P_x – давление пузырька растворов ПВ различных концентраций.

Эмпирическое уравнение Шишковского:

$$\sigma = \sigma_0 - B \cdot \ln(1 + KC) \quad (3)$$

Обработка экспериментальных данных проводилась с использованием программы Graph, версия 4.4.2. Найдены коэффициенты B и K . С помощью экспериментальной зависимости $\sigma = f(C)$ была рассчитана величина удельной адсорбции ПВ (Γ):

$$\Gamma = -\frac{d\sigma}{dC} \cdot \frac{C}{RT}, \quad (4)$$

где R – универсальная газовая постоянная (8,314 Дж/моль·К), T – температура (296 К).

Взаимосвязь производной $\left(-\frac{d\sigma}{dC}\right)$ с найденными константами B и K и C :

$$-\frac{d\sigma}{dC} = \frac{BK}{1 + KC} = \frac{B}{\frac{1}{K} + C} \quad (5)$$

Адсорбционное уравнение Гиббса:

$$\Gamma = \Gamma_\infty \cdot \frac{KC}{1 + KC} \quad (6)$$

Уравнению Ленгмюра, описывающему процесс мономолекулярной адсорбции:

$$A = A_\infty \cdot \frac{KC}{1 + KC}, \quad (7)$$

где K – константа адсорбционного равновесия.

В соответствии с законом распределения Нернста коэффициент распределения ПВ между этилацетатом и водой:

$$K = \frac{C_1}{C_2^n}, \quad (8)$$

где C_1 – концентрация ПВ в рафинате, C_2 – концентрация ПВ в экстракте, n – степень ассоциации).

Степень извлечения ПВ в органическую фазу описывалась уравнением:

$$\alpha = 1 - \frac{KV_1}{KV_1 + V_2} = \frac{1}{K + 1}, \quad (9)$$

где V_1 и V_2 – объём исходного раствора ПВ (30мл) и объём экстрагента (этилацетата).

Результаты и обсуждение

Определение моноз ВЭЖХ-УФ

На хроматограмме холостого раствора отсутствуют пики, которые могли бы интерферировать с пиками СО моносахаридов. Указанные условия анализа можно использовать для контроля содержания моносахаридов в ПВ, так как пики всех моноз имеют приемлемое разрешение. В работе использовали методику в основе, которой лежит предколоночная дериватизация моносахаридов после гидролиза с 1-фенил-3-метил-5-пиразолоном [9 – 11].

Схема реакции моносахаридов с ФМП представлена на рисунке 1.

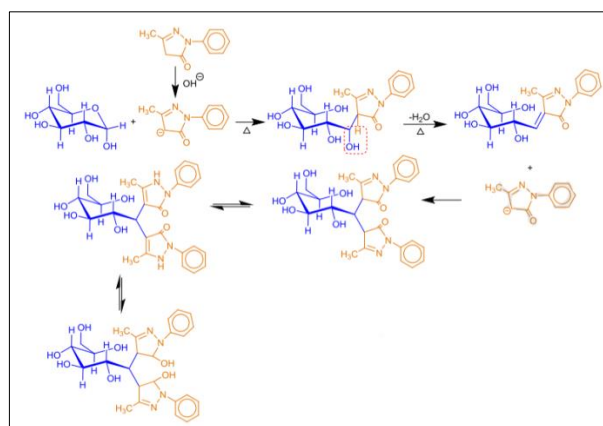


Рис. 1 – Схема реакции моносахаридов с раствором 1-фенил-3-метил-5-пиразолона [12]

Fig. 1 – Scheme of the reaction of monosaccharides with a solution of 1-phenyl-3-methyl-5-pyrazolone [12]

Содержание моносахаридов в ПВ составило 26,21%: манноза – 3,57%, рамноза – 0,10%, глюкоуриновая кислота – 0,20%, галактуриновая

кислота – 2,25%, глюкоза – 15,72%, ксилоза – 0,40%, галактоза – 2,76%, арабиноза – 1,22%.

Полученные нами ранее предварительные исследования мономерного состава согласуются с данными ВЭЖХ-УФ анализа. Преобладающими монозами являются глюкоза (15,72%), манноза (3,57%), галактоза (2,76%), галактуроновая кислота (2,25%).

Изучение коллоидно-химических свойств ПВ *O. europaea*.

Для определения средней молекулярной массы с помощью капиллярного вискозиметра Оствальда измеряли время истечения приготовленных растворов различных концентраций (C) и время истечения воды. Для проведения опыта брали 15 мл водных растворов ПВ различной концентрации.

