

Исследование и идентификация пектиновых веществ дикорастущих плодов облепихи (*Hipporhae rhamnoides L.*)

Фарзалиев Эльсевар Баба оглы

Азербайджанский государственный экономический университет

Адрес: 1065, Азербайджанская Республика, г. Баку, ул. Муртаза Мухтарова, д.194

E-mail: elsevar60@rambler.ru

Голубев Владимир Николаевич

Институт агропищевых технологий

Адрес: 17072 Жирона, Испания, Плаза Сант Доминос, д. 3

E-mail: vlgolubev@hotmail.com

Цыганова Татьяна Борисовна

ФГБОУ ВО «Московский государственный университет пищевых производств»

Адрес: 120080, г. Москва, Волоколамское шоссе, д. 11

E-mail: ztatianaz@yandex.ru

В данной статье рассматриваются вопросы использования дикорастущего растительного сырья, в частности, облепихи крушиновидной (*Hipporhae rhamnoides L.*), произрастающей в Азербайджанской Республике как перспективного источника пектиновых веществ. Представлены результаты исследования процессов экстракции и очистки полисахаридов из вторичных отходов переработки плодов облепихи и приведены сведения о идентификации пектиновых веществ физико-химическими методами. Проведенная идентификация выделенных пектиновых веществ с использованием физико-химических методов –элементарный анализ, ИК- и ЯМР-спектроскопия, позволила определить, что пектин из плодов дикорастущей облепихи, представляет собой смесь линейных и высоковетвленных полимеров, преимущественно высоко-молекулярных, α-D-галактуронана и других полисахаридов, в макромолекулы которых входят остатки галактуроновой кислоты и нейтральные сахара. Установлено, что по степени этерификации облепиховый пектин относится к низкоэтерифицированному пектину, при этом имеет достаточно высокую молекулярную массу, а содержание свободных карбоксильных групп обеспечивает высокую комплексообразующую способность облепихового пектина к ионам свинца, что позволяет рекомендовать его для включения в рецептуры пищевых продуктов для здорового питания.

Ключевые слова: облепиха крушиновидная, пектиновые вещества, растительные полисахариды, строение и структура пектиновых веществ, идентификация

Введение

Растительные материалы являются ценным природным сырьем. используемым в повседневной жизни как пищевые продукты, пищевые добавки, ароматические компоненты, фармацевтические препараты и т.д. Большую и важную задачу представляют исследования местных дикорастущих растительных объектов с целью их рационального использования и вовлечения в производство органических пищевых ингредиентов при создании функциональных продуктов питания (Фарзалиев & Голубев, 2021; Бобреева, 2019; Апалькова & По-

пова, 2019; Лисицин, Чернуха, & Лунина, 2018). Среди многообразия дикорастущих растений, произрастающих на территории Азербайджана выделяется облепиха крушиновидная (*Hipporhae rhamnoides L.*), дающая стабильно высокий урожай плодов (ежегодный потенциал заготовок плодов превышает 3 000 т), которая не только один из красивейших компонентов ландшафтов республики, имеющая обширный ареал произрастания, но и ценное пищевое, витаминное и лекарственное растение, экстракты и другие продукты переработки плодов которой обладают высокой антиоксидантной, антибактериальной, антиканцерогенной и противорадиационной активностью

(Асадов, 2011). Поэтому создание комплексной технологии переработки плодов дикорастущей облепихи с целью получения функциональных пищевых ингредиентов высокой технологической и пищевой ценностью является актуальным направлением. Плоды дикорастущей облепихи по количественному и качественному содержанию биологически активных веществ и их воздействию на физиологические функции организма человека являются уникальным сырьевым ресурсом (Гнусарева & Голубев, 2001; Трофимов, 1988).

