

УДК 547.982/83/84

СТРУКТУРА ПОЛИФЕНОЛОВ ЛИСТЬЕВ СУМАХА ДУБИЛЬНОГО *RHUS CORIARIA L.*

© *Ж.Ф. Зиявитдинов**, Ю.И. Ощепкова, Н.Г. Абдулладжанова, Ш.И. Салихов

*Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз,
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125 (Республика Узбекистан),
e-mail: Jamolitdin@mail.ru*

Цель данной работы – изучение состава и структурная характеристика полифенолов сумеха дубильного *Rhus coriaria L.* семейства *Сумаховые Anacardiaceae*, произрастающего на территории Узбекистана, с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором (ВЭЖХ-DAD) и тандемного хромато-масс-спектрометра (ВЭЖХ–Q-TOF-MS/MS).

Исследованы фенольные соединения надземной части (листья) *Rhus coriaria L.* растения семейства *Anacardiaceae*. Впервые из листьев сумеха дубильного методом ступенчатой гидрофобной хроматографии проведено выделение полифенольных фракций. Методом ВЭЖХ, в результате проведенной полупрепаративной хроматографии из фракции, элюированной 30% раствором этанола, получено 9 индивидуальных соединений в количестве: R-1 – 0,5 мг, R-2 – 0,8 мг, R-3 – 2,3 мг, R-4 – 12,6 мг, R-5 – 34,5 мг, R-6 – 15 мг, R-7 – 8 мг, R-8 – 7,1 мг, R-9 – 45,5 мг. В результате масс-спектрометрических анализов и ЯМР-спектроскопии для отдельных полифенолов установлено, что выделенные в индивидуальном состоянии полифенолы состоят из галловой кислоты и глюкозы, связанных между собой сложноэфирной связью: моно-, ди-, три-, тетра-, пента-, гекса-, гепта-, окта- и нона – О-галлоил-β-D-глюкозы.

Ключевые слова: *Rhus coriaria L.*, семейство *Anacardiaceae*, хроматография, масс-спектр, структура, фрагментация, полифенолы.

Введение

Сумах дубильный (*Rhus coriaria L.*, семейство *Anacardiaceae*) распространен в Средиземноморье, в южной части Европы, Центральной и Средней Азии. Название происходит от «sumâqâ», что означает «красный» на сирийском языке. В народной медицине и традиционной арабско-палестинской травяной медицине это растение использовалось для лечения рака, инсульта, гипертонии, диареи, дизентерии, диабета, атеросклероза, кори, оспы, гематомы, офтальмии, болей в животе, полиурии, заболеваний печени, болезни зубов и десен, головных болей, укусов животных и дерматитов [1, 2]. Экстракты сумеха обладают антиоксидантным [3–9], антидиабетическим [10], гипогликемическим [11], антифиброгенным [12] и противоопухолевым [13, 14] свойствами. Также было показано, что он полезен при лечении остеоартрита [15]. Извлечения из листьев сумеха обладают противомикробными [16, 17], антибактериальными [18–21], противовирусными [22], противомаларийными [23] и противогрибковыми [24] свойствами.

Несмотря на это, химический состав анатомических частей этого растения подробно не изучен. Ibrahim M. Abu-Reidah с соавторами с помощью ВЭЖХ-DAD-ESI-MS/MS изучили состав плодов сумеха. Они идентифицировали 211 соединений, определив их время

Зиявитдинов Жамолитдин Фазлитдинович – кандидат химических наук, заместитель директора по науке и инновациям, e-mail: Jamolitdin@mail.ru

Ощепкова Юлия Георевна – доктор химических наук, заведующая лабораторией химии белков и пептидов, e-mail: joshepkova05@rambler.ru

Абдулладжанова Нодира Гулямжановна – доктор химических наук, ведущий научный сотрудник лаборатории ЭТЛ, e-mail: anodira73@rambler.ru

Салихов Шавкат Исмаилович – академик, директор, e-mail: joshepkova05@rambler.ru

удерживания в колонке (tR), точную молекулярную массу в режимах отрицательной и положительной ионизации, молекулярную формулу, а также MS/MS фрагментарных ионов [25]. Молекулярные массы определенных компонентов в этой работе не превышали 1000 Да. Mohammad Arfan Al-Boushi с соавторами методом ВЭЖХ обнаружили ванилиновую,

* Автор, с которым следует вести переписку.

галловую, эллаговую, кофейную, гидроксibenзойную кислоту и их производные [26]. Хотя *R. coriaria* является особенно богатым источником фенольных соединений [27], фенольные составляющие листьев сумхада до сих пор изучены не полностью.

