

УДК 54:630.8:664

## ВЫДЕЛЕНИЕ И ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ПЕКТИНА ИЗ НЕТРАДИЦИОННОГО ПРИРОДНОГО СЫРЬЯ

© С.Б. Хайтметова\*, А.С. Тураев, Б.И. Мухитдинов, Г.А. Халилова

Институт биоорганической химии АН РУз, ул. Мирзо Улугбека, 83,  
Ташкент, 100125 (Узбекистан), e-mail: xsb75@mail.ru

Получение, исследование функциональных свойств и определение последующего назначения в практическом применении пектиновых веществ требует проведения тщательного изучения физико-химических характеристик полисахарида.

В результате кислотного гидролиза выделены пектиновые полисахариды из нетрадиционного сырья природного происхождения – базидиальных трутовых грибов: трутовик настоящий *Fomes fomentarius*, лакированный *Ganoderma lucidum*, щетинистоволосый *Inonotus hispidus*, чешуйчатый *Polyporus squamosus*. Полученные продукты охарактеризованы: содержанием свободных и этерифицированных карбоксильных групп, общим количеством -COOH, -OCH<sub>3</sub>, степенью этерификации, а также данными ИК-спектроскопии.

Полученные нами пектиновые вещества, выделенные в одинаковых условиях из базидиальных грибов, по внешним данным представляют собой порошки от светло-желтого до светло-коричневого цвета, обладают слабокислым вкусом, не имеют постороннего привкуса и запаха. Пектин из трутовика *Inonotus hispidus* заметно светлее пектинов, выделенных из других источников (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Polyporus squamosus*). По органолептическим свойствам он не уступает яблочному пектину. По степени этерификации их можно отнести к средноэтерифицированным пектинам. Значения степени этерификации изученных пектинов находится в пределах 50.00–66.67%, а содержание метоксильных групп – 8.47–11.43%. Содержание свободных карбоксильных групп составляет 2.25–5.40%.

*Ключевые слова:* пектиновые вещества, выделение, базидиальные грибы, физико-химические характеристики.

### Введение

Биомасса растений является экологически безопасным видом природного, растительного сырья и источником получения многих практически полезных веществ, к которым относятся и пектиновые полисахариды. Они входят в состав структурных элементов тканей высших растений и выполняют функции связывающих и упрочняющих компонентов клеточной стенки, регулируют водный обмен, а также выполняют защитную функцию во взаимодействии растений с фитопатогенами [1–7].

*Хайтметова Саида Бокижоновна* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологических активных макромолекулярных систем, e-mail: xsb75@mail.ru

*Тураев Аббасхан Сабирханович* – доктор химических наук, профессор, академик, главный научный сотрудник лаборатории биологических активных макромолекулярных систем, e-mail: abbaskhan@mail.ru

*Мухитдинов Бахтиёр Икромович* – кандидат технических наук, старший научный сотрудник лаборатории биологических активных макромолекулярных систем, e-mail: muhitdinov.bahtiyor@gmail.com

*Халилова Гулноза Абдувахобовна* – базовый докторант лаборатории биологических активных макромолекулярных систем, e-mail: gulnoza\_xalilova@mail.ru

Благодаря природному происхождению и уникальным физико-химическим свойствам пектин и пектинопродукты, не имеющие полноценных заменителей, завоевали прочное место в современной пищевой промышленности и в некоторых областях медицины. Особую значимость пектиновые вещества приобрели в последние три десятилетия в связи с появлением сведений о способности пектина выводить из организма человека тяжелые металлы, образуя с ними комплексы [8–11]. Организмом человека пектиновые вещества не усваиваются, частично эти вещества расщепляются пектиназами микроорганизмов. Пектины широко используются как желеобразующие агенты, стабилизаторы растворов,

\* Автор, с которым следует вести переписку.

загустители, адгезивы и эмульсификаторы во многих пищевых продуктах, при получении пектин-белковых гелей [2, 12]. Пектины выполняют важные биологические функции в растениях. Они являются регуляторами ионного и водного обмена, участвуют в структурообразовании клеточных стенок растений, способствуют прорастанию семян и росту проростков, обеспечивают тургор растений и т.д. [13]. Пектины обладают широким спектром физиологической активности [14], в том числе иммуномоделирующими [2, 15] и гастропротективными свойствами [2, 16]. Пектины с разной степенью этерификации, а также полученные из них олигосахариды индуцируют апоптоз аденокарциномы НТ29 толстой кишки человека в условиях *in vitro* [17]. Данный полисахарид используется в качестве полимер-носителя биологически активных компонентов или лекарственных препаратов [18]. Модифицированный цитрусовый пектин подавляет рост раковых клеток и метастазирование [19, 20]. Также пектин широко используется в гастроэнтерологической медицине как терапевтическое средство при лечении заболеваний, связанных с раздражениями слизистых оболочек, и как физический барьер для защиты эпителия от оппортунистических микроорганизмов в период стресса [21, 22]. Кроме того, пектин применяется для приготовления заменителей крови [30]. Однако основное применение пектин находит в пищевой промышленности.

