

УДК 631.531.01:547.458

## ВЫДЕЛЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ПОЛИСАХАРИДОВ СЕМЯН РЕПЫ *BRASSICA RAPA*

© *М.Ж. Орипова, З.Н. Кузиева, Б.Б. Корабоева, 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 физико-химическая характеристика водорастворимых полисахаридов семян репы *Brassica rapa* семейства *Brassicaceae*, культивируемой в Узбекистане.

Впервые из семян репы методом последовательной водной экстракции выделены водорастворимые полисахариды. Для получения очищенного полисахарида были использованы анион-обменная хроматография и гель-фильтрация. Полисахариды депротенизированы и разделены методом ионообменной хроматографии, очищены на колонке Sephadex G-100. Получены две полисахаридные фракции BSP-1-1 и BSP-2-1. Результаты ИК-спектроскопических исследований показали, что выделенные полисахариды состоят в основном из  $\alpha$ -связанных пиранозных звеньев. Анализ моносахаридного состава показал, что состав нейтрального полисахарида BSP-1-1 представлен моносахаридами в следующем составе: рибоза – 5.05%, арабиноза – 56.38%, манноза – 5.87%, глюкоза – 8.63% и галактоза – 24.05%. Состав анионного полисахарида BSP-2-1 представлен моносахаридами: рибоза – 6.35%, арабиноза – 60.15%, манноза – 7.19%, глюкоза – 4.12% и галактоза – 22.16%. Определено, что выделенные полисахариды состоят в основном из остатков арабинозы (BSP-1-1 – 56.3%, BSP-2-1 – 60%) и галактозы (BSP-1-1 – 24%, BSP-2-1 – 22%). На основании полученных данных можно предположить, что изучаемые полисахариды из семян репы *Brassica rapa* относятся к типу арабиногалактанов.

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

### **Введение**

Полисахариды играют важную роль в росте и развитии живых организмов [1], которые привлекают большое внимание благодаря их биологическим функциям, таким как антиоксидантная [2], противоопухолевая [3], противомикробная [4] и иммуномодулирующая активность [5, 6]. Растительные полисахариды не обладают токсичностью, аллергенностью и в связи с этим перспективны для их возможного использования в практической медицине [7].

Овощи семейства *Brassicaceae* считаются частью рациона человека, потребляемые населением всего мира. Многие исследования показали, что существует обратная связь между потреблением овощей *Brassicaceae* и риском хронических заболеваний, особенно таких как сердечно-сосудистые заболевания, рак, болезнь Альцгеймера, катаракта и возрастное функциональное снижение [8, 9].

Растения *Brassicaceae* произрастают в Европе, России, Средней Азии, на Ближнем Востоке и в настоящее время широко культивируются в качестве источников овощей и масел во всем мире. Семейство *Brassicaceae* насчитывает около 3500 видов и включает 350 родов [10]. *Brassica rapa* – репа один из обычных представителей семейства *Brassicaceae*. В Узбекистане произрастает несколько сортов репы, такие как Наманган, Самарканд, Муяссар и др.

---

*Орипова Муножат Жалолдиновна* – кандидат химических наук, e-mail: munojat.oripova@gmail.com

*Кузиева Зульфизар Неъматжон кизи* – младший научный сотрудник, e-mail: kuziyeva1992@mail.ru

*Корабоева Барно Ботирали Кизи* – младший научный сотрудник, e-mail: qb9605442@gmail.com

*Ощепкова Юлия Игоревна* – доктор химических наук, старший научный сотрудник, e-mail: joshepkova05@rambler.ru

*Салихов Шавкат Исмаилович* – доктор биологических наук, академик, e-mail: Salikhov1944@gmail.com

---

\* Автор, с которым следует вести переписку.

*Brassica rapa* в своем составе содержит биологически активные соединения, такие как витамины, полифенолы, полисахариды, каротиноиды, алкалоиды, изотиоцианаты, индолы, терпеноиды, токоферолы и антиоксиданты, ферменты [11]. Соединения *Brassica rapa* проявляют широкий спектр биологической активности, включая антиоксидантную [12], противоопухолевую [13], антидиабетическую [14], противовоспалительную [15], противомикробную [16], гиполипидемическую [17], гепатопротекторную [18] и нефропротекторную [19].

Хотя репа является важной культурой с пищевыми и лекарственными свойствами, очень немногие исследования систематически характеризуют ее химические характеристики и биологическую активность. Рядом ученых выделены водорастворимые полисахариды и изучены их физико-химическая характеристика, биологическая активность в корнях репы [12, 20, 21], однако полисахаридный состав семян не изучен.

В связи с этим цель настоящего исследования – выделение и изучение физико-химических свойств водорастворимых полисахаридов семян репы, культивируемой в Узбекистане.

### **Экспериментальная часть**

*Объект исследования.* Для выделения полисахаридов использовали семена репы, собранные в июле 2020 г. на территории Республики Узбекистан (Наманганская область, Мингбулакский район). Семена предварительно очищали и измельчали в лабораторном измельчителе.

