

УДК 631.531.01:547.458

ВЫДЕЛЕНИЕ И ИЗУЧЕНИЕ ПОЛИСАХАРИДОВ РЕДЬКИ МАРГИЛАНСКОЙ *RAPHANUS SATIVUS*

© Ю.И. Ощепкова*, Ш.И. Салихов

Институт биоорганической химии им. акад. А.С. Садыкова АН РУз,
ул. Мирзо Улугбека, 83, Ташкент, 100125 (Республика Узбекистан),
e-mail: joshepkova05@rambler.ru

Целью настоящих исследований является выделение и изучение физико-химической характеристики полисахаридов семян редьки маргиланской семейства *Brassicaceae*, культивируемой в Республике Узбекистан.

Впервые из семян редьки посевной маргиланской последовательной экстракцией после извлечения белков и полифенолов выделена водорастворимая фракция полисахаридов. Для получения гомогенных полисахаридов были использованы анионообменная хроматография и гель-фильтрация. Полисахаридная фракция разделена методом ионнообменной хроматографии, очищена на колонке Sephadex G-100. В результате получены два полисахарида – RSP1 и RSP2. Установлен моносахаридный состав выделенных полисахаридов. Анализ моносахаридных остатков показал, что состав полисахарида RSP1 представлен моносахаридами в следующем составе: рамноза – 0.7%, рибоза – 4.7%, арабиноза – 55.6%, ксилоза – 1.5%, манноза – 3.7%, глюкоза – 5.1% и галактоза – 28.7%. Состав полисахарида RSP2 представлен моносахаридами: рибоза – 2.8%, арабиноза – 9.4%, манноза – 0.9%, глюкоза – 64.9% и галактоза – 18.4%. Из полученных результатов видно, что полисахарид RSP1 состоит в основном из остатков арабинозы (55.6%) и галактозы (28.7%) и относится к типу арабиногалактанов, а полисахарид RSP2 в основном состоит из остатков глюкозы (64.9%) и галактозы (18.4%).

Ключевые слова: *Raphanus sativus*, полисахариды, ион-обменная хроматография, гель-фильтрация, моносахаридный состав, ИК-спектроскопия.

Введение

В последнее десятилетие стал очевиден быстрый рост спроса на натуральные продукты для здоровья. Эта заметная тенденция связана с повышением осведомленности о потенциальных побочных эффектах, вызванных фармакологическими вмешательствами, а также с растущим интересом к стратегиям профилактической медицины [1].

Недавние исследования показали влияние потребления овощей семейства крестоцветных на здоровье. Кроме того, они действуют как природные антиоксиданты из-за высокого содержания фенольных соединений, таких как аскорбиновая кислота и каротиноиды, которые обладают мощной антиоксидантной активностью и активностью по удалению радикалов при защитном эффекте продуктов растительного происхождения [2]. Овощи семейства крестоцветных широко культивируются, многие роды, виды и сорта выращиваются для производства продуктов питания. К семейству крестоцветных относятся такие овощи, как брокколи, брюссельская капуста, капуста, цветная капуста, редис, редька и репа.

Овощи семейства крестоцветных содержат химические вещества, известные как глюкозинолаты и S-метилцистеинсульфоксид, в том числе серосодержащие химические вещества, защищающие от рака. Глюкозинолаты, в основном содержащиеся в овощах семейства *Brassicaceae*, являются вторичными метаболитами, имеющими экономическую ценность и благотворно влияющими на здоровье человека. Во время приготовления, пережевывания и переваривания пищи

Ощепкова Юлия Игоревна – доктор химических наук,
профессор, заместитель директора Института по науке,
e-mail: joshepkova05@rambler.ru

Салихов Шавкат Исмаилович – академик, заведующий
лабораторией химии белков и пептидов,
e-mail: joshepkova05@rambler.ru

сернистые овощи расщепляются с образованием биологически активных соединений, таких как глюкозинолаты, индолы, нитрилы, тиоцианаты и изотиоцианаты [3]. Индол-3-карбинол (индол) и

* Автор, с которым следует вести переписку.

сульфорафан (разновидность изотиоцианата) являются соединениями, которые чаще всего исследуют на наличие противораковых эффектов. Крестоцветные овощи также богаты различными каротиноидами (бета-каротином, лютеином и зеаксантином), флавоноидами, антоцианами, кумаринами, лечебными антиоксидантными ферментами, терпенами, витаминами С, Е, К и фолиевой кислотой, а также минералами, такими как калий, кальций и селена и являются хорошим источником клетчатки [3].