Пектин является естественным полимерным соединением, входящим в состав структурных элементов клеточной ткани всех земных растений. В зависимости от вида растений и способа извлечения, состав пектиновых веществ характеризуется различным соотношением кислых и нейтральных фракций, содержанием остатков галактуроновой кислоты и нейтральных моносахаридов, степенью метоксилирования, ацетилирования, величиной молекулярной массы и др. Поэтому пектины различных источников отличаются друг от друга по химическому составу и качественным показателям. Известно, что такие этапы технологии процесса выделения пектина, как предобработка сырья, температура, продолжительность экстракции и вид осадителя, подбираются в зависимости от особенностей перерабатываемого сырья [23].

По химическому строению пектиновые вещества – это сложные эфиры полигалактуроновой кислоты и метилового спирта. В клеточных стенках растений, образованных из целлюлозы, они вместе с гемицеллюлозами выполняют структурные функции, являются цементирующим материалом этих стенок, объединяют клетки в единое целое в том или ином органе растений.

Пектиновые вещества широко распространены в природе: они встречаются в плодах, соках, корнях, стеблях большинства растений. Сырьем для получения пектина традиционно служат свекловичный жом, яблочные выжимки, корочки цитрусовых плодов [24] и др.

Пектиновые вещества были открыты в 1825 г., однако несмотря на то, что их изучение продолжается практически 200 лет, химическое строение этих соединений выяснено лишь во второй половине XX в. Пектиновые вещества включают нерастворимый протопектин, растворимые пектиновые полисахариды и сопутствующие им галактаны, арабинаны и арабиногалактаны. Пектиновые полисахариды (пектины) входят в большую группу гликаногалактуронанов – кислых растительных полисахаридов, главную углеводную цепь которых составляют 1,4-связанные остатки  $\alpha$ -D-галактопиранозилурононовой кислоты. Пектины включают в себя как составляющие компоненты нерастворимого протопектина, так и растворимые полисахариды соков растений [25].

Проведенный анализ литературных источников [26] показал следующее: содержание пектиновых веществ зависит от источника сырья бывает в различном количестве. Пектин, вырабатывается по различным производственным схемам, в которых, как правило, выполняются три основные операции: извлечение пектина из подготовленного сырья, его очистка, выделение и сушка. Для определения строения пектинов используют классические методы: полный и частичный гидролиз, ферментативное расщепление и периодатное окисление (распад по Смитсу), метод метилирования Хеуордса, а также физико-химические методы: все виды спектроскопии ядерного магнитного резонанса (ЯМР), хромато-масс-спектрометрию. Для определения расположения углеводных цепей пектинов в пространстве в последние годы применяют атомно-силовую микроскопию (АСМ), впервые предложенную для этой цели в 1997 г. [27–29]. По современным взглядам, пектиновые вещества представляют собой коллоидный комплекс полисахаридов кислого характера, состоящий из арабинана, галактана и так называемой пектиновой кислоты. Молекулярная масса пектинов колеблется от 3000 до 300000 Да [30]. Пектины различных источников отличаются друг от друга по свойствам. Лучше других изучены пектины плодов и овощей, пектины из базидиальных грибов практически не изучены.

Таким образом, цель работы состоит в том, чтобы выделить пектин из нетрадиционного сырья природного происхождения и изучить его некоторые основные химические характеристики.

**Экспериментальная часть**

*Выделение пектиновых веществ.* В качестве природного сырья для извлечения пектиновых веществ нами были выбраны базидиальные трутовые грибы: трутовик настоящий – (лат. *Fomes fomentarius*), лакированный (лат. *Ganoderma lucidum*), щетинистоволосый (лат. *Inonotus hispidus*), чешуйчатый (лат. *Polyporus squamosus*).

Для выделения пектиновых веществ из природного сырья использовались высушенные, измельченные, обессмоленные трутовые тела, массой 5 г, которые помещали в колбу и заливали гидролизующей смесью (50 мл 1.1% раствор HCl). Гидролиз-экстракция проводилась при температуре 85–90 °С, продолжительность гидролиза 2 ч. После чего смесь отфильтровывали, фильтрат упаривали при температуре 60 °С. Пектиновые вещества осаждали 96%-ным этиловым спиртом в соотношении 1 : 2. Пектин отфильтровывали через капронные мембраны высушивали на воздухе и измельчали.