*Обезжиривание и удаление низкомолекулярных примесей.* Для обезжиривания сырья экстрагировали петролейным эфиром в аппарате Сокслета в течение 72 ч. Обезжиренные семена высушивали при комнатной температуре на воздухе. Для удаления низкомолекулярных примесей и красящих веществ сырье экстрагировали в аппарате Сокслета смесью хлороформ – этиловый спирт 96% (1 : 2). Сырье высушивали на воздухе до удаления запаха растворителей.

*Экстракция водорастворимых полисахаридов.* Для выделения водорастворимых полисахаридов обезжиренные семена экстрагировали трижды водой на водяной бане при 95 °С с обратным холодильником (соотношение сырья и экстрагента 1 : 20, 1 : 15, 1 : 15). Продолжительность каждой экстракции – 2 ч. Полученные водные экстракты объединяли и упаривали на ротационном испарителе при температуре 50 °С до 1/5 объема. Из полученного концентрата водорастворимые полисахариды осаждали добавлением четырехкратного объема 96% этилового спирта и оставляли при 4 °С на ночь. Осадок отделяли с помощью центрифугирования, промывали этиловым спиртом и лиофильно высушили.

*Депротеинизация полисахаридов.* Депротеинизацию суммы полисахаридов проводили по методу Savage [22]. К водному раствору суммы полисахаридов добавляли 3-кратный объем  $\text{CHCl}_3$ -*n*-BuOH (соотношение 4 : 1) и переносили в делительную воронку. Воронку энергично встряхивали в течение 5 мин и смесь выдерживали 3 часа для достижения равновесия двух фаз. Органическую фазу с остаточными белками (нижний слой) удаляли. Эту процедуру повторяли 6 раз. Полисахариды семян репы осаждали тремя объемами этилового спирта из водной фазы. После фильтрации осадок промывали абсолютным этанолом и высушивали на воздухе.

*Определение содержания полисахаридов.* Количественное содержание полисахаридов определяли фенол-сернокислотным методом [23] по калибровочному графику для глюкозы. Оптическую плотность измеряли на спектрофотометре METASH UV-5100 (Шанхай, Китай).

*Ионообменная хроматография.* Для выделения полисахарида использовали анионообменную хроматографию. 100 мг образца полисахарида растворяли в 5 мл дистиллированной воды и наносили на колонку (16×3.5 см) с DEAE-650C TOYOPEARL (TOSOH, Япония), уравновешенную дистиллированной водой. После загрузки образца колонку элюировали дистиллированной водой, а затем последовательно 0–1.0 М градиентным раствором NaCl со скоростью 1.0 мл/мин. Фракции объемом по 10.0 мл собирали коллектором фракций. Содержание углеводов во фракциях определяли фенол-сернокислотным методом, используя глюкозу в качестве стандарта. Фракцию, соответствующую отдельным пикам, объединяли, концентрировали, диализовали и лиофильно высушивали.

*Гель-фильтрация полисахаридов.* Нейтральные и элюированные при 0.1 М NaCl полисахариды (по 20 мг) растворяли в 2 мл воды и наносили на колонку (70×1.8 см) с Sephadex G-100. Колонку элюировали дистиллированной водой со скоростью потока 40 мл/ч. Содержание углеводов в образцах определяли фенол-сернокислотным методом, используя глюкозу в качестве стандарта. Отбирали фракции объемом 13 мл.

Фракции, соответствующие отдельным пикам, объединяли, концентрировали до минимального объема, диализовали и лиофильно высушивали.

*Моносахаридный состав полисахаридов.* Полисахарид после гель-фильтрации (3 мг) растворяли в 2.5 мл 2 М трифторуксусной кислоты в 5 мл ампуле, гидролизовали при 110 °С в течение 6 ч, охлажденную реакционную смесь центрифугировали при 3000 об/мин в течение 5 мин. Для удаления трифторуксусной кислоты из гидролизата добавляли трижды по 5 мл раствора сухого метанола и метанол упаривали на ротаторном испарителе. В сухой гидролизат добавляли 5 мг гидроксиламин гидрохлорид, 1 мг изонитола и растворяли в 0.5 мл пиридине. Раствор нагревали при 90 °С в течение 30 мин, охлаждали до комнатной температуры, добавляли 0.5 мл уксусный ангидрид и ацетилювали в течение 30 мин при 90 °С. Реакционную смесь сушили в потоке азота. Альдитолацетатные производные моносахаридных стандартов (L-Fruc, L-Rib, L-Rha, L-Ara, L-Xyl, D-Man, D-Glc и D-Gal) были получены, как описано выше. Синтезированные альдитолацетатные производные проанализированы методом 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.