Таким образом, цель настоящего исследования – изучение полифенольного состава этилацетатной фракции хлороформного экстракта листьев *R. coriaria*, выращиваемого в Узбекистане, с использованием высокоэффективного жидкостного хроматографа с диодно-матричным детектором (ВЭЖХ-DAD) и тандемного хромато-масс-спектрометра (ВЭЖХ– Q-TOF-MS/MS).

Экспериментальная часть

Экстракция сырья хлороформом. 100 г измельченного воздушно-сухого сырья помещали в колбу емкостью 1 л, снабженную обратным холодильником. Заливали 0.8 л хлороформа и экстрагировали на водяной бане при температуре 50–55 °С при регулярном перемешивании в течение 2 ч. После этого хлороформное извлечение отфильтровывали через воронку Бюхнера, а сырье заливали новой порцией экстрагента. После трехкратной обработки сырье высушивали под тягой до удаления следов растворителя.

Экстракция сырья 70%-ным водным ацетоном. В колбу емкостью 1.5 л, снабженную обратным холодильником, помещали по 100 г обработанного хлороформом сырья. В нее заливали 1.0 л экстрагента – 70%-ного водного ацетона. Экстракцию проводили на водяной бане при температуре 50–55 °С в течение 2 ч при регулярном перемешивании. Экстракцию повторяли 3-кратно. Полученное извлечение отогнали на роторном испарителе до водного остатка. Водный остаток обрабатывали этилацетатом и получали этилацетатную фракцию. Этилацетатную фракцию сгущали и обрабатывали 6-кратным объемом гексана. Выпал хлопьевидный осадок – сумма полифенолов (СП) (выход 16%).

Гидрофобная хроматография. 450 мг суммы полифенолов растворяли в 50 мл 2.5% этанола в воде и с помощью перистальтического насоса пропускали через колонку 1.5×30 см, заполненную сорбентом Силохром 80 C18 [28]. Несорбированные вещества промывали 2.5% этанолом в воде. Элюирование сорбированных веществ проводили в ступенчатом градиенте 10, 30, 40 и 96% этанола. Полученные фракции концентрировали на роторном испарителе и лиофилизировали. Полученные фракции обозначили как P-10, P-30, P-40 и P-96. При этом выход составил P-10 – 0.89%, P-30 – 82.22%, P-40 – 15.75% и P-96 – 1.11% от исходной массы полифенолов.

Высокоэффективную жидкостную хроматографию проводили на хроматографе PHPLCDIONEX (Германия). Использовали полупрепаративную колонку XSelectCSHPrepC₁₈, 5 мкл, 10×250 мм (Waters, USA), для рехроматографии и аналитических целей – PhenomenexC₁₈, 5 мкл, 4.6×250 мм (Waters, USA). Растворы А – 0.1% ТФУК, В – ацетонитрил. Градиент концентрации ацетонитрила: 0 мин – 15%, 28 мин – 25%, 33–38 мин – 60%, 43 мин – 15%. Скорость потока – 3 мл/мин (для анализа и рехроматографии 1 мл/мин). Поглощение – при 269 нм.

Масс-спектрометрический анализ фракций выделенных полифенолов. Масс-спектрометрические исследования выделенных полифенолов проводили на приборе Q-TOF LC-MS Agilent Technologies серии 6520В в следующих условиях: источник ионизации – ESI, поток осушающего газа – 5 л/мин, температура осушающего газа – 300 °С, напряжение на: конусе скиммера – 20V, фрагменторе 125V, диапазон масс: в режиме MS 100 – 2000 m/z, а в режиме Targeted MS/MS 50 – 2000 m/z, энергия столкновения (collision energy) – 35, 50 eV. Способ ионизации: отрицательный. Образцы вводили в масс-спектрометр с помощью хроматографа фирмы Agilent Technologies серии 1200, колонка Zorbax SBC₁₈, 3 μm, 0.5×150 мм. Мобильная фаза: А – 0.1% раствор муравьиной кислоты, В – ацетонитрил + 0.1% муравьиная кислота. Элюирование осуществляли на приборе Agilent Technologies серии 1260 Cap Pump при скорости потока 15 мкл/мин. Градиент концентрации раствора В – минутах: 0–5 мин – 20%, 20 мин – 25%, 25 мин – 30%, 25.1 – 30 мин – 60%, 35 мин – 20%. Растворы дегазировали на приборе Agilent Technologies 1260 μ-degasser. Образцы наносили в колонку с помощью прибора Agilent Technologies Micro WPS по 1 мкл из раствора полифенолов с концентрацией 0.1 мг/мл.