*Определение физико-химических показателей.* С помощью метода потенциометрического титрования было вычислено содержание свободных и этерифицированных карбоксильных групп, общее количество -COOH, -OCH<sub>3</sub>, степень этерификации по ГОСТ 29186-91. Потенциометрическое титрование проводилось на основе метода, приведенных в работах [31, 32], основанный на алкалометрическом титровании. В качестве титранта был использован 0.1 н раствор гидроксида натрия.

*ИК-спектроскопия.* ИК-спектры пектина снимали на ИК-Фурье спектрометре «IRTracer-100» (SHIMADZU CORP., Япония, 2017) в комплекте с приставкой нарушенного полного внутреннего отражения (НПВО) MIRacle-10 с призмой diamond/ZnSe (спектральный диапазон по шкале волновых чисел – 4000–450 см<sup>-1</sup> в таблетке с KBr, разрешение – 4 см<sup>-1</sup>, чувствительность соотношение сигнал/шум – 60.000 : 1; скорость сканирования – 20 спектров в секунду).

**Обсуждение результатов**

Исследование функциональных свойств пектинов, выделенных из нетрадиционных сырьевых источников, с целью получения и изучения физико-химических свойств полисахаридов [30, 33], выявление новых областей возможного применения выделенных препаратов является актуальной задачей. Исходя из этого, в данной работе в качестве сырьевых источников были взяты базидиальные трутовые грибы.

В результате кислотного гидролиза из базидиальных трутовиков были выделены пектиновые вещества, которые обладают слабокислым вкусом, не имеют постороннего привкуса и запаха. По органолептическим свойствам они не уступают яблочному пектину. 1% водный раствор этого пектина имеет значение pH от 3.0 до 3.2.

В таблице 1 представлены данные по наибольшему выходу полученных нами пектиновых веществ из базидиальных грибов (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus hispidus*, *Polyporus squamosus*), в сравнении пектина с яблочной выжимкой. Коэффициент извлечения пектина из базидиальных грибов составляет 21–23%, влажность 8.0–8.7% и выход от 4.2–4.6%.

В работе исследованы инфракрасные спектры полученных пектинов из базидиальных грибов. Обширную информацию о строении пектиновых веществ дают инфракрасные (ИК) спектры [34, 35]. Благодаря сравнительной простоте и универсальности эксперимента, ИК-спектроскопия стала распространенным методом исследования структуры растительных полисахаридов. Было проведено исследование ИК-спектров пектиновых веществ, полученных из базидиальных грибов, и представлен их сравнительный анализ.

Таблица 1. Максимальный выход пектиновых веществ (гидролизующий агент 1.1% раствор HCl, продолжительность гидролиза 2 ч)

Наименование пектина	Коэффициент извлечения Ки, %	Выход, % (в расчете на вес сырья)	Влажность, %
*Пектин из яблочного выжимки	23	4.6	8.0
Пектин из трутовика настоящего – <i>Fomes fomentarius</i>	21	4.2	8.7
Пектин из трутовика лакированного – <i>Ganoderma lucidum</i>	21	4.2	8.3
Пектин из трутовика щетинистый – <i>Inonotus hispidus</i>	22	4.4	8.6
Пектин из трутовика чешуйчатого – <i>Polyporus squamosus</i>	23	4.6	8.0

Примечание: пектин, выделенный из яблочной выжимки, использован для сравнения физико-химических характеристик.

Проведенный анализ ИК-спектров образцов базидиального и яблочного пектинов, как впервые полученных и исследованных нами, так и описанных в литературе [34], позволил выявить основные функциональные группы полос поглощения базидиального пектина.

В области 3000–3600 см<sup>-1</sup> наблюдается интенсивная широкая асимметричная полоса, соответствующая валентным колебаниям группы -ОН. Смещение полосы в низкочастотную область по сравнению с частотой свободной гидроксильной группы (3670–3580 см<sup>-1</sup>) ν(OH) объясняется ее участием в образовании водородных связях. Воздушно-сухие пектины содержат около 10% воды, поэтому валентные колебания воды ν(H<sub>2</sub>O) перекрываются полосами ν(OH)<sub>с</sub> гидроксильных групп пектина. В области 2600 см<sup>-1</sup> наблюдается широкая сложная полоса, относящаяся к валентным колебаниям гидроксильных групп карбоксилон ν(OH)<sub>а</sub>, связанных водородной связью в карбоксил карбоксильной димерной группировке (табл. 2).