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

### **Обсуждение результатов**

Для выделения полисахаридов использовали экстракцию водой. Полисахариды осаждали из водных растворов с добавлением этанола в соотношении 1 : 4 (по объему). Выход полисахаридов составил 1.6%. Общее количество углеводов составило 30.3%, что свидетельствует о наличии примесей в составе выделенного полисахарида. Далее выделенные полисахариды депротеинизировали методом Savage. После депротеинизации количество белка в образцах определяли по методу Лоури. Результаты показали, что выделенный полисахарид содержит в следовых количествах белки и пептиды.

Образец полисахарида пропускали через DEAE-650С. Сначала промывали водой и последующим градиентным раствором NaCl (0–1 М). Как показано на рисунке 1, нейтральные полисахариды были получены при промывке дистиллированной водой с получением одной полисахаридной фракции (BSP-1), анионные полисахариды элюированы 0.1 (BSP-2), 0.3, 0.5, 0.8 М растворами NaCl. Это указывает на то, что данный образец состоит из нейтрального и анионного полисахарида.

Мажорные полисахаридные фракции BSP-1 и BSP-2 дополнительно были разделены и последовательно очищены на колонке Sephadex G-100 (рис. 2). В результате разделения было определено, что образцы полисахаридов состоят из однородных полисахаридов. Два основных пика полисахаридов, BSP-1-1 и BSP-2-1, были собраны и лиофильно высушены.

Затем были проведены исследования по определению моносахаридного состава выделенных полисахаридов. Моносахаридный состав BSP-1-1 и BSP-2-1 определяли гидролизом трифторуксусной кислоты и ГХ/МС методом (рис. 3). Полученные результаты представлены в таблице 1. Из полученных результатов видно, что полисахариды состоят в основном из остатков арабинозы и галактозы. Другие моносахариды присутствуют в их составе в следовых количествах. Сравнение с моносахаридным составом ранее выделенных полисахаридов из корней репы показало, что в корнях присутствуют полисахариды другого состава, содержащего в BRP-1-1 арабинозу и глюкозу в молярном соотношении 1.66 : 98.34; в BRP-2-1 – арабинозу, галактозу и глюкозу в молярном соотношении 9.3 : 14.63 : 76.07 и в BRP-3-1 – арабинозу, рамнозу, галактозу и глюкозу в молярном соотношении 24.98 : 24.10 : 44.09 : 6.83 [19].

Для выделенных полисахаридов были проведены ИК-спектроскопические исследования (рис. 4). В ИК-спектре наблюдались полосы поглощения, соответствующие полисахаридам. Полоса между 3200–3400 см<sup>-1</sup> представляет валентные колебания О-Н. Характерные сигналы для симметричных растяжений Н-С-Н связей наблюдались при 2935 см<sup>-1</sup> [24]. В области 2360 см<sup>-1</sup> наблюдались характерные сигналы, соответствующие С=О связи адсорбированного СО<sub>2</sub>. В области 1637 см<sup>-1</sup> наблюдались полосы поглощения, харак-

терные для О-Н связанной молекулы воды в образцах и белковые С=О связи [25]. Асимметрические валентные колебания при  $1521\text{ см}^{-1}$ , соответствующие С=О (специфичные для белков и пептидов), наблюдались только у неочищенного и депротеинизированного экстракта. У депротеинизированного экстракта интенсивность пиков намного уменьшилась. Это показывает, что после депротеинизации количество белков и пептидов значительно уменьшилось. В этом участке у BSP-1-1 и BSP-2-1 пики не наблюдались, это свидетельствует о том, что образцы после разделения полностью очищены от белков и пептидов.

Поглощение при  $1418\text{ см}^{-1}$  представляет собой асимметрические валентные колебания С-Н связи ( $\text{CH}_2$  групп), соответствующие полисахаридам. Характерные пики для С-О-С связи в пиранозном кольце моносахаридной единицы полисахаридов наблюдались при  $1140\text{ см}^{-1}$ . Полосы поглощения валентных колебаний, соответствующие гликозидным связям С-О-С между моносахаридными остатками, наблюдались в области  $1072\text{ см}^{-1}$  [26, 27]. Поглощение при  $1039\text{ см}^{-1}$  представляет собой валентные колебания С-О от боковых карбинольных групп (С-ОН). Характерные сигналы деформационных колебаний  $\alpha$ -гликозидных связей между пиранозными формами полисахаридов обнаружены при  $862\text{ см}^{-1}$ . ИК-спектроскопические исследования показали, что выделенные полисахариды из семян репы *Brassica rapa* состоят в основном из  $\alpha$ -связанных остатков пиранозы.