Благодаря своим разнообразным полезным свойствам для человека такие культуры, как редька, возделываются в больших количествах. Редька *Raphanus sativus* L. является важным корнеплодом семейства Brassicaceae, выращиваемым как однолетняя садовая культура и потребляемым во всем мире из-за его питательной ценности [4, 5]. Это хороший источник меди, калия, кальция, магния, марганца, витамина В6 и витамина С [6]. Помимо белка, витаминов и полисахаридов, корень редьки содержит много фенольных соединений, таких как кемпферол, ванилиновая кислота, цианид, гентизиновая кислота, гидрокоричная кислота, лютеолин, мирцетин и кверцетин [7]. Зеленая редька содержит углеводы, сахара, белок, различные пищевые волокна, витамины и минералы [8], а также ряд фенольных соединений, таких как феруловая, гидроксикоричная, ванилиновая, салициловая, кофейная и гентизиновая кислоты и глюкозинолаты (бензилизотиоцианат) [9]. Предыдущие исследования водных экстрактов корней и листьев редьки показали биологическую активность, такую как противовоспалительные, противовирусные [10] антигипертензивные [11], антимикробные [12, 13] и антиоксидантные свойства [12, 14].

Хотя редька является важной культурой с пищевыми и лекарственными свойствами, очень немногие исследования систематически характеризуют ее химические характеристики и биологическую активность. Рядом ученых выделены противогрибковые белки и изучены их физико-химическая характеристика и биологическая активность в семенах редьки [15–17], однако полисахаридный состав семян не изучен.

В связи с этим целью настоящего исследования – выделение и изучение физико-химической характеристики полисахаридов семян редьки маргиланской семейства Brassicaceae, культивируемой в Республике Узбекистан.

Экспериментальная часть

Объект исследования. Для выделения полисахаридов использовали семена редьки маргиланской, собранные в июле 2020 г. на полях Мингбулакского тумана Наманганского вилоята Республики Узбекистан. Собранные семена предварительно измельчали.

Обезжиривание семян. Для обезжиривания сырья экстрагировали петролейным эфиром в аппарате Сокслета в течение 72 ч. Обезжиренные семена высушивали при комнатной температуре на воздухе.

Выделение полисахаридов. Выделение полисахаридов проводили из жмыха, полученного после извлечения соединений белковой и полифенольной природы из обезжиренных семян. Жмых кипятили с водой (1 : 10) в течение 6 часов, охлаждали и центрифугировали при 6000 об./мин. Супернатант упаривали на роторном испарителе до 1/5 объема. В супернатанте осаждали полисахариды этиловым спиртом (1 : 5) и вновь центрифугировали. Полученный раствор полисахаридов лиофильно высушивали.

Ионообменная хроматография. Образец водорастворимого полисахарида (100 мг) растворяли в 5 мл дистиллированной воде и наносили на колонку (14×3 см) с DEAE-650C TOYOPEARL (TOSOH, Япония). Элюирование полисахаридов проводили последовательно 0–1 М градиентным раствором NaCl со скоростью 60 мл/ч. Отбирали фракции объемом по 10 мл. Выход полисахаридов из колонки контролировали фенол-серноокислотным методом. Фракцию, соответствующую отдельным пикам, объединяли, концентрировали, диализовали и лиофильно высушивали.

Гель-фильтрация полисахаридов. Образцы полисахаридов (50 мг) растворяли в 2 мл воды и наносили на колонку (80×1.5 см) с сефадексом G-100. Элюирование проб проводили 0.01 М раствором NaCl со скоростью элюента 36 мл/ч. Отбирали фракции объемом 3 мл. Выход полисахаридов из колонки контролировали с помощью качественной реакции по фенол-серноокислотному методу [18]. Фракции, соответствующие отдельным пикам, объединяли, концентрировали до минимального объема, диализовали и лиофильно высушивали.

Моносахаридный состав полисахаридов. Полисахарид (3 мг) и 2 М трифторуксусную кислоту (2 мл) помещали в ампулу, гидролизовали при 110 °С в течение 6 ч. Для удаления трифторуксусной кислоты гидролизат три раза разбавляли 5 мл раствором сухого метанола. В сухой гидролизат добавляли гидроксиламин гидрохлорид (10 мг), изонитол (2 мг) и растворяли в пиридине (5 мл). Раствор нагревали при 90 °С в течение 30 мин, быстро охлаждали до комнатной температуры, добавляли уксусный ангидрид (0.5 мл) и ацетилировали в течение 30 мин при 90 °С. Реакционную смесь сушили в потоке азота, растворяли в хлороформе