Область 2000–1500 см<sup>-1</sup> относится к колебаниям группы С=О. Здесь возможно поглощение, относящееся к валентным колебаниям ν(C=O) трех групп: (1717–1733 см<sup>-1</sup>), (1636–1647 см<sup>-1</sup>). Соотношение интенсивностей полос поглощения, соответствующих этим группам, может меняться в зависимости от того, какая форма в структуре пектиновых веществ преобладает (эфирная, кислотная или ионная). Метод ИК-спектроскопии оказался чрезвычайно информативным при контроле чистоты пектинов, полученных различными способами. Он позволяет контролировать как примеси белковой природы, так и наличие кальциевых солей, образующихся при гидролизе протопектина. При подготовке образцов пектина для записи спектров происходит замещение водорода карбоксильной группы на ионы калия. Это приводит к появлению удвоения некоторых полос и к уменьшению интенсивности полосы при 1740 см<sup>-1</sup>. Интенсивность полос поглощения при 1550 см<sup>-1</sup> согласуется с содержанием метоксильных групп в препаратах. 1369–1435 см<sup>-1</sup> интенсивная полоса поглощения наблюдается у базидиального пектина. 1443–1367 см<sup>-1</sup> полосы внутренних деформационных колебаний метильной группы, а также 1200–1000 см<sup>-1</sup> относятся к валентным колебаниям связей С–С, С–О и С–О–С пиранозных циклов.

Полученные нами пектиновые вещества, выделенные в одинаковых условиях из базидиальных грибов (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus hispidus*, *Polyporus squamosus*), по внешним данным представляют собой порошки от светло-желтого до светло-коричневого цвета, пектин из трутовика *Inonotus hispidus* заметно светлее пектина из других. По степени этерификации их можно отнести к средноэтерифицированным пектинам. Значения степени этерификации изученных пектинов в пределах 50.00–66.67% (табл. 3). Содержание метоксильных групп в пределах 8.47–11.43%. Содержание свободных карбоксильных групп составляет 2.25–5.40% [23].

Таблица 2. Положение максимумов полос поглощения (см<sup>-1</sup>) яблочного и базидиальных пектинов

Пектин из яблочного выжимки	Пектин из трутовика настоящего – <i>Fomes fomentarius</i>	Пектин из трутовика щетино-стволового – <i>Inonotus hispidus</i>	Пектин из трутовика чешуйчатого – <i>Polyporus squamosus</i>	Пектин из трутовика лакированного – <i>Ganoderma lucidum</i>	Преимущественные типы колебаний
3226–3443	3316	3329	3321	3314	ν(OH) <sub>с</sub> , ν(H <sub>2</sub> O)
2919	2887	2993	2896	2894	ν (CH)
2846			2157		ν (CH)
1742	1717	1733		1724	ν (C=O) <sub>е</sub>
1617	1636	1647	1636	1636	
1435	1370	1435	1370–1363	1369	δ <sub>ас</sub> (CH <sub>3</sub> ) <sub>е</sub>
1374	1318	1368			δ <sub>с</sub> (CH) <sub>е</sub>
1305			1313	1313	δ (CH) <sub>к</sub>
1276	1261	1259–1276	1202	1276	
1146	1157	1152	1158	1156	ν (C–O–C)
1103					νδ(C–OH) <sub>с</sub> , ν (C–C, C–O) <sub>к</sub>
1021	1021	1020	1013	1025	ν (C–C, C–O) <sub>к</sub>
955	897	894	897	894	γ (OH) <sub>с</sub>
882					ρ(CH <sub>3</sub> ) <sub>е</sub>
782, 721, 667, 619, 535, 514, 502	602, 564	607	602, 559	599	Пульсационные колебания пиранозных колец

Таблица 3. Физико-химические показатели пектина

Наименование пектина	Содержание, %				Степень этерификации, %
	Свободные карбоксильные группы, Кс	Этерифицированные карбоксильные группы, Ке	Общее количество карбоксильных групп, Ко	Метоксильные группы	
Пектин из яблочного выжимки	2.3±0.13	7.65±0.12	9.95±0.15	10.78±0.13	77.30±0.14
Пектин из трутовика настоящего – <i>Fomes fomentarius</i>	3.6±0.15	4.725±0.1	8.325±0.11	9.56±0.15	56.76±0.12
Пектин из трутовика лакированного – <i>Ganoderma lucidum</i>	3.6±0.2	4.5±0.15	8.1±0.13	9.37±0.11	55.56±0.13
Пектин из трутовика щетинистоволосый – <i>Inonotus hispidus</i>	2.25±0.13	4.5±0.13	6.75±0.18	11.43±0.14	66.67±0.11
Пектин из трутовика чешуйчатого – <i>Polyporus squamosus</i>	2.25±0.14	2.25±0.11	4.5±0.16	8.47±0.13	50±0.12

**Заключение**

Таким образом, из базидиальных трутовых грибов, произрастающих в Узбекистане, в лабораторных условиях выделены пектиновые вещества в чистом виде.