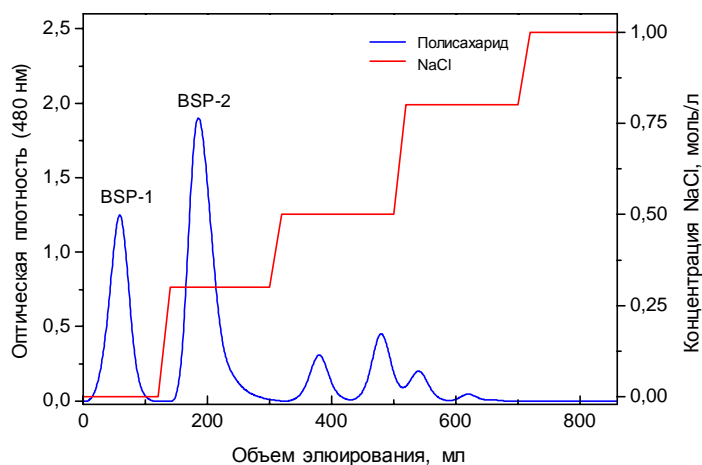


Рис. 1. Ионообменная хроматография выделенного полисахарида на DEAE-650С (элюент-0-1 М градиент NaCl, скорость элюция-1мл/мин)

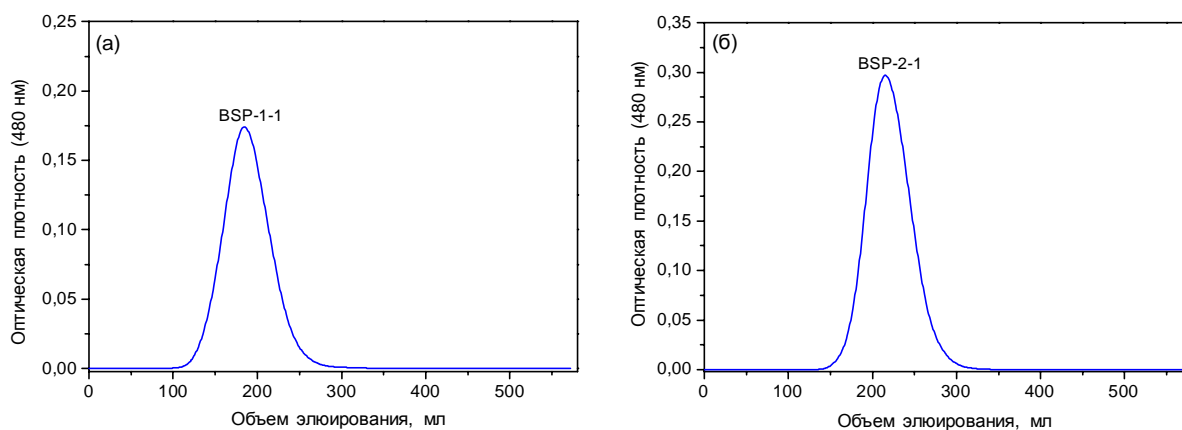


Рис. 2. Гель-хроматография нейтральных полисахаридов (BSP-1-1) (а) и анионных полисахаридов (BSP-2-1) (б), выделенных из семян *Brassica rapa* (на Sephadex G-100, элюент-дистиллированная вода, скорость элюции – 0.65 мл/мин)

Таблица 1. Моносахаридный состав выделенных полисахаридов

№	Полисахаридные фракции	Рибоза, %	Арабиноза, %	Манноза, %	Глюкоза, %	Галактоза, %
1	BSP-1-1	5.05	56.38	5.87	8.63	24.05
2	BSP-2-1	6.35	60.15	7.19	4.12	22.16

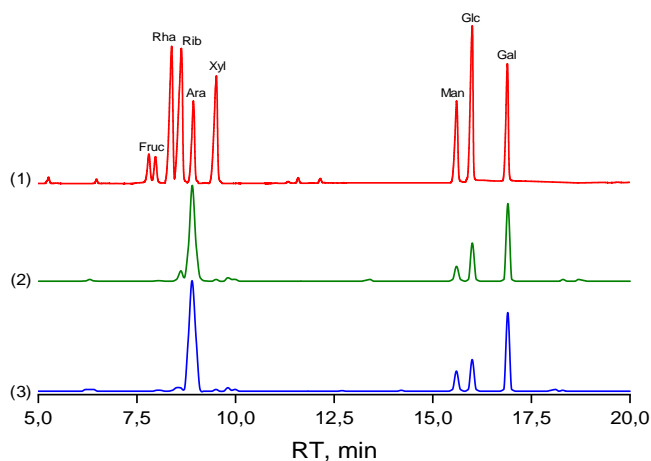


Рис. 3. Спектры ГХ/МС производных ацетатов альдитола стандартных моносахаридов (1), моносахаридов в составе выделенного полисахарида BSP-1-1 (2) и BSP-2-1 (3) семян *Brassica rapa*