(0.5 мл) и фильтровали через шприцевый фильтр (0.45 м). Альдитолацетатные производные моносахаридных стандартов (D-Glc, D-Gal, D-Rib, D-Ara, L-Rha, D-Man, D-Xyl и D-Fru) были получены, как описано выше. Синтезированные альдитолацетатные производные проанализированы Газ хроматография/Масс спектрометрия ГХ/МС (колонка Thermo Finnigan TRACE 2000/MS, DB-5MS (30 м × 0.25 мм × 0.25 мм), температурная программа от 180 до 270 °С при 20 °С/мин, с удержанием 270 °С в течение 25 мин). Пики, соответствующие альдитол ацетатам и их фрагментам, определялись их масс-спектрами и временем разделения ГХ. Отношение моносахаридов в полисахаридах определяли путем сравнения площадей пика [19].

ИК-спектроскопия. ИК-спектры образцов снимали на ИК-Фурье спектрометре IRTracer-100 SHIMADZU (Япония), системы 2000 в диапазоне частот 400–4000 см⁻¹. Для съемки спектров изучаемых образцов снимали методом спектроскопии нарушенного полного внутреннего отражения (ATR) в инфракрасной области с преобразованием Фурье спектроскопии.

Обсуждение результатов

Из предварительно обезжиренных семян редьки маргеланской, после удаления соединений белковой и полифенольной природы, кипячением с водой в течение 6 ч с обратным холодильником получен экстракт полисахаридов. Выход полисахаридов составил 9.44%.

Экстракт полисахаридов разделяли на колонке с DEAE-650С гелем в ступенчатом градиенте концентрации NaCl. При смене буфера от 0.01 М до 1 М концентрации NaCl элюировались полисахариды в различных количествах. Далее мы исследовали только мажорные фракции полисахаридов, элюируемые 0.1 М и 0.5 М хлоридом натрия. Количественное определение углеводного состава выделенных полисахаридов проводили фенол-серноокислым методом при максимуме поглощения длин волн 480–490 нм.

Выход фракции, элюируемой 0.1 М NaCl составил 15.25%, а выход фракции, элюируемой 0.5 М NaCl – 5.0%.

Для определения гомогенности выделенных фракций полисахаридов, а также дальнейшей очистки проведена гель хроматография на колонке с сефадексом G-100. В процессе разделения было определено, что образец полисахарида RS1, элюируемый раствором 0.1 М NaCl, состоит из одного полисахарида (рис. 1). Выход полисахарида RSP1 составил 2.7%.

Во фракции, элюируемой 0.5 М хлоридом натрия, после гель-фильтрации выявлено 2 полисахарида, но содержание первой фракции было минимальным (0.1%), а выход второго полисахарида RSP2 составил 0.84% (рис. 2).

Основой химической структуры любых полисахаридов являются моносахариды, которые вносят вклад в биологическую активность полисахаридов. Таким образом, очень важно было проанализировать моносахаридный состав полисахаридов RSP1 и RSP2. Выделенные полисахариды гидролизовали 2 М трифторуксусной кислотой. Полученные моносахариды ацетилировали уксусным ангидридом и анализировали с помощью GC-MS метода (рис. 3). В таблице представлены результаты моносахаридного состава полисахаридов. Из полученных результатов видно, что полисахарид RSP1 состоит в основном из остатков арабинозы и галактозы, а полисахарид RSP2 – в большей степени из остатков глюкозы. В их составе обнаружены и другие моносахариды в следовых количествах.

Для выделенных полисахаридов RSP1 и RSP2 были проведены ИК-спектроскопические исследования (рис. 4). Так, в ИК-спектрах наблюдались полосы поглощения валентных колебаний O-H и C-H в областях 3430 и 2920 см⁻¹ соответственно. Полоса между 3200–3400 см⁻¹ представляет валентные колебания O-H. Характерные сигналы для симметричных растяжений H-C-H связей наблюдались при 2935 см⁻¹ [20]. В области 2360 см⁻¹ наблюдались характерные сигналы, соответствующие C=O связи адсорбированного CO₂. В области 1635 см⁻¹ наблюдались полосы поглощения, характерные для O-H связанной молекулы воды в образцах и белковые C=O связи [21].

Поглощение при 1418 см⁻¹ представляет собой асимметрические валентные колебания C-H связи (-CH₂ групп), соответствующие полисахаридам. Характерные пики для C-O-C связи в пиранозном кольце моносахаридной единицы полисахаридов наблюдались при 1140 см⁻¹. Полосы поглощения валентных колебаний, соответствующие гликозидным связям C-O-C между моносахаридными остатками, наблюдались в области 1074 см⁻¹ [19, 22]. Поглощение при 1037 см⁻¹ представляет собой валентные колебания C-O от боковых карбинольных групп (C-OH).