Выделенные из базидиальных трутовых грибов пектиновые вещества охарактеризованы физико-химическими методами анализа (потенциометрическим титрованием и ИК-спектроскопией), на основе которых вычислена содержания свободных и этерифицированных карбоксильных групп, общее количество карбоксильных и метоксильных групп, а также степень этерификации.

Несмотря на то, что выход пектиновых веществ из базидиальных трутовых грибов составляет не более 5%, по основным характеристикам он сопоставим с пектинами, выделяемыми из традиционного сыра.

**Список литературы**

1. Комиссаренко С.Н., Спиридонов В.Н. Пектины – их свойства и применение // Растительные ресурсы. 1998. Т. 34, вып. 1. С. 111–119.
2. Оводов Ю.С. Полисахариды цветковых растений: структура и физиологическая активность // Биоорганическая химия. 1998. Т. 24. №7. С. 483–501.
3. Mohnen D. Pectin structure and biosynthesis // Curr. Opin. Plant Biol. 2008. Vol. 11, no. 3, pp. 266–277. DOI: 10.1016/j.pbi.2008.03.006.
4. Schols H.A., Vierhuis E., Bakx E.J., Voragen A.G.J. Different populations of pectic hairy regions occur in apple cell walls // Carbohydr. Res. 1995. Vol. 275. N2. Pp. 343–360. DOI: 10.1016/0008-6215(95)00155-M.
5. Чиркова Т.В. Амарант – культура XXI века // Соросовский образовательный журнал. 1999. №10. С. 22–27.
6. Офицеров Е.Н., Костин В.И. Углеводы амаранта и их практическое использование. Ульяновск, 2001. 180 с.
7. Gawkowska D., Cybulska J., Zdunek A. Structure-Related Gelling of Pectins and Linking with Other Natural Compounds: A Review // Polymers. 2018. Vol. 10. P. 762. DOI: 10.3390/polym10070762.
8. Елькина Е.А., Шубаков А.А., Оводов Ю.С. Влияние пектинов на рост злаковых культур // Химия растительного сырья. 2005. №4. С. 53–56.
9. Золотарева А.М., Чуркина Т.Ф., Цыбикова Д.Ц., Бабуева Ц.М. Исследование функциональных свойств облепихового пектина // Химия растительного сырья. 1998. №1. С. 29–32.
10. Сарафанова Л.А. Применение пищевых добавок. Технические рекомендации. СПб., 2005. 200 с.
11. Шахматов Е.Г., Михайлова Е.А., Макарова Е.Н. Структурно-химическая характеристика и биологическая активность полисахаридов *Heracleum sosnowskyi* Manden // Химия растительного сырья. 2015. №4. С. 15–22. DOI: 10.14258/jcprm.201504878.
12. Bedouet L., Denys E., Courtois B., Courtois J. Changes in esterified pectins during development in the flax stems and leaves // Carbohydr. Polym. 2006. Vol. 65. Pp. 165–173. DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.12.041.
13. Тулинов А.Г., Шлык М.Ю., Лобанов А.Ю., Михайлова Е.А., Шубаков А.А. Фолиарная обработка картофеля пектиновыми полисахаридами // Аграрная Россия. 2017. №10. С. 3–6.
14. Потиевский Э.Г., Новиков А.И. Медицинские аспекты применения пектина. М., 2002. 96 с.
15. Попов С.В. Взаимодействие фагоцитов млекопитающих с полисахаридами растений. Сыктывкар, 2002. 110 с.
16. Крылова С.Г., Ефимова Л.А., Зуева Е.П., Хотимченко М.Ю., Амосова Е.Н., Разина Т.Г., Лопатина К.А., Хотимченко Ю.С. Гастропротекторное действие некрахмального полисахарида пектата кальция в эксперименте // Бюлл. эксп. биол. мед. 2008. Т. 145. С. 678–681.
17. Olano-Martin E., Rimbach G.H., Gibson G.R., Rastall R.A. Pectin and pectic-oligosaccharides induce apoptosis in vitro human colonic adenocarcinoma cells // Anticancer Res. 2003. Vol. 23. Pp. 341–346.