В последние годы в мире возрос интерес к пищевым продуктам, обогащенным биологически активными компонентами, которые обеспечивают нормальное функционирование организма человека, повышают его устойчивость к вирусным заболеваниям, стрессам, негативным воздействиям окружающей среды и продлевают жизнь (Farzaliev & Golubev, 2020). Поэтому актуальным является создание новых технологий по производству функциональных пищевых ингредиентов природного происхождения, обладающих комплексом физиологических и технологических функций. Среди множества изученных природных химических компонентов растительного сырья наибольший интерес представляют растительные полисахариды, в частности, пектиновые вещества (Голубев & Шелухина, 1995; Донченко & Фирсов, 2007). Пектиновые вещества (пектины) включают протопектин, пектиновые полисахариды и сопутствующие арабинаны, галактаны и арабиногалактаны, имеющие, как правило, сложную химическую структуру и строение¹. Пектиновые вещества представляют собой многокомпонентное семейство сложных растительных полисахаридов, которые составляют функционально важную часть первичных клеточных стенок вместе с целлюлозой и гемицеллюлозой, обеспечивают прочность растительных клеток, устойчивость растений к засухе и низким температурам, обеспечивают водно-солевой обмен, характеризуются высокой гелеобразующей способностью и играют важную роль в питании человека как компоненты «пищевых волокон» (Оводов, 2009). Кроме того, пектины обладают широким спектром физиологической активности, в том числе иммуномодулирующим и гастропротективным действием, являются неотъемлемой частью пищи человека на всех этапах его эволюционного развития, что обусловило практически идеальную адаптацию к ним человеческого организма (Torkova, et al., 2018; Kertes, 1951; Visser & Voragen, 1996).

В дикорастущих формах облепихи в зависимости от климатических условий произрастания отмечается значительное различие в химическом составе плодов, в том числе и по содержанию пектиновых веществ (Асадов, 2011), поэтому для научного обоснования комплексной технологии переработки плодов облепихи необходимо проведение системных исследований по структуре и свойствам пектиновых веществ.

Цель работы. Исследование и идентификация пектиновых веществ, выделенных из вторичных отходов переработки плодов дикорастущей облепихи, произрастающей в Азербайджане.

Объектами исследования являлись свежие выжимки плодов облепихи, которые образуются после выделения сока и извлечения семян плодов. Ранее нами был изучен полный химический состав плодов облепихи, собранной в период сентябрь-ноябрь 2019 года в Бабекском административном районе Азербайджана, в том числе и углеводный профиль плодов (Farzaliev & Golubev, 2021a; Farzaliev & Golubev, 2021b), показывающий содержание 10.32 % (на абсолютно сухую массу) пектиновых веществ в виде водорастворимой формы (гидропектин) и протопектиновой фракции. Эти данные свидетельствуют о том, что вторичные отходы переработки плодов облепихи можно использовать для промышленной переработки с целью получения пектина и пектинопродуктов.

Методы и материалы исследований

Материалы

Для получения пектиновых веществ использовали свежеполученные выжимки плодов дикорастущей облепихи.

Процедура исследования

Выжимки плодов измельчали их до размеров 2-3 мм для проведения процессов экстрагирования в равных условиях для всей растительной массы и сам процесс экстрагирования проводили при следующих параметрах: гидромодуль 5:1 – (деионизированная вода : выжимки); индекс кавитации 0.6; температура -65 °C, продолжительность процесса -20 мин. На выходе получали порошок молочно-бело-бежевого цвета ахроматического вида

¹ Пектины из нетрадиционных источников: Технология, структура, свойства и биологическая ценность: Коллективная монография. (2011). Казань: Печать-Сервис XXI век.

без поглощений в диапазоне 400–700 nm с параметрами $L^*=90-92$, $a^* = (-3.7) - (-1)$, $b^* = (+2)-(+15)$ бесцветного как в растворенном виде, так и в гелях и эмульсиях.

Методы и инструменты

Весь технологический процесс проводили согласно отработанной стандартной процедуры применения кавитационно-мембранной технологии извлечения пектиновых веществ (Голубев, 1995). Для идентификации выделенных пектиновых веществ использовали элементный микроанализ; ИК-спектры на ИК-Фурье спектрометре марки Impact 410 “Nicolet” (Швейцария) в диапазоне волновых чисел 400–4000 см^{-1} в таблетках KBr и в виде пленок со спектральным разрешением 2 см^{-1} ; спектры ЯМР ^1H и ^{13}C на приборе Bruker Avantes (Германия). Оптическое вращение определяли на приборе Perkin-Elmer 141(USA) в воде при температуре 20 °C. Сорбционную способность пектиновых веществ по отношению к ионам свинца определяли методом комплексонометрического титрования (прием обратного титрования) (Компанцев, Кайшева, & Гокжаева, 1991).

Анализ данных

Оценку результатов экспериментальных исследований проводили с помощью пакетов прикладных программ Microsoft Office Excel 2013 (Microsoft) и компьютерных программ VinLab32 (Perkin Elmer).