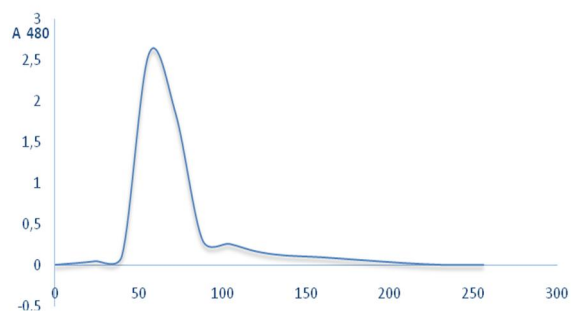


Рис. 1. Элюиционная диаграмма разделения фракции полисахаридов редьки, элюируемой 0.1 М хлоридом натрия

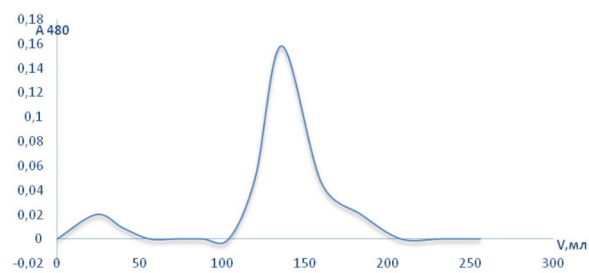


Рис. 2. Элюиционная диаграмма разделения фракции полисахаридов редьки, элюируемой 0.5 М хлоридом натрия

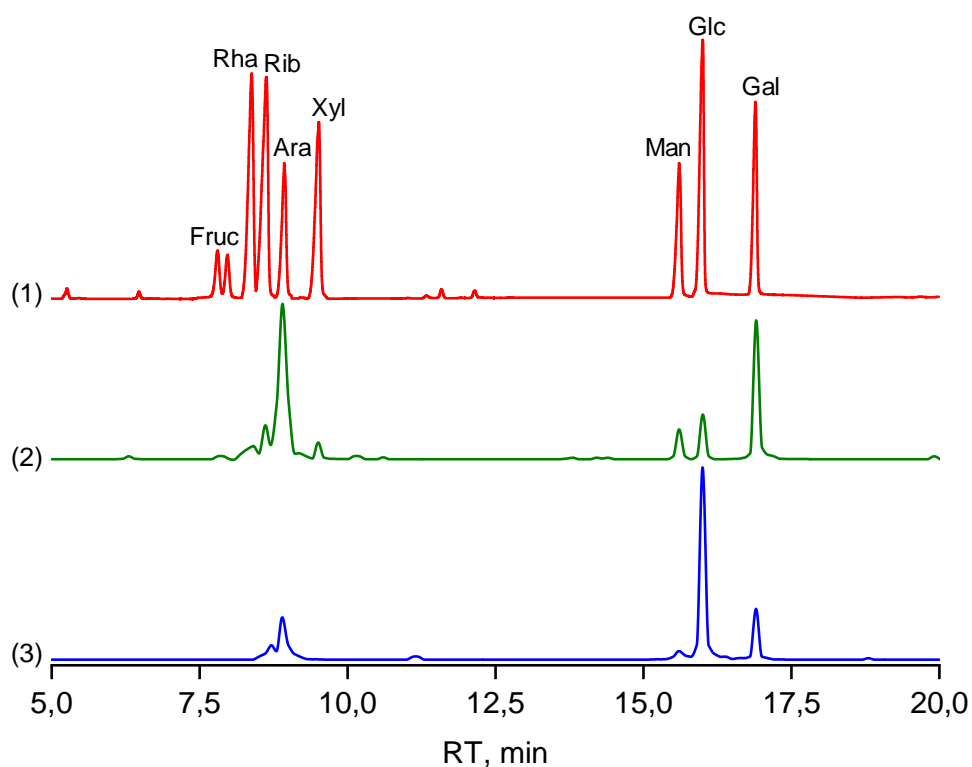


Рис. 3. Спектры ГХ/МС производных ацетатов альдитола стандартных моносахаридов (1), моносахаридов в составе выделенного полисахарида RSP1-1 (2) и RSP2 (3) семян *Raphanus sativus*

Моносахаридный состав выделенных полисахаридов (%)