Для характеристики соединений, обнаруженных в этой работе, с помощью данных MS проводилась интерпретация MS/MS-спектров в сравнении с найденными в литературе. В процессе идентификации были просмотрены следующие публичные базы данных: ChemSpider (<http://www.chemspider.com>), SciFinderScholar (<https://scifinder.cas.org>), База данных KeggLigand (<http://www.genome.jp/kegg/>) и Phenol-Explorer (www.phenol-explorer.eu).

Обсуждение результатов

В результате ВЭЖХ-анализа полифенольной фракции обнаружено 45 пиков, интенсивно поглощающих при 269 нм и элюируемых из колонки в кратком промежутке времени, вследствие чего выделение индивидуальных компонентов становилось крайне сложным. Поэтому для получения индивидуальных компонентов в достаточном количестве проводилось предварительное фракционирование методом гидрофобной хроматографии на колонке 1.5×30 см, заполненной сорбентом Силохром 80 С18. Элюирование сорбированных веществ проводили в ступенчатом градиенте 10, 30, 40 и 96% этанола. Полученные фракции обозначили как Р-10, Р-30, Р-40 и Р-96. ВЭЖХ-анализ полученных фракций представлен на рисунке 1. Несорбированные вещества, фракции Р-10 и Р-96, содержали в себе незначительное количество веществ и поэтому их дальнейшая очистка не представляла практического интереса.

Как следует из хроматограмм, основная часть водорастворимых полифенолов содержится во фракции Р-30 (370 мг), а во фракции Р-40 (71 мг) – гидрофобные компоненты. Исходя из этого, подобраны оптимальные условия полупрепаративного разделения мажорных компонентов фракций Р-30 методом ВЭЖХ. Профиль элюции представлен на рисунке 2.

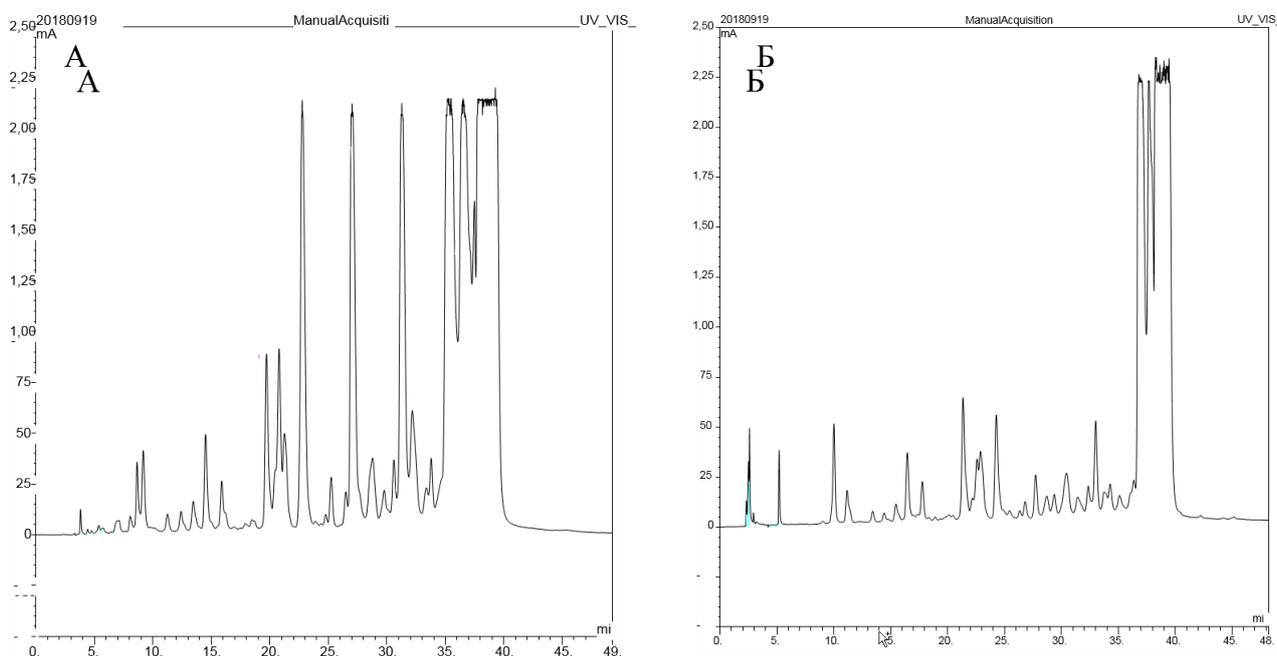


Рис. 1. ВЭЖХ-анализ фракций, полученных после гидрофобной хроматографии. Растворы: А – 0.1% ТФУК, В – ацетонитрил. Градиент концентрации ацетонитрила: 0 мин – 15%, 28 мин – 25%, 33–38 мин 60%, 43 мин – 15%. Фракции: А – Р-30%, Б – Р-40%