Результаты и их обсуждение

Современные тенденции развития технологии пектиновых веществ предусматривают не только экономические аспекты, но и экологические, связанные как с уменьшением выброса в окружающую среду вредных химических веществ, так и с созданием благоприятных условий труда. Другим важным аспектом технологического усовершенствования процессов получения пектиновых веществ является интенсификация отдельных ресурсопределяющих стадий. Одним из эффективных технологических решений является использование метода гидроакустической обработки пектинсодержащего сырья в роторно-кавитационных экстракторах (Golubev, 1996). Кавитационная обработка водного экстрагента изменяет его физико-химические свойства, увеличивает pH воды, способствуя ее активации, в результате такой обработки вода временно становится активным растворителем с кислотными

свойствами без введения химических реагентов (Соснина и др., 1999). В экстракторе роторно-кавитационного типа в оптимальных условиях одновременно протекают процессы измельчения пектинсодержащего сырья (площадь твердой фазы увеличивается в 60–75 раз), гидролиза протопектиновой (водонерастворимой) фракции пектиновых веществ и собственно экстрагирования (диффундирование) пектиновых веществ в водную фазу. Другим важным технологическим приемом, позволяющим сохранять нативность пектиновых биомолекул, является использование мембранных процессов для очистки их от балластных веществ и концентрирования, поскольку эти процессы проходят при температуре окружающей среды и без фазовых переходов (Брок, 1987; Горячий & Свитцов, 2006).

Микроанализ выделенных пектиновых веществ из выжимок дикорастущей облепихи показал следующие химические параметры: C-28%, H-42%, O- 24%, что отвечает брутто формуле $\text{C}_{14}\text{H}_{21}\text{O}_{12}$, т.е. это действительно чистый пектин (Изтелеу, Азимбаева, Кудайбергенова, & Бутин, 2016).

Полученный пектин из дикорастущей облепихи был протестирован по физико-химическим характеристикам, согласно ФС 9000-69-5² и полученные данные приведены в Таблице 1.

Таблица 1
Физико-химические характеристики облепихового пектина

Показатели	Величина, %
Свободные карбоксильные группы	21.80
Этерифицированные карбоксильные группы	7.15
Степень этерификации	28.80
Уронидная составляющая	74.45
Ацетильные группы	1.12
Метоксильные группы	8.14
Молекулярная масса, Da	42×10^3
pH 1%-ного раствора	3.25
Крепость желе, кПа	70.68

По степени этерификации полученный пектин относится к группе низкоэтерифицированных пектинов, а по достаточно высокому содержанию свободных карбоксильных групп (21.80%) он должен иметь высокую комплексообразующую способность. Подтверждением этого

² ФС 9000-69-5. (2009). Пектин. Фармакопея США. В Национальный формуляр NF 24 (с. 1325-133). М.: ГЭОТАР-Медиа.

являются результаты, полученные в ходе исследований : комплексообразующая способность пектина облепихи по отношению к ионам Pb^{2+} составила 284.5 мг Pb/г , что может служить основой для создания функциональных продуктов с высоким антидотным потенциалом по отношению к тяжелым металлам и радионуклеидам (Новосельская & Воропаева, 2000; Истомин & Пилат, 2009).

Для идентификации полученных пектиновых веществ были сняты ИК-Фурье спектры и ЯМР спектры 1H и ^{13}C . Данные результаты приведены на Рисунках 2-1.

Красная линия для пектина в таблетках KBr, синяя линия - пектиновая пленка

При детальном рассмотрении ИК-спектров можно сделать вывод, что облепиховый пектин содержит большое количество галактурановой кислоты (интенсивные полосы поглощения в области 1010-1150 cm^{-1}). Полоса в районе 1374 cm^{-1} обусловлена деформационными колебаниями C-H групп пиранозного кольца, а в области 1610-1740 cm^{-1} наблюдаются полосы поглощения, свидетельствующие о наличии свободных карбоксильных групп. Имеющиеся полосы колебаний CH_3 -групп указывают на частичную этерификацию карбоксилатов. Отнесение полос в экспериментальных ИК-спектрах поглощения облепихового пектина представлены в Таблице 2 на основании сопоставления полос поглощения с данными базы спектральных данных NIST (ASTM) (Прудников, Витюк, & Агафонов, 2018).