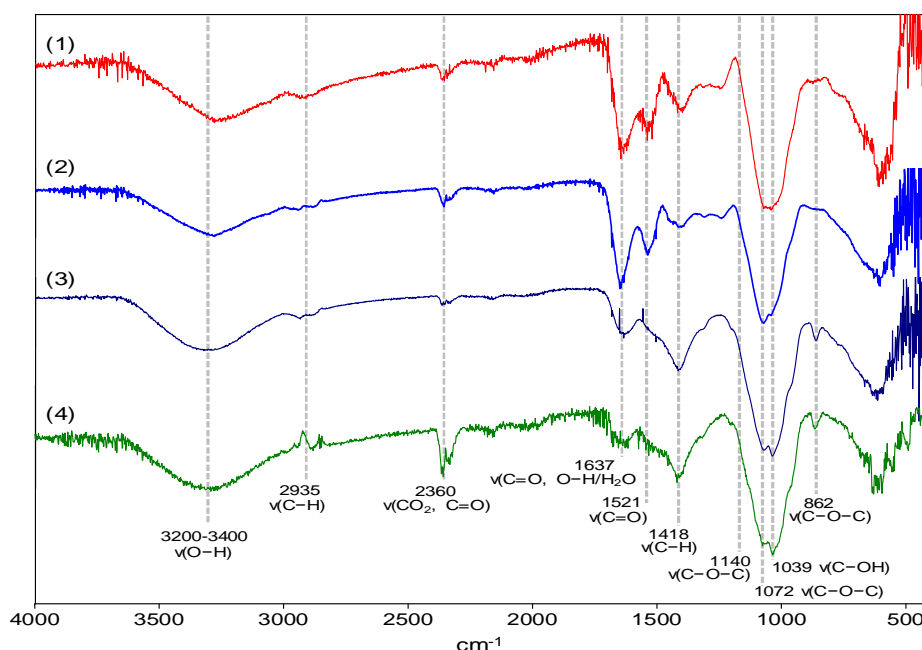


Рис. 4. ИК-спектры неочищенного (1), депротенизированного (2) полисахарида, BSP-1-1 (3) и BSP-2-1 (4) выделенного из *Brassica rapa*

**Выводы**

Впервые из семян репы *Brassica rapa*, произрастающей на территории Узбекистана, выделены водорастворимые полисахариды. Для получения очищенного полисахарида были использованы анион-обменная хроматография и гель-фильтрация. В результате получены две полисахаридные фракции BSP-1-1 и BSP-2-1. ИК-спектроскопические исследования показали, что выделенные полисахариды из семян репы *Brassica rapa* состоят в основном из α-связанных остатков пиранозы. Установлен моносахаридный состав выделенных полисахаридов. Полученные результаты показали, что состав нейтрального полисахарида BSP-1-1 представлен моносахаридами в следующем составе: рибоза – 5.05%, арабиноза – 56.38%, манноза – 5.87%, глюкоза – 8.63% и галактоза – 24.05%. Состав анионного полисахарида BSP-2-1 представлен моносахаридами: рибоза – 6.35%, арабиноза – 60.15%, манноза – 7.19%, глюкоза – 4.12% и галактоза – 22.16%. Из полученных результатов видно, что полисахариды состоят в основном из остатков арабинозы и галактозы. Другие моносахариды в их составе обнаруживаются в следовых количествах. На основании полученных данных можно предположить, что выделенные полисахариды из семян репы *Brassica rapa* относятся к типу арабиногалактанов.