№	Полисахарид	Фруктоза	Рамноза	Рибоза	Арабиноза	Ксилоза	Манноза	Глюкоза	Галактоза
1	RSP1	минор	0.7	4.7	55.6	1.5	3.7	5.1	28.7
2	RSP2	–	–	2.8	9.4	–	0.9	64.9	18.4

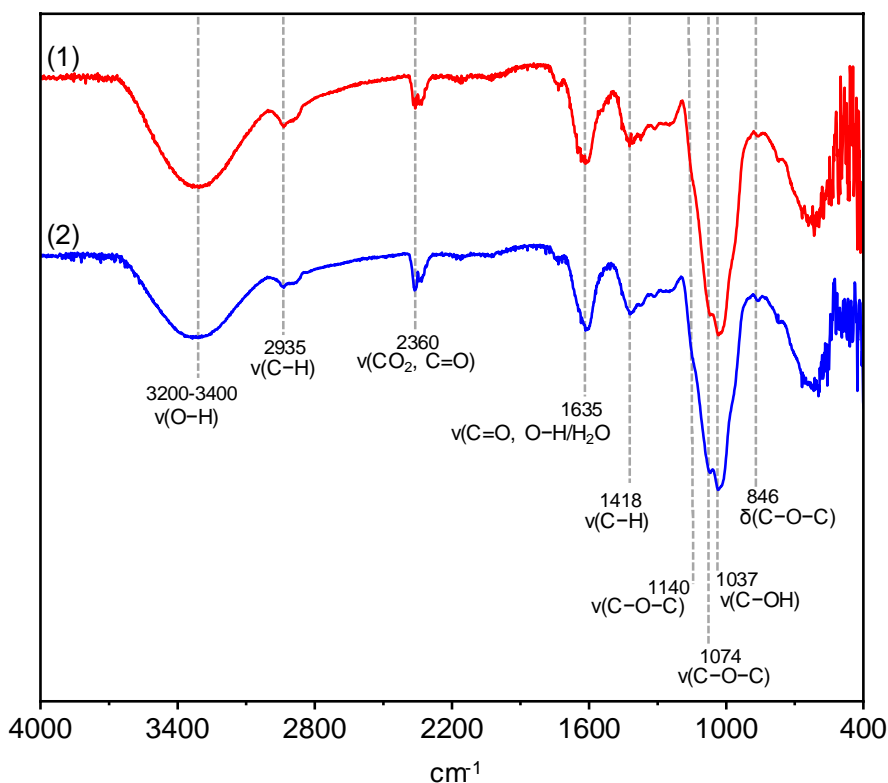


Рис. 4. ИК-спектры полисахарида RSP1 (1) и RSP2-1 (2), выделенных из *Raphanus sativus*

Выводы

Впервые из семян редьки посевной маргеланской, произрастающей на территории Узбекистана, после извлечения белков и полифенолов экстракцией выделена водорастворимая фракция полисахаридов. Для получения гомогенных полисахаридов были использованы анионообменная хроматография и гель-фильтрация. В результате получены два полисахарида – RSP1 и RSP2. Установлен моносахаридный состав выделенных полисахаридов. Полученные результаты показали, что состав полисахарида RSP1 представлен моносахаридами в следующем составе: рамноза – 0.7%, рибоза – 4.7%, арабиноза – 55.6%, ксилоза – 1.5%, манноза – 3.7%, глюкоза – 5.1% и галактоза – 28.7%. Состав полисахарида RSP2 представлен моносахаридами: рибоза – 2.8%, арабиноза – 9.4%, манноза – 0.9%, глюкоза – 64.9% и галактоза – 18.4%. Из полученных результатов видно, что полисахарид RSP1 состоит в основном из остатков арабинозы и галактозы, а полисахарид RSP2 в основном состоит из глюкозы. Другие моносахариды в их составе обнаруживаются в следовых количествах.