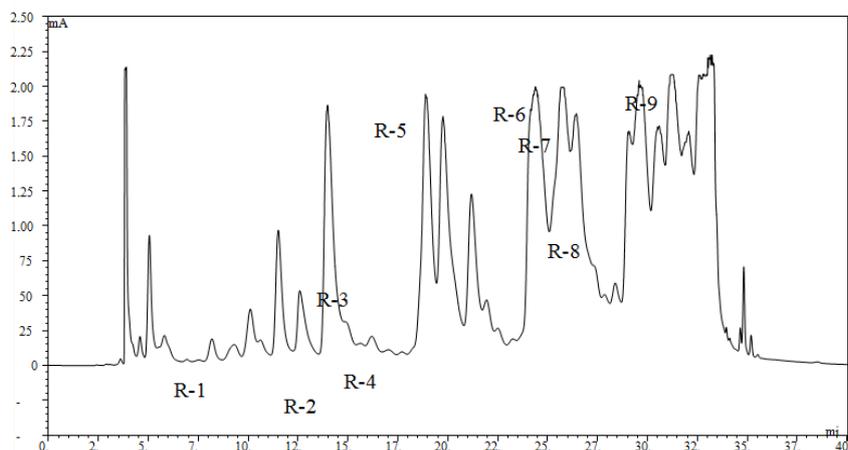
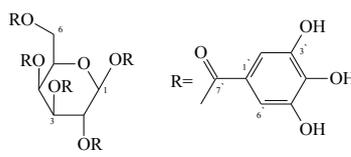
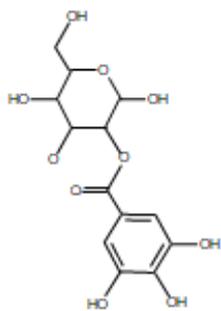


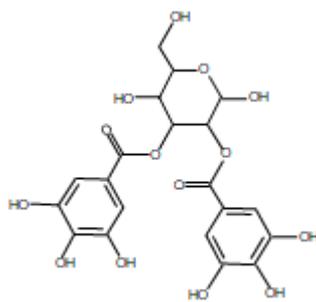
Рис. 2. Полупрепаративное разделение фракции Р-30

Таблица 2. Химические сдвиги ^1H и ^{13}C ЯМР полифенола R-5 ($\text{C}_5\text{D}_5\text{N}$, δ , м.д., J/Гц, 400 МГц)

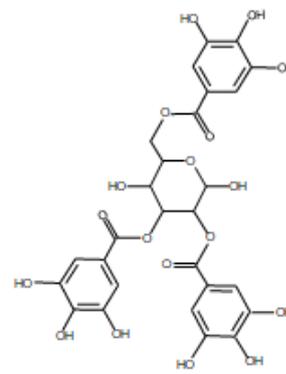
C atom	δ_{C}	δ_{H} (J/Hz)		C atom	δ_{C}	δ_{H} (J/Hz)
1	94.09	6.66, д (8.3)			3', 5'	147.96
2	72.35	6.47, т (9.6)	4'		148.05 (2C)	—
3	74.01	6.06, м			148.08	—
4	69.39	6.06, м			148.12	—
5	74.51	4.59, м				
6	62.97	4.46, уш.д. (10.1) 4.59, м				
1'	119.70	—		7'	166.14	—
	120.40	—			166.61	—
	120.48	—			166.92	—
	120.60	—			167.26	—
	121.23	—			167.43	—
2', 6'	110.91 (2C)	7.64, с				
	111.03	7.65, с				
	111.07	7.67, с				
	111.27	7.69, с				
		7.75, с				