## Список литературы

1. Zhu Q., Jiang Y., Lin S., Wen L., Wu D., Zhao M., Chen F., Jia Y., Yang B. Structural Identification of (1→6)- $\alpha$ -D-Glucan, a Key Responsible for the Health Benefits of Longan, and Evaluation of Anticancer Activity // *Biomacromolecules*. 2013. Vol. 14. Pp. 1999–2003. DOI: 10.1021/bm400349y.
2. Wang Y., Liu Y., Hu Y. Optimization of polysaccharides extraction from *Trametes robiniophila* and its antioxidant activities // *Carbohydrate Polymers*. 2014. Vol. 111. Pp. 324–332. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.03.083.
3. Gan D., Zeng X., Liu R.H., Ye H. Potential mechanism of mycelium polysaccharide from *Pholiota dinghuensis* Bi in regulating the proliferation and apoptosis of human breast cancer MCF-7 cells through p38/MAPK pathway // *Journal of Functional Foods*. 2015. Vol. 12. Pp. 375–388. DOI: 10.1016/j.jff.2014.12.008.
4. Tahmouzi S., Ghodsi M. Optimum extraction of polysaccharides from motherwort leaf and its antioxidant and antimicrobial activities // *Carbohydrate Polymers*. 2014. Vol. 112. Pp. 396–403. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.06.024.
5. Jafarian-Dehkordi A., Zolfaghari B., Mirdamadi M. The effects of chloroform, ethyl acetate and methanolic extracts of *Brassica rapa L.* on cell-mediated immune response in mice // *Res. Pharm. Sci.* 2013. Vol. 8. Pp. 159–165.
6. Li J.-E., Nie S.-P., Xie M.-Y., Li C. Isolation and partial characterization of a neutral polysaccharide from *Mosla chinensis* Maxim. cv. Jiangxiangru and its antioxidant and immunomodulatory activities // *J. Funct. Foods*. 2014. Vol. 6. N1. Pp. 410–418.
7. Сычев И.А., Калинкина О.В., Лаксаева Е.А. Биологическая активность растительных полисахаридов // *Российский медико-биологический вестник им. академика И.П. Павлова*. 2009. Т. 17. №4. С. 143–148. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20094143-148.
8. Jahangir M., Kim H.K., Choi Y.H., Verpoorte R. Health-Affecting Compounds in *Brassicaceae* // *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. 2009. Vol. 8. N2. Pp. 31–43. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00065.x.
9. Knekt P., Kumpulainen J., Järvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A. Flavonoid intake and risk of chronic diseases // *The American Journal of Clinical Nutrition*. 2002. Vol. 76. N3. Pp. 560–568. DOI: 10.1093/ajcn/76.3.560.
10. Sasaki K., Takahashi T. A flavonoid from *Brassica rapa* flower as the UV-absorbing nectar guide // *Phytochemistry*. 2002. Vol. 61. N3. Pp. 339–343. DOI: 10.1016/s0031-9422(02)00237-6.
11. Paul S., Geng C.-A., Yang T.-H., Yang Y.-P., Chen J.-J. Phytochemical and Health-Beneficial Progress of Turnip (*Brassica rapa*) // *Journal of Food Sciences*. 2019. Vol. 84. N1. Pp. 19–30. DOI: 10.1111/1750-3841.14417.
12. Wang W., Wang X., Ye H., Hu B., Zhou L., Jabbar S., Zeng X., Shen W. Optimization of extraction, characterization and antioxidant activity of polysaccharides from *Brassica rapa L.* // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2016. Vol. 82. Pp. 979–988. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.051
13. Hong E., Kim G.-H. Anticancer and Antimicrobial Activities of  $\beta$ -Phenylethyl Isothiocyanate in *Brassica rapa L.* // *Food Science and Technology Research*. Japanese Society for Food Science and Technology. 2008. Vol. 14. N4. Pp. 377–382. DOI: 10.1002/ptr.7048.
14. Jung U.J., Baek N.-I., Chung H.-G., Bang M.-H., Jeong T.-S., Tae Lee K., Kang Y.-J., Lee M.-K., Kim H.-J., Yeo J., Choi M.-S. Effects of the ethanol extract of the roots of *Brassica rapa* on glucose and lipid metabolism in C57BL/KsJ-db/db mice // *Clinical Nutrition*. 2008. Vol. 27. N1. Pp. 158–167.
15. Shin J.-S., Noh Y.-S., Lee Y.S., Cho Y.-W., Baek N.-I., Choi M.-S., Jeong T.-S., Kang E., Chung H.-G., Lee K.-T. Arvelexin from *Brassica rapa* suppresses NF- $\kappa$ B-regulated pro-inflammatory gene expression by inhibiting activation of I $\kappa$ B kinase // *British Journal of Pharmacology*. 2011. Vol. 164. N1. Pp. 145–158. DOI: 10.1111/j.1476-5381.2011.01351.x
16. Alotaibi B., Mokhtar F.A., El-Masry T.A., Elekhrawy E., Mostafa S.A., Abdelkader D.H., Elharty M.E., Saleh A., Negm W.A. Antimicrobial Activity of *Brassica rapa L.* Flowers Extract on Gastrointestinal Tract Infections and Antiulcer Potential Against Indomethacin-Induced Gastric Ulcer in Rats Supported by Metabolomics Profiling // *Journal of Inflammation Research*. 2021. Vol. 14. Pp. 7411–7430. DOI: 10.2147/JIR.S345780.
17. Assad T., Khan R.A., Feroz Z. Evaluation of hypoglycemic and hypolipidemic activity of methanol extract of *Brassica oleracea* // *Chinese Journal of National Medicines*. 2014. Vol. 12. N9. Pp. 648–653. DOI: 10.1016/S1875-5364(14)60099-6.
18. Igarashi K., Mikami T., Takahashi Y., Sato H. Comparison of the Preventive Activity of Isorhamnetin Glycosides from Atsumi-kabu (Red Turnip, *Brassica campestris L.*) Leaves on Carbon Tetrachloride-Induced Liver Injury in Mice // *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*. 2008. Vol. 72. N3. Pp. 856–860. DOI: 10.1271/bbb.70558.
19. Kim Y.-H., Kim Y.-W., Oh Y.-J., Back N.-I., Chung S.-A., Chung H.-G., Jeong T.-S., Choi M.-S., Lee K.-T. Protective Effect of the Ethanol Extract of the Roots of *Brassica rapa* on Cisplatin-Induced Nephrotoxicity in LLC-PK1 Cells and Rats // *Biological Pharmaceutical Bulletin*. 2006. Vol. 29. N12. Pp. 2436–2441. DOI: 10.1248/bpb.29.2436.
20. Xie Y., Jiang S., Su D., Pi N., Ma C., Gao P. Composition analysis and anti-hypoxia activity of polysaccharide from *Brassica rapa L.* // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2010. Vol. 47. N4. Pp. 528–533. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2010.07.008.
21. Cao W., Wang C., Mayhesumu X., Pan L., Dang Y., Yili A., Abuduwaili A., Mansur S. Isolation, Structural Elucidation, Antioxidant and Hypoglycemic Activity of Polysaccharides of *Brassica rapa L.* // *Molecules*. 2022. Vol. 27. N9. P. 3002. DOI: 10.3390/molecules27093002.
22. Staub A.M. Removal of Protein-Sevag Method // *Methods in Carbohydrate Chemistry*. 1965. Vol. 5. Pp. 5–6.

23. DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances // *Analitical. Chemistry*. 1956. Vol. 28. N3. Pp. 350–356. DOI: 10.1021/ac60111a017.
24. 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 SO<sub>3</sub>/Py in N,N-dimethylacetamide/LiCl // *European Polymer Journal*. 2019. Vol. 119. Pp. 181–188. DOI: 10.1016/j.eurpolymj.2019.07.030.
25. 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.
26. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaymetova 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.
27. Khalilova G.A., Turaev A.S., Muhitdinov B.I., Filatova A.V., Haytmetova S.B., Normakhamatov N.S. Isolation, physico-chemical characteristics of polysaccharide isolated from the fruit body of *Inonotus Hispidus* // *Chemistry of plant raw material*. 2021. N3. Pp. 99–106. DOI: 10.14258/jcprm.2021039028.

Поступила в редакцию 1 июля 2022 г.

После переработки 24 августа 2022 г.

Принята к публикации 19 декабря 2022 г.

**Для цитирования:** Орипова М.Ж., Кузиева З.Н., Корабоева Б.Б., Ощепкова Ю.И., Салихов Ш.И. Выделение и физико-химическая характеристика полисахаридов семян репы *Brassica rapa* // *Химия растительного сырья*. 2023. №2. С. 79–86. DOI: 10.14258/jcprm.20230211629.

*Oripova M.Zh., Kuzieva Z.N., Koraboeva B.B., Oshchepkova Yu.I.\**, Salikhov Sh.I. ISOLATION AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERISTICS OF POLYSACCHARIDES IN THE SEEDS OF TURNIP *BRASSICA RAPA*

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

The aim of this research is the isolation and physicochemical characterization of water-soluble polysaccharides in the seeds of the turnip *Brassica rapa* of the family *Brassicaceae* cultivated in Uzbekistan.

For the first time, water-soluble polysaccharides were isolated from turnip seeds by sequential water extraction. Polysaccharides are deproteinized and separated by ion exchange chromatography, purified on a Sephadex G-100 column. Two polysaccharide fractions BSP-1-1 and BSP-2-1 were obtained. The results of IR spectroscopic studies showed that the isolated polysaccharides consist mainly of  $\alpha$ -linked pyranose units. Analysis of the monosaccharide composition showed that the composition of the neutral polysaccharide BSP-1-1 is represented by monosaccharides in the following composition: ribose – 5.05%, arabinose – 56.38%, mannose – 5.87%, glucose – 8.63% and galactose – 24.05%. The composition of the anionic polysaccharide BSP-2-1 is represented by monosaccharides: ribose – 6.35%, arabinose – 60.15%, mannose – 7.19%, glucose – 4.12% and galactose – 22.16%. It was determined that the isolated polysaccharides consist mainly of arabinose (BSP-1-1 – 56.3%, BSP-2-1 – 60%) and galactose (BSP-1-1 – 24%, BSP-2-1 – 22%). Based on the data obtained, it can be assumed that the studied polysaccharides from the seeds of the turnip *Brassica rapa* belong to the type of arabinogalactans.

**Keywords:** *Brassica rapa*, polysaccharides, ion-exchange chromatography, gel filtration, monosaccharide composition, IR spectroscopy.

---

\* Corresponding author.