На рисунке 2 представлена зависимость приведенной вязкости от концентрации в виде прямой $f(x) = 0.028 \cdot x + 0.0886$, полученной при помощи программы Graph по методу наименьших квадратов, R^2 – коэффициент их взаимной корреляции. Характеристическая вязкость $[\eta] = 0,0886$.

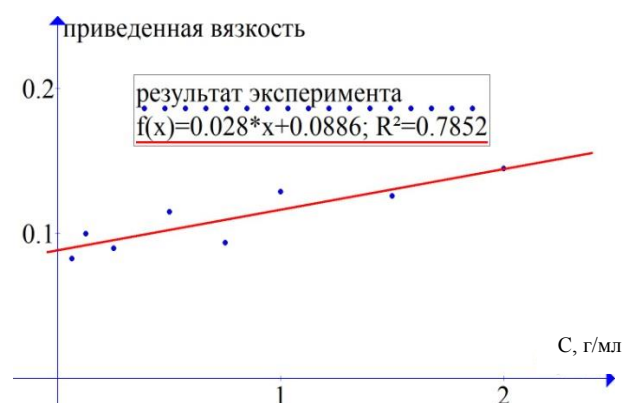


Рис. 2 – Определение $[\eta]$ растворов ПВ

Fig. 2 – Determination $[\eta]$ of solutions of PS

Молярная масса ПВ составила $M = 1799$ г/моль

Поверхностно-активные свойства ПВ определяли методом Ребиндера. По экспериментальным данным с помощью программы Graph найдены коэффициенты B и K ($B = 14,5 \cdot 10^{-3}$ Н/м; $K = 0,5846$ м³/моль), построена изотерма поверхностного натяжения (зависимость $\sigma = f(C)$).

Полученные результаты свидетельствуют о том, что ПВ являются поверхностно-активными веществами и их поверхностная активность составила $8,5 \cdot 10^{-3}$ Н·м²/моль.

Обнаружили высокий коэффициент корреляции ($R^2 = 0,9799$) при сравнении значений поверхностного натяжения растворов ПВ, рассчитанных по экспериментальным данным и по уравнению Шишковского. Поэтому можно сделать вывод о применимости уравнения Шишковского.

Обработка экспериментальной зависимости $\sigma = f(C)$ позволяет рассчитать величину удельной адсорбции пектиновых веществ (поверхностного избытка Γ) по уравнению Гиббса (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты определения удельной адсорбции ПВ

Table 1 – Results of determination of specific adsorption of PS

№	C , моль/м ³	$\frac{d\sigma}{dC} \cdot \frac{H \cdot m^2}{\text{моль}}$	$\Gamma \cdot 10^6$ моль/м ²
H ₂ O	–	0,0085	–
1	0.347	0.0071	1.0011
2	0.695	0.0061	1.7227
3	1.390	0.0047	2.6547
4	2.779	0.0032	3.6136
5	4.169	0.0025	4.2352
6	5.559	0.0020	4.5178
7	8.338	0.0014	4.7434
8	11.117	0.0011	4.9691

Величину предельной адсорбции ($\Gamma_{\infty} = 5,89 \cdot 10^{-6}$ моль/м²) рассчитали используя уравнение Гиббса.

Величину предельного поверхностного избытка можно также определить графически, построив изотерму адсорбции в обратных координатах. График зависимости $1/\Gamma = f(1/C)$ представляет собой прямую линию, отсекающую по оси ординат отрезок $1/\Gamma_{\infty}$ (рисунок 5): $1/\Gamma_{\infty} = 0,1719 \cdot 10^6$; $\Gamma_{\infty} = 5,82 \cdot 10^{-6}$ моль/м².

Найденная величина предельного поверхностного избытка позволяет определить параметры адсорбционного слоя: $S = 28,2 \cdot 10^{-20}$ м² = 28,2 А², $l = 10,6 \cdot 10^{-9}$ м = 106 А, $V = 2989,2$ А³.

Результаты расчетов величины удельной адсорбции по уравнениям Гиббса и Ленгмюра приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Значения удельной адсорбции ПВ, рассчитанные по уравнениям Гиббса и Ленгмюра

Table 2 – Values of specific adsorption of PS calculated using the Gibbs and Langmuir equations

C , моль/м ³	$\Gamma \cdot 10^6$ по Гиббсу, моль/м ²	$A \cdot 10^6$ по Ленгмюру, моль/м ²
0.347	1.0011	0,9933
0.695	1.7227	1,7017
1.390	2.6547	2,6405
2.779	3.6136	3,6459
4.169	4.2352	4,1764
5.559	4.5178	4,5040
8.338	4.7434	4,8873
11.117	4.9691	5,1046

Сопоставление полученных результатов и малое значение среднеквадратичной ошибки ($MSE = 0,075 \cdot 10^{-6}$ моль/м²) подтверждает применимость уравнения Ленгмюра и является признаком мономолекулярного характера адсорбции.