Таблица 2

Отнесение полос в ИК-спектрах поглощения

Полоса, cm^{-1}	Преимущественные типы колебаний
3245-3510	$\nu(OH)_C$, $\nu(H_2O)$
2919	$\nu(CH)$
1742	$\nu(C=O)_E$
1628	
1445	$\delta_{as}(CH_3)_E$
1374	$\delta_s(CH)_E$
1315	$\delta(CH)_E$
1268	
1146	$\nu(C-O-C)$
1099	$\nu, \delta(C-OH)_C$, $\nu(C-C, C-O)_K$
1021	$\nu(C-C, C-O)_K$
921	$\gamma(OH)_C$
835	$\rho(CH_3)_E$
510-795	Пульсационные колебания пиранозных колец

На Рисунке 2 приведена информация, полученная при ЯМР-исследовании образца облепихового пектина, подтверждающая высокую чистоту полученного пектина. Возможные предположения о структурных особенностях пектина, полученные математической обработкой данных ЯМР спектроскопии показаны на Рисунках 2-3.

В протонном спектре образца в области сильного поля ($\delta = 0.97-1.47$; $\delta = 1.47-1.73$ м.д.) наб-

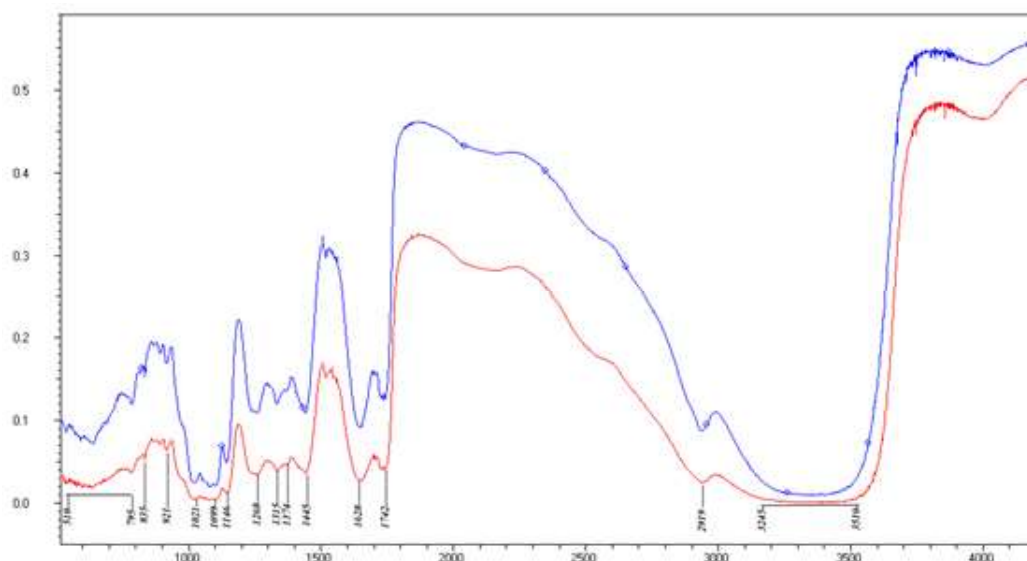
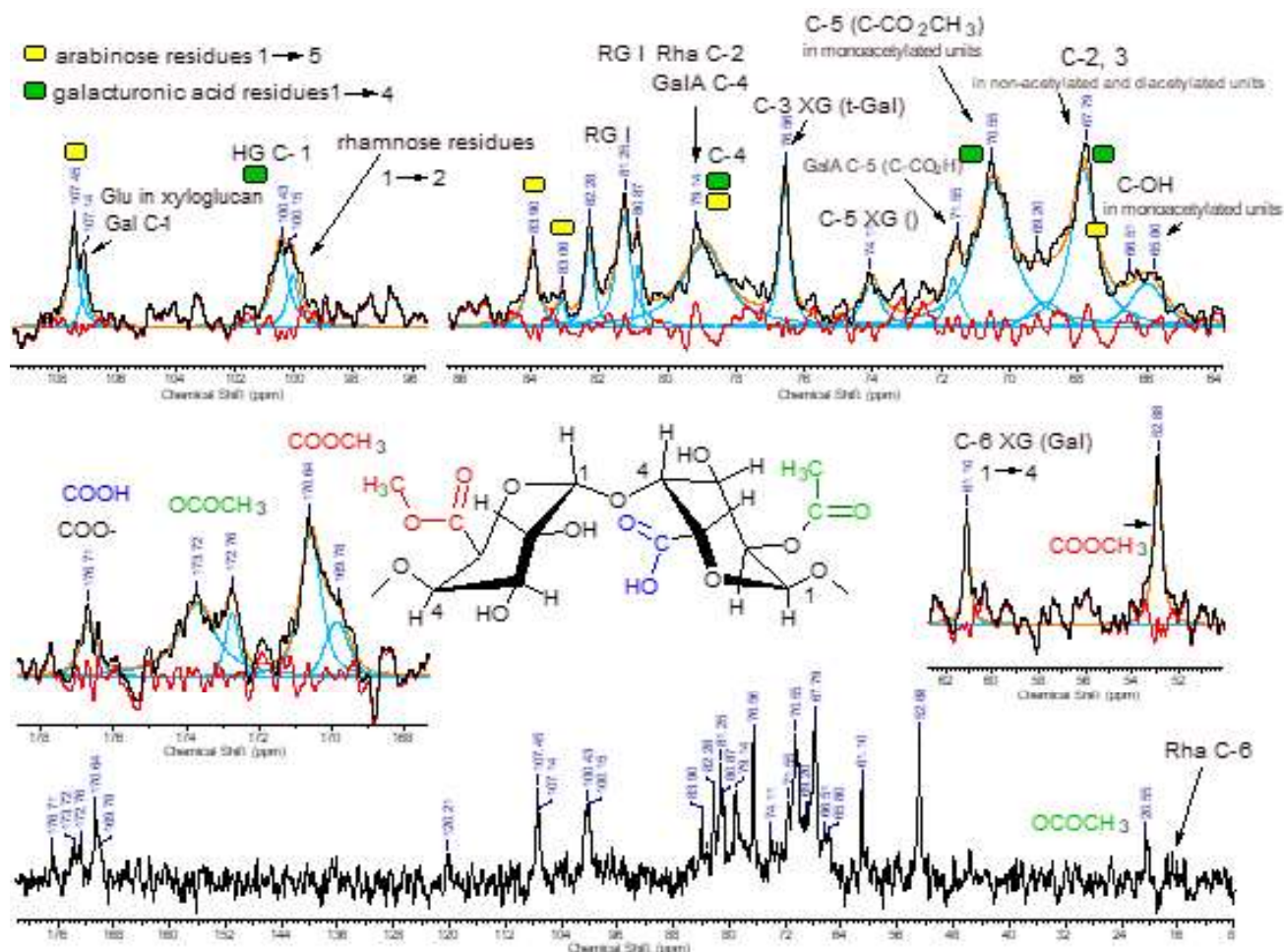