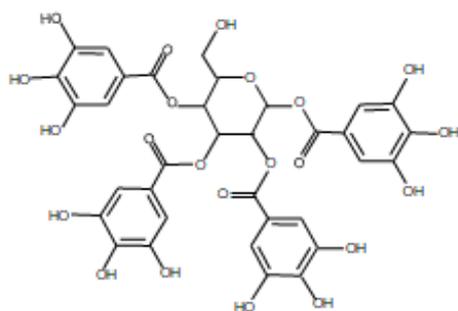
R-1

2-O-галлоил- β -D-глюкозы

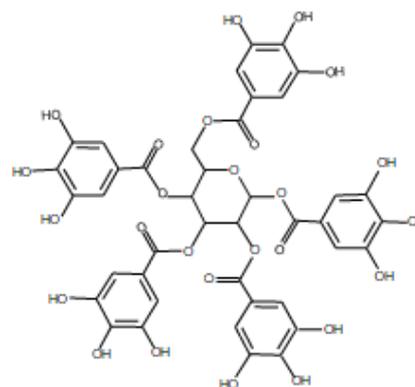
R-2

2,3-O-галлоил- β -D-глюкозы

R-3

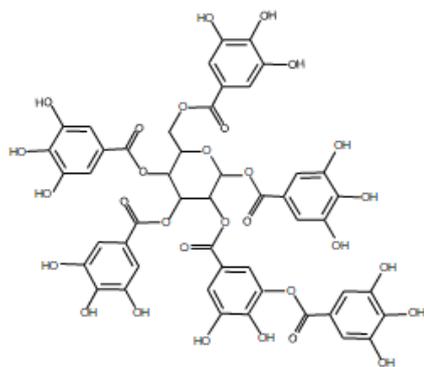
2,3,6 три-O-галлоил- β -D-глюкозы

R-4

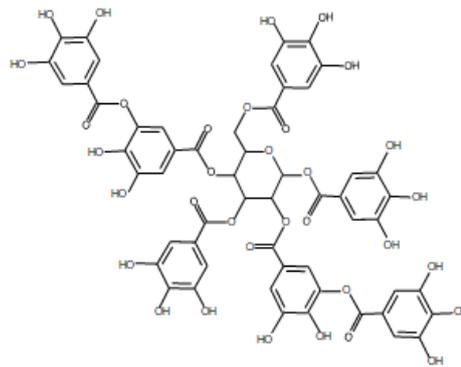
1,2,3,4 тетра-O-галлоил- β -D-глюкозы

R-5

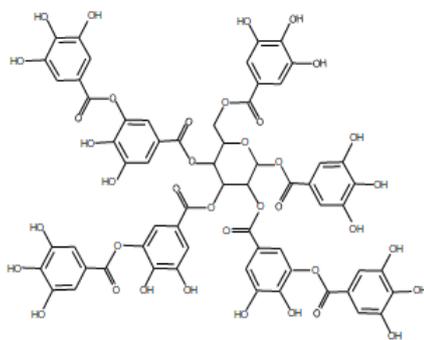
1,2,3,4,6-пента-O-галлоил- β -D-глюкозы

**R-6**

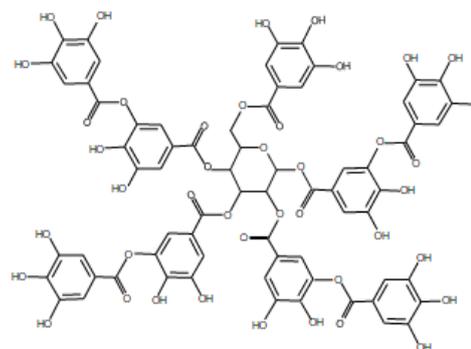
Гекса-О-галлоил-β-D-глюкозы

**R-7**

Гепта-О-галлоил-β-D-глюкозы

**R-8**

Окта-О-галлоил-β-D-глюкозы

**R-9**

Нона-О-галлоил-β-D-глюкозы

Выводы

Из растения сумаха дубильного *Rhus coriaria* L. семейства *Anacardiaceae* методом ступенчатой гидрофобной хроматографии проведено выделение полифенольных фракций. Методом ВЭЖХ из фракции, элюированной 30% раствором этанола, выделено 9 индивидуальных соединений, с помощью хромато-масс-спектрометрического анализа установлено их строение.