Поверхностно-активные вещества при определенной концентрации в растворе начинают собираться в мицеллах. Форма этих мицелл может меняться в зависимости от того, сколько ПАВ находится в растворе. Минимальная концентрация, при которой начинается образование мицелл,

называется критической концентрацией мицеллообразования (ККМ). Она может быть определена графически по зависимости поверхностного натяжения (σ) от логарифма концентрации ($\lg C$), как иллюстрирует изотерма на рисунке 3.

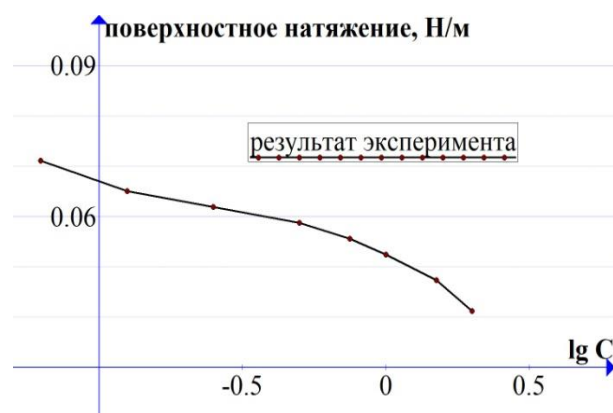


Рис. 3 – Изотерма поверхностного натяжения растворов ПВ оливы в полулогарифмических координатах

Fig. 3 – Isotherm of surface tension of olive PS in semi-logarithmic coordinates

Образование мицелл ПВ наступает при концентрации раствора $C_{\text{ККМ}} = 0,5\% = 2,779 \text{ моль/м}^3 = 2,779 \cdot 10^{-3} \text{ моль/л}$. Водные растворы ПВ проводят электрический ток. Для определения изоэлектрической точки (ИЭТ) вискозиметрическим методом готовили по 10 мл ацетатных буферных растворов и по 5 мл 1% растворов ПВ.

Результаты эксперимента представлены в таблице 3 и на рисунке 4.

Таблица 3 – Определение ИЭТ ПВ

Table 3 – Determination of the isoelectric point of PS

№	$V_{\text{CH}_3\text{COOH}}$ мл ($C = 0.2 \text{ M}$)	$V_{\text{CH}_3\text{COONa}}$	pH	t, c	$\eta_{\text{отн}}$	ИЭТ
1	9.7	0.3	3.2	98.26	1.017	3.7
2	9.2	0.8	3.7	97.82	1.013	
3	7.8	2.2	4.2	98.69	1.022	
4	5.2	4.8	4.7	99.43	1.029	
5	2.6	7.4	5.2	99.70	1.032	
6	1.0	9.0	5.7	99.44	1.029	
H ₂ O	–	–	–	96.60	–	



Рис. 4 – Определение ИЭТ ПВ

Fig. 4 – Determination of the isoelectric point of PS

С использованием кондуктометрического метода проводилось определение коэффициента распределения ПВ между двумя жидкими фазами.

С помощью кондуктометра «Эксперт-002» определена удельная электрическая проводимость (κ) исходных растворов ПВ объемом 30 мл различной концентрации (C_0) и растворов, оставшихся после проведения экстракции (рафинатов). Концентрацию ПВ в водных растворах после проведения экстракции (C_1) определяли по разнице: $C_2 = C_0 - C_1$.

Для определения степени ассоциации и коэффициента распределения уравнение Нернста приводили в линейную форму путем логарифмирования. Отрезок, отсекаемый полученной прямой на оси ординат, равен $\lg K$, а тангенс ее наклона равен n (рис. 5).