Список литературы

1. Goldman E. Practical strategies for implementing integrative medicine in a primary care setting // Journal of Medical Practice Management. 2008. Vol. 24. Pp. 97–101.
2. Beevi S.S., Narasu M.L., Gowda B.B. Polyphenolics Profile, Antioxidant and Radical Scavenging Activity of Leaves and Stem of *Raphanus sativus* L. // Plant Foods Hum. Nutr. 2010. Vol. 65. Pp. 8–17. DOI: 10.1007/s11130-009-0148-6.
3. Hayes J.D., Kelleher M.O., Eggleston I.M. The cancer chemopreventive actions of phytochemicals derived from glucosinolates // European Journal of Nutrition. 2008. Vol. 47. Pp. 73–88. DOI: 10.1007/s00394-008-2009-8.
4. Xie Y., Xu L., Wang Y., Fan L., Chen Y., Tang M., Luo X., Liu L. Comparative proteomic analysis provides insight into a complex regulatory network of taproot formation in radish (*Raphanus sativus* L.) // Hort. Res. 2018. Vol. 5. Pp. 1–14. DOI: 10.1038/s41438-018-0057-7.
5. Muleke E.M.M., Wang Y., Zhang W.T., Liang X.U., Ying J.L., Karanja B.K., Zhu X.W., Fan L.X., Ahmadzai Z., Liu L.W. Genome-wide identification and expression profiling of MYB transcription factor genes in radish (*Raphanus sativus* L.) // J. Integr. Agric. 2021. Vol. 20. Pp. 120–131. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63308-1.
6. Gamba M., Asllanaj E., Raguindin P.F., Glisic M., Franco O.H., Minder B., Bussler W., Metzger B., Kern H., Muka T. Nutritional and phytochemical characterization of radish (*Raphanus sativus*): A systematic review // Trends Food Sci. Technol. 2021. Vol. 113. Pp. 205–218. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.04.045.

7. Jakmatakul R., Suttisri R., Tengamnuay P. Evaluation of antityrosinase and antioxidant activities of *Raphanus sativus* root: Comparison between freeze-dried juice and methanolic extract // *Thai J. Pharm. Sci.* 2009. Vol. 33. Pp. 22–30.
8. Ku K.H., Lee K.A., Kim Y.E. Physiological activity of extracts from radish (*Raphanus sativus* L.) leaves // *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.* 2008. Vol. 37. Pp. 390–395. DOI: 10.3746/jkfn.2008.37.3.390.
9. Gutiérrez R.M.P., Perez R.L. *Raphanus sativus* (Radish): their chemistry and biology // *Sci. World J.* 2004. Vol. 4. Pp. 811–837. DOI: 10.1100/tsw.2004.131.
10. Park C.H., Kim K.H., Yook H.S. Comparison of antioxidant and antimicrobial activities in Siraegi (dried radish greens) according to cooking process // *Korean J. Food Nutr.* 2014. Vol. 27. Pp. 609–618. DOI: 10.9799/ksfan.2014.27.4.609.
11. Chung D.H., Kim S.H., Myung N.H., Cho K.J., Chang M.J. The antihypertensive effect of ethyl acetate extract of radish leaves in spontaneously hypertensive rats // *Nutr. Res. Pract.* 2012. Vol. 6. Pp. 308–314. DOI: 10.4162/nrp.2012.6.4.308.
12. Tsouvaltzis P., Brecht J.K. Changes in Quality and Antioxidant Enzyme Activities of Bunched and Topped Radish (*Raphanus sativus* L.) Plants during Storage at 5 or 10 °C // *J. Food Qual.* 2014. Vol. 37. Pp. 157–167. DOI: 10.1111/jfq.12082.
13. Beevi S.S., Mangamoori L.N., Dhand V., Ramakrishna D.S. Isothiocyanate profile and selective antibacterial activity of root, stem, and leaf extracts derived from *Raphanus sativus* L. // *Foodborne Path. Dis.* 2009. Vol. 6. Pp. 129–136. DOI: 10.1089/fpd.2008.0166.
14. Umamaheswari A., Prabu S.L., John S.A., Puratchikody A. Green synthesis of zinc oxide nanoparticles using leaf extracts of *Raphanus sativus* var. Longipinnatus and evaluation of their anticancer property in A549 cell lines // *Biotechnol. Rep.* 2021. Vol. 29. e00595. DOI: 10.1016/j.btre. 2021.e00595.
15. Terras F.R., Schoofs H.M., DeBolle M.F., Van Leuven F., Rees S.B., Vanderleyden J., Cammue B.P., Broekaert W.F. Analysis of two novel classes of plant antifungal proteins from Radish (*Raphanus sativus* L.) seeds // *J. Biol. Chem.* 1992. Vol. 267. Pp. 15301–15309.
16. Terras F.R., Eggermont K., Kovaleva V., Raikhel N.V., Osborn R.W., Kester A., Rees S.B., Torrekens S., Van Leuven F., Vanderleyden J. Small cysteine-rich antifungal proteins from radish: their role in host defence // *Plant Cell.* 1995. Vol. 7. Pp. 573–588.
17. Jong-Heum P., Heuyn-Kil S., Cher-Won H. New antimicrobial activity from Korean radish seeds (*Raphanus sativus* L.) // *J. Microbiol. Biotechnol.* 2001. Vol. 11. Pp. 337–341.
18. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J., Robers P.A., Smith F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances // *Analyt. Chem.* 1956. Vol. 28. Pp. 350–356.
19. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaytmetova S.B., Mukhitdinov B.I., Amonova D.M., Filatova A.V., Khalilova G.A., Kirgizbaev H.H., Turaev A.S. Isolation and Study of the Physicochemical Properties of Galactomannans from Plant Materials // *Russian Journal of Bioorganic Chemistry.* 2020. Vol. 46. N7. Pp. 1317–1322. DOI: 10.1134/s106816202007002x.
20. Muhitdinov B., Heinze T., Turaev A., Koschella A., Normakhamatov N. Homogenous synthesis of sodium cellulose sulfates with regulable low and high degree of substitutions with SO₃/Py in N,N-dimethylacetamide/LiCl // *European Polymer Journal.* 2019. Vol. 119. Pp. 181–188. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2019.07.030.
21. Muhitdinov B., Heinze T., Normakhamatov N., Turaev A. Preparation of sodium cellulose sulfate oligomers by free-radical depolymerization // *Carbohydrate Polymers.* 2017. Vol. 173. Pp. 631–637. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.06.033.
22. Халилова Г.А., Тураев А.С., Мухитдинов Б.И., Филатова А.В., Хайтметова С.Б., Нормакхаматов Н.С. Выделение, физико-химическая характеристика полисахарида, выделенного из плодового тела *Inonotus hispidus* // *Химия растительного сырья.* 2021. №3. С. 99–106. DOI: 10.14258/jcprm.2021039028.