Список литературы

1. Ali-Shtayeh M.S., Al-Assali A.A., Jamous R.M. Antimicrobial activity of Palestinian medicinal plants against acne-inducing bacteria // African Journal of Microbiology Research. 2013. N7. Pp. 2560–2573.
2. Shafiei M., Nobakht M., Moazzam A.A. Lipid-lowering effect of *Rhus coriaria* L. (Sumac) fruit extract in hypercholesterolemic rats // Pharmazie. 2011. N66. Pp. 988–992.
3. Wetherilt H., Pala M. Herbs and Spices Indigenous to Turkey // G. Charalambous, Ed., Spices, Herbs and Edible Fungi: Developments in Food Science, Elsevier Science BV. Amsterdam, 1994. Pp. 285–307.
4. Ozcan M. Effect of Sumach (*Rhus coriaria* L.) Extracts on the Oxidative Stability of Peanut Oil // Journal of Medicinal Food. 2003. Vol. 6. N1. Pp. 63–66. DOI: 10.1089/109662003765184769.
5. Bozan B. et al. Antioxidant and Free Radical Scavenging Activities of *Rhus coriaria* and *Cinnamomum cassia* Extracts // Acta Alimentaria. 2003. Vol. 32. N1. Pp. 53–61. DOI: 10.1556/AAlim.32.2003.1.7.
6. Candan F. Effect of *Rhus coriaria* L. (*Anacardiaceae*) on Superoxide Radical Scavenging and Xanthine Oxidase Activity // Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry. 2003. Vol. 18. N1. Pp. 59–62. DOI: 10.1080/1475636031000069273.
7. Candan F., Sökmen A. Effects of *Rhus coriaria* L. (*Anacardiaceae*) on Lipid Peroxidation and Free Radical Scavenging Activity // Phytotherapy Research. 2004. Vol. 18. N1. Pp. 84–86. DOI: 10.1002/ptr.1228.
8. Pourahmad J. et al. A Search for Hepatoprotective Activity of Aqueous Extract of *Rhus coriaria* L. against Oxidative Stress Cytotoxicity // Food and Chemical Toxicology. 2010. Vol. 48. N3. Pp. 854–858. DOI: 10.1016/j.fct.2009.12.021.

9. Bursal E., Köksal E. Evaluation of Reducing Power and Radical Scavenging Activities of Water and Ethanol Extracts from Sumac (*Rhus coriaria L.*) // *Food Research International*. 2011. Vol. 44. N7. Pp. 2217–2221. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.11.001.
10. Mohammadi S. et al. Antidiabetic Properties of the Ethanolic Extract of *Rhus coriaria* Fruits in Rats // *Journal of Pharmaceutical Sciences*. 2010. Vol. 18. Pp. 270–275.
11. Giancarlo S. et al. Hypoglycaemic Activity of Two Spices Extracts: *Rhus coriaria L.* and *Bunium persicum Boiss* // *Natural Product Research*. 2006. Vol. 20. N9. Pp. 882–886. DOI: 10.1080/14786410500520186.
12. Lee S.H. et al. The Chalcone Butein from *Rhus verniciflua* Shows Antifibrogenic Activity // *Planta Medica*. 2003. Vol. 69. N11. Pp. 990–994. DOI: 10.1055/s-2003-45143.
13. Lee J.C. et al. Extract from *Rhus verniciflua* Stokes Is Capable of Inhibiting the Growth of Human Lymphoma Cells // *Food and Chemical Toxicology*. 2004. Vol. 42. N9. Pp. 1383–1388. DOI: 10.1016/j.fct.2004.03.012.
14. Park K.Y. et al. Antimutagenic Activity of Flavonoids from the Heartwood of *Rhus verniciflua* // *Journal of Ethnopharmacology*. 2004. Vol. 90. N1. Pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.jep.2003.09.043.
15. Panico A. et al. Antioxidant and Protective Effects of Sumac Leaves on Chondrocytes // *Journal of Medicinal Plants Research*. 2009. Vol. 3. Pp. 855–861.
16. Fazeli M.O. et al. Antimicrobial Activities of Iranian Sumac and Avishan-e Shirazi (*Zataria multixora*) against Some Food-Borne Bacteria // *Food Control*. 2007. Vol. 18. N6. Pp. 646–649. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.03.002.
17. Mohamea Khalil M.K. Antimicrobial Property of *Rhus coriaria* Seeds [Sumach] // *Journal of King Saud University*. 2010. Vol. 8. Pp. 257–267.
18. Nimri L.F. et al. Antibacterial Activity of Jordanian Medicinal Plants // *Pharmaceutical Biology*. 1999. Vol. 37. Pp. 196–201. DOI: 10.1076/phbi.37.3.196.6308.
19. Adwan G. et al. Antibacterial Effects of Nutraceutical Plants Growing in Palestine on *Pseudomonas Aeruginosa* // *Turkish Journal of Biology*. 2010. Vol. 30. Pp. 239–242.
20. Abu-Shanab B. et al. Antibacterial Activity of *Rhus coriaria L.* Extract Growing in Palestine // *Journal of the Islamic University of Gaza (Natural Sciences Series)*. 2005. Vol. 13. Pp. 147–153.
21. Gündüz G.T. et al. Efficacy of Sumac and Oregano in the Inactivation of *Salmonella Typhimurium* on Tomatoes // *International Journal of Food Microbiology*. 2010. Vol. 141. N1–2. Pp. 39–44. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.021.
22. Lin Y.M. et al. Antiviral Activities of Bioflavonoids // *Planta Medica*. 1999. Vol. 65. N2. Pp. 120–125. DOI: 10.1055/s-1999-13971.
23. Ahmed M.S. et al. A Weakly Antimalarial Biflavanone from *Rhus retinorrhoea* // *Phytochemistry*. 2001. Vol. 58. N4. Pp. 599–602. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00244-8.
24. McCutcheon A.R. et al. Antifungal Screening of Medicinal Plants of British Columbia Native Peoples // *Journal of Ethnopharmacology*. 1994. Vol. 44. N3. Pp. 157–169. DOI: 10.1016/0378-8741(94)01183-4.
25. Abu-Reidah I.M., Ali-Shtayeh M.S., Jamous R.M., Arráez-Román D., Segura-Carretero A. HPLC–DAD–ESI–MS/MS screening of bioactive components from *Rhus coriaria L.* (Sumac) fruits // *Food Chemistry*. 2015. Vol. 166. Pp. 179–191.
26. Al-Boushi M.A., Hamdo H.H., Herbali J. Extraction and study of the phenolic compounds in the leaves and sticks of the Syrian sumac plant (*Rhus coriaria L.*) // *International Journal of ChemTech Research*. 2014. Vol. 6. N4. Pp. 2414–2420.
27. Kossah R., Nsabimana C., Zhang H., Chen W. Optimization of Extraction of Polyphenols from Syrian Sumac (*Rhus coriaria L.*) and Chinese Sumac (*Rhus typhina L.*) Fruits // *Research Journal of Phytochemistry*. 2010. Vol. 4. Pp. 146–153.
28. Зиявитдинов Ж.Ф., Иногамов У.К., Сагдиев Н.Ж., Салихов Ш.И. Разработка метода комплексного выделения физиологически активных компонентов из пчелиного яда // *Химия природных соединений*. 1995. №6. С. 862–866.