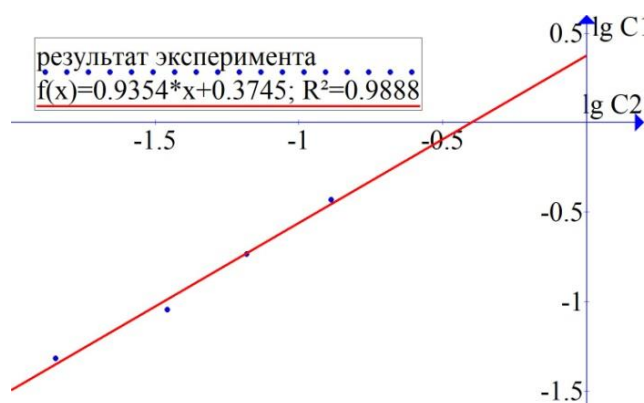


Рис. 5 – Графическое определение коэффициента распределения и степени ассоциации ПВ

Fig. 5 – Graphical determination of the distribution coefficient and the degree of association of PS

Результаты определения коэффициента распределения и степени извлечения ПВ, полученные в ходе эксперимента, представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты определения коэффициента распределения ПВ

Table 4 – Results of determination of the distribution coefficient of PS

№	$\lg C_1$	$\lg C_2$	n	$K_{\text{граф}}$	K	$\alpha, \%$
1	-1.317	-1.845	0,9354	2,369	2,562	29.7
2	-1.045	-1.458			2,086	
3	-0.735	-1.182			2,348	
4	-0.431	-0.888			2,507	
				$K_{\text{ср}} =$	2,376	

Нами определен коэффициент распределения ПВ между двумя жидкими фазами. Коэффициент распределения ПВ по уравнению Нернста ($K_{\text{ср}} = 2,376$) согласуется с графически полученным ($K_{\text{гр}} = 2,369$), что подтверждает надежность наших данных. Степень извлечения ПВ в органическую фазу составила 29,7%.

Закключение

Методом ВЭЖХ-УФ анализа обнаружили, что преобладающими монозами являются глюкоза

(15,72%), манноза (3,57%), галактоза (2,76%), галактуроновая кислота (2,25%).

Определена средняя молярная масса ПВ, выделенных из *O. europaea*, которая составила $M = 1799$ г/моль; поверхностная активность ПВ ($\gamma = 8,5 \cdot 10^{-3}$ Н·м²/моль) и образование мицелл при концентрации $C_{КМ} = 2,78 \cdot 10^{-3}$ моль/л; параметры адсорбционного слоя ПВ; изоэлектрическая точка ПВ (3.7).

С высокой точностью определены эмпирические константы уравнения Шишковского. Величин удельной адсорбции ПВ, рассчитанна по уравнениям Гиббса и Ленгмюра. Коэффициент распределения ПВ по уравнению Нернста ($K_{ср} = 2,376$) согласуется с графически полученным ($K_{гр} = 2,369$), что подтверждает надежность наших данных. Степень извлечения ПВ в органическую фазу составила 29,7%.

Исследуемые ПВ относятся к мицеллообразующим ПАВ и могут быть использованы в качестве вспомогательных и стабилизирующих веществ.

Литература

1. T. Liu, Q. Ren, S. Wang, J. Gao, C. Shen, S. Zhang, Y. Wang, F. Guan, *Molecules*, **28**, 16, 6073 (2023). DOI: 10.3390/molecules28166073
2. Y. Yu, M. Shen, Q. Song, J. Xie, *Carbohydr Polym*, **183**, 91-101 (2018). DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2017.12.009
3. В.Н. Леонова, А.Г. Курегян, С.В. Печинский, *Химия растительного сырья*, **4**, 5-24. (2025). DOI: 10.14258/JCPRM.20250416671
4. S.A. Dabravolski, E.M. Pleshko, V.N. Sukhorukov, V.Y. Glanz, I.A. Sobenin, A.N. Orekhov, *Curr Top Med Chem*, **24**, 25, 2173-2190 (2024). Doi: 10.2174/0115680266314560240806101445
5. О.Г. Белоус, А.В. Паштетская, Н.Б. Платонова, *Бюллетень ГНБС*, **147**, 49-55 (2023). DOI: 10.25684/0513-1634-2023-147-49-56
6. Л.В. Лигай, С.Л. Аджиахметова, Л.И. Бутенко, Н.Н. Бакова, *Вопросы обеспечения качества лекарственных средств*, **2**, 44, 4-12 (2024). DOI: 10.34907/JRQAI.2024.86.50.002
7. С.Л. Аджиахметова, Л.П. Мыкоц, Н.Н. Степанова, Н.М. Червонная, *Медико-фармацевтический журнал «Пульс»*,

- 22, 6, 88-92. (2020). DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-6-88-92.
8. А.А. Шамилов, В.Н. Бубенчикова, Н.Н. Степанова, Е.Р. Гарсия, *Химия растительного сырья*, **4**, 89-98 (2023). DOI: 10.14258/JCPRM.20230412174
9. A.V. Cebin, D. Komes, M.-C. Ralet, *Polymers*, **14**, 3, (2022). DOI: 10.3390/POLYM14030544
10. D.N. Olennikov, V.V. Chemposov, N.K. Chirikova, *Foods*, **11**, 18, (2022). DOI: 10.3390/Foods11182801
11. X. Sun, H. Wang, X. Han, S. Chen, S. Zhu, J. Dai, *Carbohydrate Polymers*, **114**, 432-439 (2014).
12. W. Wang, F. Chen, F. Zheng, B. Russell, *Food Chemistry*, **309**. (2020). DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2019.125686