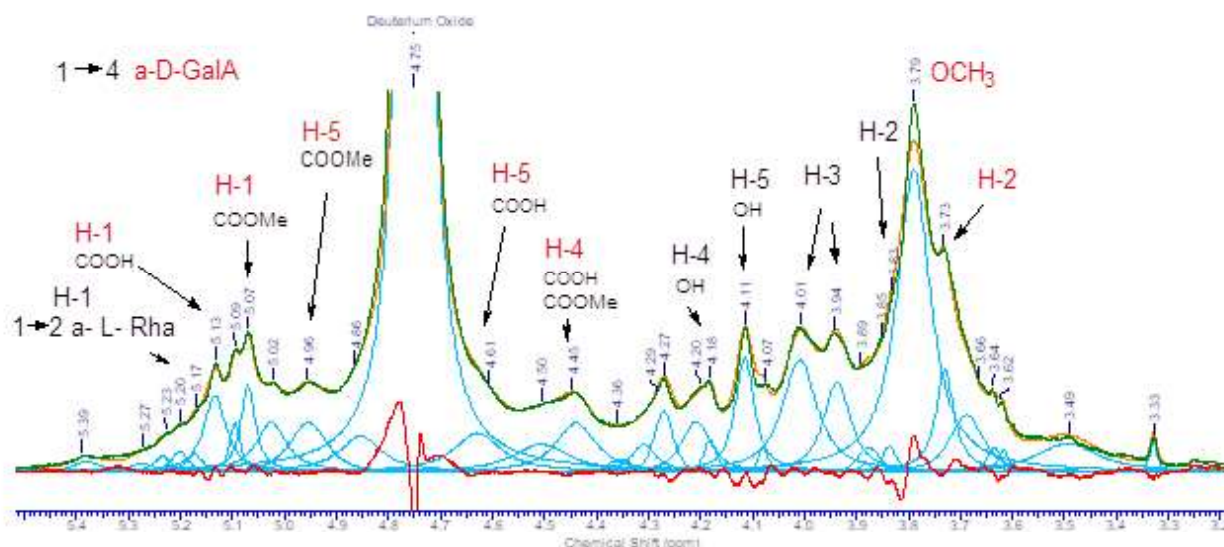
Рисунок 1. ИК-спектры образцов облепихового пектина