18. Sriamornsak P., Sungthongjeen S., Puttipipatkachom S. Use of pectin as a carrier for intragastric floating drug delivery: Carbonate salt contained beads // *Carbohydr. Polym.* 2007. Vol. 67. Pp. 436–445. DOI:10.1016/j.carbpol.2006.06.013. ISSN: 0144-8617.
19. Nangia-Makker P., Conclin I., Hogan V., Raz A. Inhibition of Human Cancer Cell Growth and Metastasis in Nude Mice by Oral Intake of Modified Citrus Pectin // *J. Natl. Cancer Inst.* 2002. Vol. 94. Pp. 1854–1862. DOI: 10.1093/jnci/94.24.1854.
20. Eliaz I. // *Clin. Pract. Altern. Med.* 2002. Vol. 2. Pp. 177–179. DOI: 10.1016/j.carres.2008.08.038.
21. Liu L.S., Fishman M.L., Kost J., Hicks K.B. Pectin-based systems for colon-specific drug delivery via oral route // *Biomaterials.* 2003. Vol. 24. Pp. 3333–3343. DOI: 10.1016/s0142-9612(03)00213-8.
22. Shmidgall J., Hensel A. Bioadhesive properties of polygalacturonides against colonic epithelial membranes // *Internal. J. Biol. Macromol.* 2002. Vol. 30. Pp. 217–225. DOI: 10.1016/S0141-8130(02)00036-3.
23. Никитина И.С., Гайнанова Л.Т., Абдулин М.И., Беспалова А.А. Пектиновые вещества корней лопуха обыкновенного *Arctium lappa* L. и корней одуванчика лекарственного *Taraxacum officiale* wig. // *Химия растительного сырья.* 2012. №2. С. 21–26.
24. Бузина, Г.В., Кибрик Э.Д., Парфененко В.В. Производство свекловичного пектина. М., 1974. С. 1–26.
25. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах // *Биоорганическая химия.* 2009. Т. 35. №3. С. 293–310.
26. Иванова Н.В., Остроухова Л.А., Бабкин В.А. и др. Комплекс мономерных фенольных соединений коры ливственницы // *Химия растительного сырья.* 1999. №4. С. 5–7.
27. Оводова Р.Г., Головченко В.В., Попов С.В., Оводов Ю.С. Новейшие сведения о пектиновых полисахаридах // *Известия Коми научного центра УрО РАН.* 2010. №50. С. 59–65.
28. Патова О.А., Головченко В.В., Оводов Ю.С. Пектиновые полисахариды: структура, свойства // *Известия АН. Серия химическая.* 2014. №9. С. 1901–1925.
29. Round A.N., MacDougal A.J., Ring S.G., Morris V.J. Unexpected branching in pectin observed by atomic force microscopy // *Carbohydr. Res.* 1997. Vol. 303. Pp. 251–253. DOI: 10.1016/S0008-6215(97)00175-4.
30. Ефремов А.А., Кондратюк Т.А. Выделение пектина из нетрадиционного растительного сырья и применение его в кондитерском производстве // *Химия растительного сырья.* 2008. №4. С. 171–176.
31. Аверьянова Е.В., Школьников М.Н. Пектин: методы выделения и свойства. Бийск, 2015. С. 34–35.
32. Бодякина И.М., Багрянцев В.А., Котов В.В., Лукин А.Л. Потенциометрическое определение состава и степени этерификации молекул пектина // *Вестник ВГУ, серия: Химия. Биология. Фармация.* 2012. №2. С. 9–13.
33. Иванова Н.В., Попова О.В., Бабакин В.А. Изучение влияния различных факторов на выход и некоторых характеристики пектиновых веществ коры ливственницы // *Химия растительного сырья.* 2003. №4. С. 43–46.
34. Филиппов М.П. Инфракрасные спектры пектиновых веществ. Кишинев, 1978. 74 с.
35. Минзанова С.Т., Миронов В.Ф., Коновалов А.И., Выштакалюк А.Б., Цапаева О.В., Миндубаев А.З., Миронова Л.Г., Зобов В.В. Пектины из нетрадиционных источников: технология, структура, свойства и биологическая активность. Казань, 2011. С. 62–64.

*Поступила в редакцию 10 сентября 2020 г.*

*После переработки 24 августа 2021 г.*

*Принята к публикации 31 августа 2021 г.*

**Для цитирования:** Хайтметова С.Б., Тураев А.С., Мухитдинов Б.И., Халилова Г.А. Выделение и физико-химические характеристики пектина из нетрадиционного природного сырья // *Химия растительного сырья.* 2021. №4. С. 75–82. DOI: 10.14258/jcrpm.2021048412.