Поступила в редакцию 15 августа 2019 г.

После переработки 17 сентября 2019 г.

Принята к публикации 28 октября 2019 г.

Для цитирования: Зиявитдинов Ж.Ф., Ощепкова Ю.И., Абдулладжанова Н.Г., Салихов Ш.И. Структура полифенолов листьев сумаха дубильного *Rhus coriaria L.* // *Химия растительного сырья*. 2020. №1. С. 133–140. DOI: 10.14258/jcrpm.2020016316.

Ziyavitdinov Zh.F.*, Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. STRUCTURE OF POLYPHENOLS OF LEAVES TANNING SUMAC *RHUS CORIARIA* L.

Institute of Bioorganic Chemistry Academician A.S. Sadykov AS RUz, Mirzo Ulugbek str., 83, Tashkent, 100125 (Republic of Uzbekistan), e-mail: Jamolitdin@mail.ru

The aim of this work is to study the composition and structural characteristics of the polyphenols of the tanning sumac *Rhus coriaria* L. of the *Anacardiaceae* family, growing in Uzbekistan, using a high-performance liquid chromatograph with a diode-matrix detector (HPLC-DAD) and a tandem temple mass-spectrometer (HPLC-Q-TOF-MS / MS).

The phenolic compounds of the aerial part (leaves) of *Rhus coriaria* L. plants of the *Anacardiaceae* family were studied. For the first time, polyphenol fractions were isolated from tanning sumac leaves using stepwise hydrophobic chromatography. By HPLC, as a result of semi-preparative chromatography from the fraction eluted with 30% ethanol, 9 individual compounds were obtained, in the amount of: R-1 – 0.5 mg, R-2 – 0.8 mg, R-3 – 2.3 mg, R-4 – 12.6 mg, R-5 – 34.5 mg, R-6 – 15 mg, R-7 – 8 mg, R-8 – 7.1 mg, R-9 – 45.5 mg. As a result of mass spectrometric analyzes and NMR spectroscopy for individual polyphenols, it was established that the polyphenols isolated in the individual state consist of gallic acid and glucose, interconnected by an ester bond: mono-, di-, tri-, tetra-, penta-, hexa-, hepta-, octa- and non-O-galloyl- β -D-glucose.

Keywords: *Rhus coriaria* L., *Anacardiaceae* family, chromatography, mass spectrum, structure, fragmentation, polyphenols.