людается проявление сигналов СН-групп, находящихся в положении 4. Протоны атома углерода положения 1 пиранозного цикла резонируют при 3.94-3.38 м.д., а химические сдвиги 3.48-3.59 м.д. относятся к протонам углерода

в положении 2 и 3 галактопиранозилуранового фрагмента. Для метоксильной и карбоксильной групп свойственно проявление сигналов при 3.67 и 3.91 м.д. соответственно. Анализ спектра ЯМР на ядрах ^{13}C показал наличие в структуре



Czech J. Food Sci. Vol.21, No. 1: 00–00
 Plant Physiol. Vol. 168, 2015



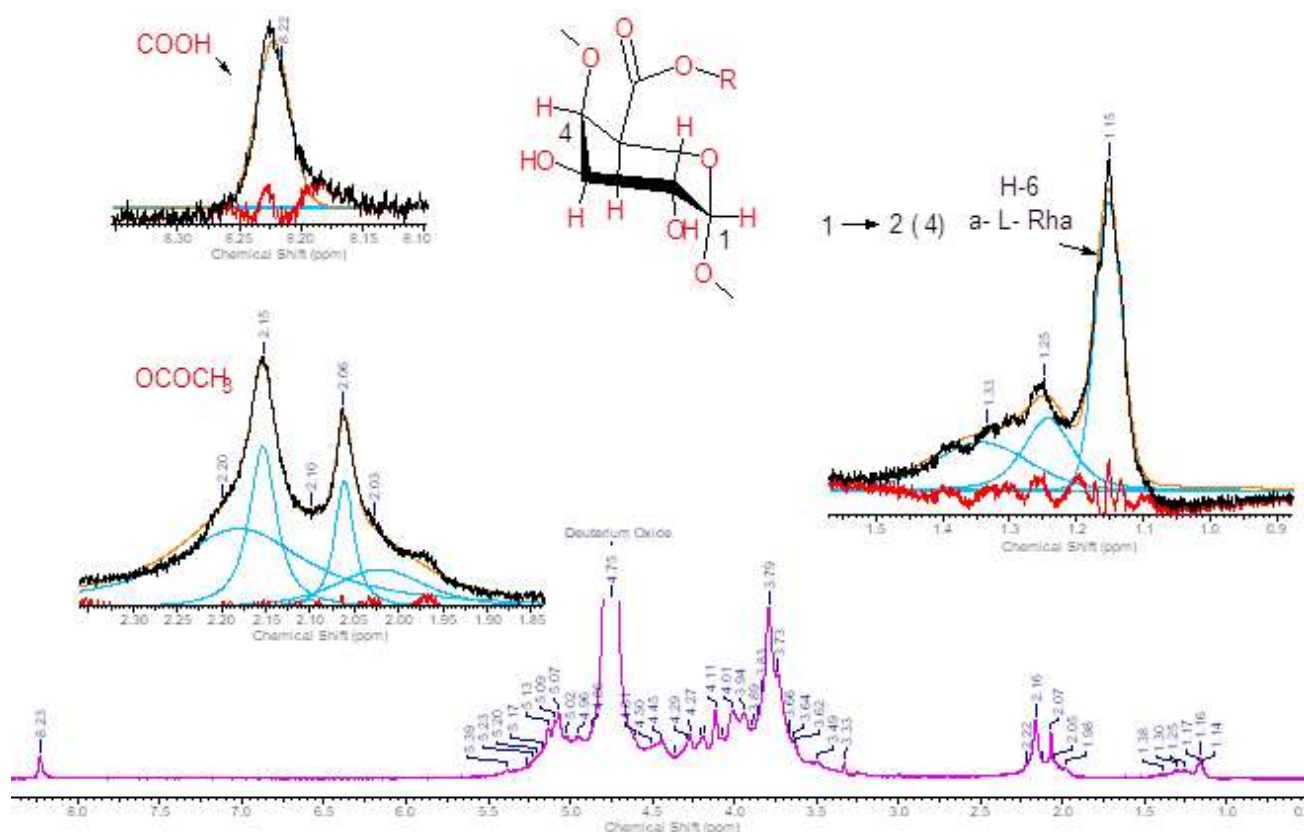


Рисунок 2. ЯМР-спектры облепихового пектина и их математическая обработка и интерпретация