References

1. T. Liu, Q. Ren, S. Wang, J. Gao, C. Shen, S. Zhang, Y. Wang, F. Guan, *Molecules*, **28**, 16, 6073 (2023). DOI: 10.3390/molecules28166073
2. Y. Yu, M. Shen, Q. Song, J. Xie, *Carbohydr Polym*, **183**, 91-101 (2018). DOI: 10.1016/J.CARBPOL.2017.12.009
3. V.N. Leonova, A.G. Kuregyan, S.V. Pechinsky, *Chemistry of Plant Raw Materials*, **4**, 5-24. (2025). DOI: 10.14258/JCPRM.20250416671
4. S.A. Dabravolski, E.M. Pleshko, V.N. Sukhorukov, V.Y. Glanz, I.A. Sobenin, A.N. Orekhov, *Curr Top Med Chem*, **24**, 25, 2173-2190 (2024). Doi: 10.2174/0115680266314560240806101445
5. O.G. Belous, A.V. Pashtetskaya, N.B. Platonova, *Bulletin of the State Scientific Center of Biological Sciences*, **147**, 49-55 (2023). DOI: 10.25684/0513-1634-2023-147-49-56
6. L.V. Ligay, S.L. Adzhiakhmetova, L.I. Butenko, N.N. Bakova, *Issues of Quality Assurance of Medicines*, **2**, 44, 4-12 (2024). DOI: 10.34907/JRQAI.2024.86.50.002
7. S. L. Adzhiakhmetova, L. P. Mykots, N. N. Stepanova, N. M. Chervonnaya, *Medical and Pharmaceutical Journal «Pulse»*, **22**, 6, 88-92. (2020). DOI: 10.26787/nydha-2686-6838-2020-22-6-88-92.
8. A. A. Shamilov, V. N. Bubenichikova, N. N. Stepanova, E. R. Garcia, *Chemistry of Plant Raw Materials*, **4**, 89-98 (2023). DOI: 10.14258/JCPRM.20230412174
9. A.V. Cebin, D. Komes, M.-C. Ralet, *Polymers*, **14**, 3, (2022). DOI: 10.3390/POLYM14030544
10. D.N. Olennikov, V.V. Chemposov, N.K. Chirikova, *Foods*, **11**, 18, (2022). DOI: 10.3390/Foods11182801
11. X. Sun, H. Wang, X. Han, S. Chen, S. Zhu, J. Dai, *Carbohydrate Polymers*, **114**, 432-439 (2014).
12. W. Wang, F. Chen, F. Zheng, B. Russell, *Food Chemistry*, **309**. (2020). DOI: 10.1016/J.FOODCHEM.2019.125686

© Л. В. Лигай – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры Органической химии, Пятигорский медико-фармацевтического институт (ПМФИ) – филиал ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный медицинский университет» (ВГМУ) Минздрава РФ, Ставропольский край, г. Пятигорск, Россия, ligay_59@mail.ru; Н. Н. Степанова – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры Неорганической, физической и коллоидной химии, ПМФИ – филиал ВГМУ, stepanova131265@gmail.com; С. Л. Аджиахметова – канд. фармацевт. наук, доцент кафедры Органической химии, ПМФИ – филиал ВГМУ, similla503@mail.ru.

© L. V. Ligay – PhD (Pharmaceutical Sci.), Associate Professor, Department of Organic Chemistry, Pyatigorsk Medical and Pharmaceutical Institute (PMFI) – a branch of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education “Volgograd State Medical University” (VSMU) under the Ministry of Health of the Russian Federation, Stavropol Krai, Pyatigorsk, Russia, ligay_59@mail.ru; N.N. Stepanova – PhD (Pharmaceutical Sci.), Associate Professor, Department of Inorganic, Physical, and Colloid Chemistry, PMFI – a branch of VSMU, stepanova131265@gmail.com; S. L. Adzhiakhmetova – PhD (Pharmaceutical Sci.), Associate Professor, Department of Organic Chemistry, PMFI – a branch of VGMU, similla503@mail.ru.

Дата поступления рукописи в редакцию – 19.05.26.

Дата принятия рукописи в печать – 04.06.26.