*Khaymetova S.B.\**, *Turaev A.S.*, *Muhitdinov B.I.*, *Khalilova G.A.* ISOLATION AND PHYSICO-CHEMICAL CHARACTERIZATION OF PECTIN FROM NONCONVENTIONAL NATURAL RAW MATERIALS

*Institute of Bioorganic Chemistry of Uzbekistan Academy of Sciences, ul. Mirzo Ulugbeka, 83, Tashkent, 100125 (Uzbekistan), e-mail: xsb75@mail.ru*

Obtaining and studying the functional properties and determining the subsequent purpose in the practical use of pectin substances requires a thorough study of physical and chemical characteristics of the polysaccharide.

By using the acidic hydrolysis method, pectic polysaccharides were isolated from nonconventional raw materials of natural origins - basidial fungus mushrooms *Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Inonotus hispidus*, *Polyporus squamosus*. The polysaccharides isolated were characterized: such as content of free and etherifying carboxyl groups, total -COOH groups, -OCH<sub>3</sub> groups, degree of etherification and by data of the IR-spectroscopy.

The pectic polysaccharides isolated in identical conditions from the basidial mushrooms were powders with colors from light yellow to is light-brown by the appearance, possess sub-acidic taste, have no extraneous smack and a smell. The pectin from *Inonotus hispidus* was much lighter than other pectins (*Fomes fomentarius*, *Ganoderma lucidum*, *Polyporus squamosus*). The pectin's isolated were similar to the apple pectin by the organoleptic properties. They can classified as averagely etherified pectins regarding the degree etherification. Etherification degree of the studied pectins was in the range of 50.00–66.67%. The methoxyl groups were ranged between 8.47–11.43%. Content of free carboxylic groups in the range of 2.25–5.40%.

**Keywords:** pectic polysaccharides, isolation, basidiomycetes, physicochemical characteristics

### References

1. Komissarenko S.N., Spiridonov V.N. *Rastitel'nyye resursy*, 1998, vol. 34, no. 1, pp. 111–119. (in Russ.).
2. Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya khimiya*, 1998, vol. 24, no. 7, pp. 483–501. (in Russ.).
3. Mohnen D. *Curr. Opin. Plant Biol.*, 2008, vol. 11, no. 3, pp. 266–277. DOI: 10.1016/j.pbi.2008.03.006.
4. Schols H.A., Vierhuis E., Bakx E.J., Voragen A.G.J. *Carbohydr. Res.*, 1995, vol. 275, no. 2, pp. 343–360. DOI: 10.1016/0008-6215(95)00155-M.
5. Chirkova T.V. *Sorosovskiy Obrazovatel'nyy Zhurnal*, 1999, no. 10, pp. 22–27. (in Russ.).
6. Ofitserov Ye.N., Kostin V.I. *Uglevody amaranta i ikh prakticheskoye ispol'zovaniye*. [Amaranth carbohydrates and their practical use]. Ul'yanovsk, 2001, 180 p. (in Russ.).
7. Gawkowska D., Cybulska J., Zdunek A. *Polymers*, 2018, vol. 10, p. 762. DOI: 10.3390/polym10070762.
8. Yel'kina Ye.A., Shubakov A.A., Ovodov Yu.S. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2005, no. 4, pp. 53–56. (in Russ.).
9. Zolotareva A.M., Churkina T.F., Tsybikova D.Ts., Babuyeva Ts.M. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1998, no. 1, pp. 29–32. (in Russ.).
10. Sarafanova L.A. *Primeneniye pishchevykh dobavok. Tekhnicheskkiye rekomendatsii. 6-ye izd., ispr. i dop.* [The use of food additives. Technical recommendations. 6th ed., Rev. and add.]. St.-Petersburg, 2005, 200 p. (in Russ.).
11. Shakhmatov Ye.G., Mikhaylova Ye.A., Makarova Ye.N. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2015, no. 4, pp. 15–22. DOI: 10.14258/jcprm.201504878. (in Russ.).
12. Bedouet L., Denys E., Courtois B., Courtois J. *Carbohydr. Polym.*, 2006, vol. 65, pp. 165–173. DOI: 10.1016/j.carbpol.2005.12.041.
13. Tulinov A.G., Shlyk M.Yu., Lobanov A.Yu., Mikhaylova Ye.A., Shubakov A.A. *Agrarnaya Rossiya*, 2017, no. 10, pp. 3–6. (in Russ.).
14. Potiyevskiy E.G., Novikov A.I. *Meditsinskiye aspekty primeneniya pektina*. [Medical aspects of the use of pectin]. Moscow, 2002, 96 p. (in Russ.).
15. Popov S.V. *Vzaimodeystviye fagotsitov mlekoпитayushchikh s polisakharidami rasteniy*. [Interaction of mammalian phagocytes with plant polysaccharides]. Syktyvkar, 2002, 110 p. (in Russ.).
16. Krylova S.G., Yefimova L.A., Zuyeva Ye.P., Khotimchenko M.Yu., Amosova Ye.N., Razina T.G., Lopatina K.A., Khotimchenko Yu.S. *Syull. eksp. biol. med.*, 2008, vol. 145, pp. 678–681. (in Russ.).
17. Olano-Martin E., Rimbach G.H., Gibson G.R., Rastall R.A. *Anticancer Res.*, 2003, vol. 23, pp. 341–346.
18. Sriamornsak P., Sungthongjeen S., Puttipatkhachom S. *Carbohydr. Polym.*, 2007, vol. 67, pp. 436–445. DOI:10.1016/j.carbpol.2006.06.013. ISSN: 0144-8617.
19. Nangia-Makker P., Conclin I., Hogan V., Raz A. *J. Natl. Cancer Inst.*, 2002, vol. 94, pp. 1854–1862. DOI: 10.1093/jnci/94.24.1854.
20. Eliaz I. *Clin. Praet. Altern. Med.*, 2002, vol. 2, pp. 177–179. DOI: 10.1016/j.carres.2008.08.038.
21. Liu L.S., Fishman M.L., Kost J., Hicks K.B. *Biomaterials*, 2003, vol. 24, pp. 3333–3343. DOI: 10.1016/s0142-9612(03)00213-8.
22. Shmidgall J., Hensel A. *Internal. J. Biol. Macromol.*, 2002, vol. 30, pp. 217–225. DOI: 10.1016/S0141-8130(02)00036-3.
23. Nikitina I.S., Gaynanova L.T., Abdulin M.I., Bespalova A.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2012, no. 2, pp. 21–26. (in Russ.).
24. Buzyna, H.V., Kybryk É.D., Parfenenko V.V. *Proyzvodstvo sveklovychnoho pektyna*. [Production of beet pectin]. Moscow, 1974, pp. 1–26. (in Russ.).
25. Ovodov Yu.S. *Bioorganicheskaya khimiya*, 2009, vol. 35, no. 3, pp. 293–310. (in Russ.).
26. Ivanova N.V., Ostroukhova L.A., Babkin V.A. i dr. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 1999, no. 4, pp. 5–7. (in Russ.).