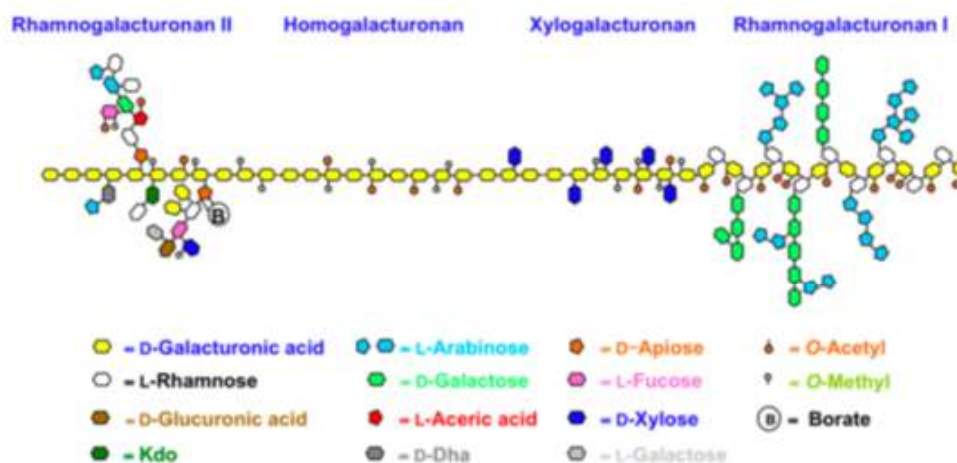


Рисунок 3. Предположительная структура облепихового пектина

карбоксильной ($\delta = 103.03 - 103.64$ м.д.), метоксильной ($\delta = 57.40$ м.д.) и метиновой групп. Атомы углерода, находящиеся в положении 1 пиранозного фрагмента, дают сигнал в области сильного поля при 63.78, 72.50 и 77.65 м.д. Для 2 и 3 атомов углерода характерно проявление при 77.33, 81.01 и 76.92 м.д. Углерод положения 4, участвующий в соединении пиранозных

фрагментов кислородным мостиком, резонирует при 44.05, 40.44 м.д.

Можно видеть, что в спектрах ЯМР отчетливо проявляется удвоение группы сигналов, что говорит в пользу преобладания двух разных участков полимерной молекулы пектина (Рисунок 3), а структура олигосахаридных фракций, исходя из

полученных данных, однозначно представляет собой α -1,4-D-глюканы (Perez, Mazeau, & Herve du Penhoat, 2000; Оводова, Головченко, & Попов, 2010).

Обилие сигналов карбонильной группы указывает на весьма сложную и неоднородную структуру пектина, который имеет достаточно разветвленное строение. Наличие большого числа сигналов в области ацетального углерода указывает также на присутствие значительного количества нейтральных сахаров, в основном, рамнозы и галактозы (Цепаева, 2000).

На основании полученных и литературных данных (Round, Rigby, MacDougal, & Morris, 2010; Kirby, MacDougal, & Morris, 2008; Farsaliev & Golubev, 2021b; Цыганова & Классина, 2016) можно заключить, что пектин из плодов дикорастущей облепихи является низкоэтерифицированным и представляет собой смесь линейных и высоковетвленных полимеров, преимущественно высокомолекулярных, α -D-галактуронана и других полисахаридов, в макромолекулы которых входят остатки галактуроновой кислоты и нейтральные сахара и может быть использован в составе продуктов здорового питания. В пектиновых фракциях, полученных из клеточных стенок зеленых томатов и сахарной свеклы (Kirby, MacDougal, & Morris, 2008) также было подтверждено существование пектиновых веществ в виде мультиполимерного комплекса, в котором отдельные компоненты связаны межмолекулярными взаимодействиями. При этом структура RG-1 (Rhamnogalacturanan I) разветвленной области пектиновых полисахаридов достаточно консервативна для различных видов растений.

Выводы

В оптимальных технологических условиях получены образцы пектиновых веществ из выжимок плодов дикорастущей крушиновидной облепихи Азербайджана, исследованы их физико-химические характеристики.