Поступила в редакцию 14 июля 2022 г.

После переработки 30 августа 2022 г.

Принята к публикации 28 марта 2023 г.

Для цитирования: Ощепкова Ю.И., Салихов Ш.И. Выделение и изучение полисахаридов редьки маргиланской *Raphanus sativus* // *Химия растительного сырья.* 2023. №3. С. 109–115. DOI: 10.14258/jcprm.20230311689.

*Oshchepkova Yu.I.**, *Salikhov Sh.I.* ISOLATION AND STUDY OF POLYSACCHARIDES OF MARGILAN RADISH *RAPHANUS SATIVUS*

Institute of Bioorganic Chemistry, acad. A.S. Sadykov Academy of Sciences of the Republic of Uzbekistan, Mirzo Ulugbeka st., 83, Tashkent, 100125 (Republic of Uzbekistan), e-mail: joshepkova05@rambler.ru

The purpose of this research is to isolate and study the physicochemical characteristics of polysaccharides in the seeds of the Margilan radish of the Brassicaceae family cultivated in the Republic of Uzbekistan.

For the first time, a water-soluble fraction of polysaccharides was isolated from radish seeds by sowing Margilan successive extraction after the extraction of proteins and polyphenols. Anion exchange chromatography and gel filtration were used to obtain homogeneous polysaccharides. The polysaccharide fraction was separated by ion-exchange chromatography, purified on a Sephadex G-100 column. As a result, two polysaccharides RSP1 and RSP2 were obtained. The monosaccharide composition of the isolated polysaccharides was established. Analysis of monosaccharide residues showed that the composition of the RSP1 polysaccharide is represented by monosaccharides in the following composition: rhamnose - 0.7%, ribose - 4.7%, arabinose - 55.6%, xylose - 1.5%, mannose - 3.7%, glucose - 5.1% and galactose - 28.7%. The composition of the RSP2 polysaccharide is represented by monosaccharides: ribose - 2.8%, arabinose - 9.4%, mannose - 0.9%, glucose - 64.9% and galactose - 18.4%. From the obtained results, it can be seen that the RSP1 polysaccharide consists mainly of arabinose (55.6%) and galactose (28.7%) residues and belongs to the type of arabinogalactans, and the RSP2 polysaccharide mainly consists of glucose residues (64.9%) and galactose (18.4%).

Keywords: *Raphanus sativus*, polysaccharides, ion exchange chromatography, gel filtration, monosaccharide composition, IR spectroscopy.