\* Corresponding author.

27. Ovodova R.G., Golovchenko V.V., Popov S.V., Ovodov Yu.S. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra UrO RAN*, 2010, no. 50, pp. 59–65. (in Russ.).
28. Patova O.A., Golovchenko V.V., Ovodov Yu.S. *Izvestiya AN. Seriya khimicheskaya*, 2014, no. 9, pp. 1901–1925. (in Russ.).
29. Round A.N., MacDougall A.J., Ring S.G., Morris V.J. *Carbohydr. Res.*, 1997, vol. 303, pp. 251–253. DOI: 10.1016/S0008-6215(97)00175-4.
30. Yefremov A.A., Kondratyuk T.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2008, no. 4, pp. 171–176. (in Russ.).
31. Aver'yanova Ye.V., Shkol'nikova M.N. *Pektin: metody vydeleniya i svoystva*. [Pectin: isolation methods and properties]. Biysk, 2015, pp. 34–35. (in Russ.).
32. Bodyakina I.M., Bagryantsev V.A., Kotov V.V., Lukin A.L. *Vestnik VGU, seriya: Khimiya. Biologiya. Farmatsiya*, 2012, no. 2, pp. 9–13. (in Russ.).
33. Ivanova N.V., Popova O.V., Babakin V.A. *Khimiya rastitel'nogo syr'ya*, 2003, no. 4, pp. 43–46. (in Russ.).
34. Filippov M.P. *Infrakrasnyye spektry pektinovykh veshchestv*. [Infrared spectra of pectin substances]. Kishinev, 1978, 74 p. (in Russ.).
35. Minzanova S.T., Mironov V.F., Konovalov A.I., Vyshtakalyuk A.B., Tsepayeva O.V., Mindubayev A.Z., Mironova L.G., Zobov V.V. *Pektiny iz netraditsionnykh istochnikov: tekhnologiya, struktura, svoystva i biologicheskaya aktivnost'*. [Pectins from non-traditional sources: technology, structure, properties and biological activity]. Kazan', 2011, pp. 62–64. (in Russ.).

*Received September 10, 2020*

*Revised August 24, 2021*

*Accepted August 31, 2021*

**For citing:** Khaytmetova S.B., Turaev A.S., Muxitdinov B.I., Khalilova G.A. *Khimiya Rastitel'nogo Syr'ya*, 2021, no. 4, pp. 75–82. (in Russ.). DOI: 10.14258/jcprm.2021048412.