References

1. Ali-Shtayeh M.S., Al-Assali A.A., Jamous R.M. *African Journal of Microbiology Research*, 2013, no. 7, pp. 2560–2573.
2. Shafiei M., Nobakht M., Moazzam A.A. *Pharmazie*, 2011, no. 66, pp. 988–992.
3. Wetherilt H., Pala M. G. *Charalambous*, ed., Spices, Herbs and Edible Fungi: Developments in Food Science, Elsevier Science BV. Amsterdam, 1994, pp. 285–307.
4. Ozcan M. *Journal of Medicinal Food*, 2003, vol. 6, no. 1, pp. 63–66. DOI: 10.1089/109662003765184769.
5. Bozan B. et al. *Acta Alimentaria*, 2003, vol. 32, no. 1, pp. 53–61. DOI: 10.1556/AAlim.32.2003.1.7.
6. Candan F. *Journal of Enzyme Inhibition and Medicinal Chemistry*, 2003, vol. 18, no. 1, pp. 59–62. DOI: 10.1080/1475636031000069273.
7. Candan F., Sökmen A. *Phytotherapy Research*, 2004, vol. 18, no. 1, pp. 84–86. DOI: 10.1002/ptr.1228.
8. Pourahmad J. et al. *Food and Chemical Toxicology*, 2010, vol. 48, no. 3, pp. 854–858. DOI: 10.1016/j.fct.2009.12.021.
9. Bursal E., Köksal E. *Food Research International*, 2011, vol. 44, no. 7, pp. 2217–2221. DOI: 10.1016/j.foodres.2010.11.001.
10. Mohammadi S. et al. *Journal of Pharmaceutical Sciences*, 2010, vol. 18, pp. 270–275.
11. Giancarlo S. et al. *Natural Product Research*, 2006, vol. 20, no. 9, pp. 882–886. DOI: 10.1080/14786410500520186.
12. Lee S.H. et al. *Planta Medica*, 2003, vol. 69, no. 11, pp. 990–994. DOI: 10.1055/s-2003-45143.
13. Lee J.C. et al. *Food and Chemical Toxicology*, 2004, vol. 42, no. 9, pp. 1383–1388. DOI: 10.1016/j.fct.2004.03.012.
14. Park K.Y. et al. *Journal of Ethnopharmacology*, 2004, vol. 90, no. 1, pp. 73–79. DOI: 10.1016/j.jep.2003.09.043.
15. Panico A. et al. *Journal of Medicinal Plants Research*, 2009, vol. 3, pp. 855–861.
16. Fazeli M.O. et al. *Food Control*, 2007, vol. 18, no. 6, pp. 646–649. DOI: 10.1016/j.foodcont.2006.03.002.
17. Mohamea Khalil M.K. *Journal of King Saud University*, 2010, vol. 8, pp. 257–267.
18. Nimri L.F. et al. *Pharmaceutical Biology*, 1999, vol. 37, pp. 196–201. DOI: 10.1076/phbi.37.3.196.6308.
19. Adwan G. et al. *Turkish Journal of Biology*, 2010, vol. 30, pp. 239–242.
20. Abu-Shanab B. et al. *Journal of the Islamic University of Gaza (Natural Sciences Series)*, 2005, vol. 13, pp. 147–153.
21. Gündüz G.T. et al. *International Journal of Food Microbiology*, 2010, vol. 141, no. 1–2, pp. 39–44. DOI: 10.1016/j.ijfoodmicro.2010.04.021.
22. Lin Y.M. et al. *Planta Medica*, 1999, vol. 65, no. 2, pp. 120–125. DOI: 10.1055/s-1999-13971.
23. Ahmed M.S. et al. *Phytochemistry*, 2001, vol. 58, no. 4, pp. 599–602. DOI: 10.1016/S0031-9422(01)00244-8.
24. McCutcheon A.R. et al. *Journal of Ethnopharmacology*, 1994, vol. 44, no. 3, pp. 157–169. DOI: 10.1016/0378-8741(94)01183-4.
25. Abu-Reidah I.M., Ali-Shtayeh M.S., Jamous R.M., Arráez-Román D., Segura-Carretero A. *Food Chemistry*, 2015, vol. 166, pp. 179–191.
26. Al-Boushi M.A., Hamdo H.H., Herbali J. *International Journal of ChemTech Research*, 2014, vol. 6, no. 4, pp. 2414–2420.
27. Kossah R., Nsabimana C., Zhang H., Chen W. *Research Journal of Phytochemistry*, 2010, vol. 4, pp. 146–153.
28. Ziyavitdinov Zh.F., Inogamov U.K., Sagdiyev N.Zh., Salikhov Sh.I. *Khimiya prirodnykh soyedineniy*, 1995, no. 6, pp. 862–866 (in Russ.).

Received August 15, 2019

Revised September 17, 2019

Accepted October 28, 2019

For citing: Ziyavitdinov Zh.F., Oshchepkova Yu.I., Abdulladzhanova N.G., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2020, no. 1, pp. 133–140. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprn.2020016316.

* Corresponding author.