References

1. Goldman E. *Journal of Medical Practice Management*, 2008, vol. 24, pp. 97–101.
2. Beevi S.S., Narasu M.L., Gowda B.B. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 2010, vol. 65, pp. 8–17. DOI: 10.1007/s11130-009-0148-6.
3. Hayes J.D., Kelleher M.O., Eggleston I.M. *European Journal of Nutrition*, 2008, vol. 47, pp. 73–88. DOI: 10.1007/s00394-008-2009-8.
4. Xie Y., Xu L., Wang Y., Fan L., Chen Y., Tang M., Luo X., Liu L. *Hortic. Res.*, 2018, vol. 5, pp. 1–14. DOI: 10.1038/s41438-018-0057-7.
5. Muleke E.M.M., Wang Y., Zhang W.T., Liang X.U., Ying J.L., Karanja B.K., Zhu X.W., Fan L.X., Ahmadzai Z., Liu L.W. *J. Integr. Agric.*, 2021, vol. 20, pp. 120–131. DOI: 10.1016/S2095-3119(20)63308-1.
6. Gamba M., Asllanaj E., Raguindin P.F., Glisic M., Franco O.H., Minder B., Bussler W., Metzger B., Kern H., Muka T. *Trends Food Sci. Technol.*, 2021, vol. 113, pp. 205–218. DOI: 10.1016/j.tifs.2021.04.045.
7. Jakmatakul R., Suttisiri R., Tengamnuay P. *Thai J. Pharm. Sci.*, 2009, vol. 33, pp. 22–30.
8. Ku K.H., Lee K.A., Kim Y.E. *J. Korean Soc. Food Sci. Nutr.*, 2008, vol. 37, pp. 390–395. DOI: 10.3746/jkfn.2008.37.3.390.
9. Gutiérrez R.M.P., Perez R.L. *Sci. World J.*, 2004, vol. 4, pp. 811–837. DOI: 10.1100/tsw.2004.131.
10. Park C.H., Kim K.H., Yook H.S. *Korean J. Food Nutr.*, 2014, vol. 27, pp. 609–618. DOI: 10.9799/ksfan.2014.27.4.609.
11. Chung D.H., Kim S.H., Myung N.H., Cho K.J., Chang M.J. *Nutr. Res. Pract.*, 2012, vol. 6, pp. 308–314. DOI: 10.4162/nrp.2012.6.4.308.
12. Tsouvaltzi P., Brecht J.K. *J. Food Qual.*, 2014, vol. 37, pp. 157–167. DOI: 10.1111/jfq.12082.
13. Beevi S.S., Mangamoori L.N., Dhand V., Ramakrishna D.S. *Foodborne Path. Dis.*, 2009, vol. 6, pp. 129–136. DOI: 10.1089/fpd.2008.0166.
14. Umamaheswari A., Prabu S.L., John S.A., Puratchikody A. *Biotechnol. Rep.*, 2021, vol. 29, e00595. DOI: 10.1016/j.btre.2021.e00595.
15. Terras F.R., Schoofs H.M., DeBolle M.F., Van Leuven F., Rees S.B., Vanderleyden J., Cammue B.P., Broekaert W.F. *J. Biol. Chem.*, 1992, vol. 267, pp. 15301–15309.
16. Terras F.R., Eggermont K., Kovaleva V., Raikhel N.V., Osborn R.W., Kester A., Rees S.B., Torrekens S., Van Leuven F., Vanderleyden J. *Plant Cell.*, 1995, vol. 7, pp. 573–588.
17. Jong-Heum P., Heuyn-Kil S., Cher-Won H. *J. Microbiol. Biotechnol.*, 2001, vol. 11, pp. 337–341.
18. Dubois M., Gilles K.A., Hamilton J., Robers P.A., Smith F. *Analyt. Chem.*, 1956, vol. 28, pp. 350–356.
19. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaytmetova S.B., Mukhitdinov B.I., Amonova D.M., Filatova A.V., Khalilova G.A., Kirgizbaev H.H., Turaev A.S. *Russian Journal of Bioorganic Chemistry*, 2020, vol. 46, no. 7, pp. 1317–1322. DOI: 10.1134/s106816202007002x.
20. Muhitdinov B., Heinze T., Turaev A., Koschella A., Normakhamatov N. *European Polymer Journal*, 2019, vol. 119, pp. 181–188. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2019.07.030.
21. Muhitdinov B., Heinze T., Normakhamatov N., Turaev A. *Carbohydrate Polymers*, 2017, vol. 173, pp. 631–637. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.06.033.
22. Khalilova G.A., Turayev A.S., Mukhitdinov B.I., Filatova A.V., Khaytmetova S.B., Normakhamatov N.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2021, no. 3, pp. 99–106. DOI: 10.14258/jcprpm.2021039028. (in Russ.).

Received July 14, 2022

Revised August 30, 2022

Accepted March 28, 2023

For citing: Oshchepkova Yu.I., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 3, pp. 109–115. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprpm.20230311689.

* Corresponding author.