## References

1. Zhu Q., Jiang Y., Lin S., Wen L., Wu D., Zhao M., Chen F., Jia Y., Yang B. *Biomacromolecules*, 2013, vol. 14, pp. 1999–2003. DOI: 10.1021/bm400349y.
2. Wang Y., Liu Y., Hu Y. *Carbohydrate Polymers*, 2014, vol. 111, pp. 324–332. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.03.083.
3. Gan D., Zeng X., Liu R.H., Ye H. *Journal of Functional Foods*, 2015, vol. 12, pp. 375–388. DOI: 10.1016/j.jff.2014.12.008.
4. Tahmouzi S., Ghodsi M. *Carbohydrate Polymers*, 2014, vol. 112, pp. 396–403. DOI: 10.1016/j.carbpol.2014.06.024.
5. Jafarian-Dehkordi A., Zolfaghari B., Mirdamadi M. *Res. Pharm. Sci.*, 2013, vol. 8, pp. 159–165.
6. Li J.-E., Nie S.-P., Xie M.-Y., Li C. *J. Funct. Foods*, 2014, vol. 6, no. 1, pp. 410–418.
7. Sychev I.A., Kalinkina O.V., Laksayeva Ye.A. *Rossiyskiy mediko-biologicheskiy vestnik im. akademika I.P. Pavlova*, 2009, vol. 17, no. 4, pp. 143–148. DOI: 10.17816/PAVLOVJ20094143-148. (in Russ.).
8. Jahangir M., Kim H.K., Choi Y.H., Verpoorte R. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 2009, vol. 8, no. 2, pp. 31–43. DOI: 10.1111/j.1541-4337.2008.00065.x.
9. Knekt P., Kumpulainen J., Järvinen R., Rissanen H., Heliövaara M., Reunanen A., Hakulinen T., Aromaa A. *The American Journal of Clinical Nutrition*, 2002, vol. 76, no. 3, pp. 560–568. DOI: 10.1093/ajcn/76.3.560.
10. Sasaki K., Takahashi T. *Phytochemistry*, 2002, vol. 61, no. 3, pp. 339–343. DOI: 10.1016/s0031-9422(02)00237-6.
11. Paul S., Geng C.-A., Yang T.-H., Yang Y.-P., Chen J.-J. *Journal of Food Sciences*, 2019, vol. 84, no. 1, pp. 19–30. DOI: 10.1111/1750-3841.14417.
12. Wang W., Wang X., Ye H., Hu B., Zhou L., Jabbar S., Zeng X., Shen W. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2016, vol. 82, pp. 979–988. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2015.10.051
13. Hong E., Kim G.-H. *Food Science and Technology Research. Japanese Society for Food Science and Technology*, 2008, vol. 14, no. 4, pp. 377–382. DOI: 10.1002/ptr.7048.
14. Jung U.J., Baek N.-I., Chung H.-G., Bang M.-H., Jeong T.-S., Tae Lee K., Kang Y.-J., Lee M.-K., Kim H.-J., Yeo J., Choi M.-S. *Clinical. Nutrition*, 2008, vol. 27, no. 1, pp. 158–167.
15. Shin J.-S., Noh Y.-S., Lee Y.S., Cho Y.-W., Baek N.-I., Choi M.-S., Jeong T.-S., Kang E., Chung H.-G., Lee K.-T. *British Journal of Pharmacology*, 2011, vol. 164, no. 1, pp. 145–158. DOI: 10.1111/j.1476-5381.2011.01351.x
16. Alotaibi B., Mokhtar F.A., El-Masry T.A., Elekhrawy E., Mostafa S.A., Abdelkader D.H., Elharty M.E., Saleh A., Negm W.A. *Journal of Inflammation Research*, 2021, vol. 14, pp. 7411–7430. DOI: 10.2147/JIR.S345780.
17. Assad T., Khan R.A., Feroz Z. *Chinese Journal of National Medicines*, 2014, vol. 12, no. 9, pp. 648–653. DOI: 10.1016/S1875-5364(14)60099-6.
18. Igarashi K., Mikami T., Takahashi Y., Sato H. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 2008, vol. 72, no. 3, pp. 856–860. DOI: 10.1271/bbb.70558.
19. Kim Y.-H., Kim Y.-W., Oh Y.-J., Back N.-I., Chung S.-A., Chung H.-G., Jeong T.-S., Choi M.-S., Lee K.-T. *Biological Pharmaceutical Bulletin*, 2006, vol. 29, no. 12, pp. 2436–2441. DOI: 10.1248/bpb.29.2436.
20. Xie Y., Jiang S., Su D., Pi N., Ma C., Gao P. *International Journal of Biological Macromolecules*, 2010, vol. 47, no. 4, pp. 528–533. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2010.07.008.
21. Cao W., Wang C., Mayhesumu X., Pan L., Dang Y., Yili A., Abuduwaili A., Mansur S. *Molecules*, 2022, vol. 27, no. 9, p. 3002. DOI: 10.3390/molecules27093002.
22. Staub A.M. *Methods in Carbohydrate. Chemistry*, 1965, vol. 5, pp. 5–6.
23. DuBois M., Gilles K.A., Hamilton J.K., Rebers P.A., Smith F. *Analytical. Chemistry*, 1956, vol. 28, no. 3, pp. 350–356. DOI: 10.1021/ac60111a017.
24. 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.
25. Muhitdinov B., Heinze T., Normakhamatov N., Turaev A. *Carbohydrate Polymers*, 2017, vol. 173, pp. 631–637. DOI: 10.1016/j.carbpol.2017.06.033.
26. Azimova L.B., Normakhamatov N.S., Khaymetova 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.
27. Khalilova G.A., Turaev A.S., Muhitdinov B.I., Filatova A.V., Haytmetova S.B., Normakhamatov N.S. *Chemistry of plant raw material*, 2021, no. 3, pp. 99–106. DOI: 10.14258/jcprm.2021039028.

Received July 1, 2022

Revised August 24, 2022

Accepted December 19, 2022

**For citing:** Oripova M.Zh., Kuzieva Z.N., Koraboeva B.B., Oshchepkova Yu.I., Salikhov Sh.I. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2023, no. 2, pp. 79–86. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.20230211629.