Проведена идентификация выделенных пектиновых веществ с использованием физико-химических методов –элементарный анализ, ИК- и ЯМР-спектроскопия, позволяющая определить, что пектин из плодов дикорастущей облепихи Азербайджана является низкоэтерифицированным, представляет собой смесь линейных и высоковетвленных полимеров, преимущественно высокомолекулярных, α -D-галактуронана и других полисахаридов, в макромолекулы которых входят остатки галактуроновой кислоты и нейтральные сахара.

Установлена высокая комплексобразующая способность полученного пектина по отношению к ионам свинца, что позволяет рекомендовать его использовать в качестве активного ингредиента при разработке обогащенной и специализированной продукции для здорового питания.

Литература

- Апалькова, Г. Д., & Попова, Н. В. (2019). Актуальные направления национальной стандартизации в современных условиях индустрии инжиниринга новых продуктов питания функционального и специализированного назначения. *Вестник ЮрГу. Актуальные проблемы развития пищевых и биотехнологий*, 7(3), 5-12. <https://doi.org/10.14529/food190301>
- Асадов, К. С. оглы (2011). *Дикорастущие плодовые растения Азербайджана, их биоэкологические особенности и рациональное использование* [Докторская диссертация, Национальная академия наук Азербайджана]. Баку, Азербайджан.
- Бобренева, И. В. (2019). *Функциональные продукты питания и их разработка*. М.: Лань.
- Брок, Т. (1987). *Мембранная фильтрация*. М.: Мир.
- Гнусарева, Р. С., & Голубев, В. Н. (2001). Технология производства продуктов функционального назначения на основе полуфабрикатов из плодов дикорастущей облепихи. В *Функциональные продукты питания: Материалы Международной конференции* (с. 71-73). Краснодар: ВИНТИ.
- Голубев, В. Н., & Шелухина, Н. П. (1995). *Пектин: Химия, технология, применение*. М.: Академия Пресс.
- Горячий, Н. В., & Свитцов, А. А. (2006). Использование мембранной технологии в производстве пектина. *Критические технологии. Мембраны*, 1, 34-37.
- Донченко, Л. В., & Фирсов, Г. Г. (2007). *Пектин: Основные свойства, производство и применение*. М.: ДеЛи принт.
- Изтелеу, Б. М., Азимбаева, Г. Н., Кудайбергенова, Г. Н., & Бутин, Б. М. (2016). Исследование и идентификация пектиновых веществ выделенных из клубней топинамбура. *Международный журнал экспериментального образования. Химические науки*, 3, 269-274.
- Истомин, А. В., & Пилат, Т. П. (2009). *Гигиенические аспекты использования пектинов и пектиновых веществ в лечебно-профилактическом питании*. М.: Научное издание.
- Компанцев, В. А., Кайшева, Н. Ш., & Гокжаева, Л. П. (1991). Определение комплексобразующей способности пектинов и пектиносодержащих препаратов. *Охрана окружающей среды*, 3, 25-29.

- Лисицын, А. Б., Чернуха, И. М., & Лунина, О. И. (2018). Современные тенденции развития индустрии функциональных пищевых продуктов в России и за рубежом. *Теория и практика переработки мяса*, 3(1), 29-45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45>
- Новосельская, И. Л., & Воропаева, Н. Л. (2000). Пектин. Тенденция научных и прикладных исследований. *Химия природных соединений*, 1, 3-11.
- Оводов, Ю. С. (2009). Современные представления о пектиновых веществах. *Биоорганическая химия*, 35(3), 293-310.
- Оводова, Р. Г., Головченко, В. В., & Попов, С. В. (2010). Новейшие сведения о пектиновых полисахаридах. *Известия Коми научного центра УРО РАН. Биологические науки*, 1, 1-9.
- Прудников, С. М., Витюк, Б. Я., & Агафонов, О. С. (2018). Разработка метрологического обеспечения для количественных ЯМР-анализаторов. *Стандартные образцы*, 14(1-2), 39-48. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-39-48>
- Соснина, И. А., Миронов, В. Ф., Коновалов, В. И., Михалкина, Г. С., Смоленцев, А. В., Лапин, А. А., Федоров, А. Д., & Харитонов, В. Д. (1999). Экстрагирование пектиновых веществ амаранта в суперкавитирующем аппарате роторно-пульсационного типа. *Хранение и переработка сельхозсырья*, 6, 32-35.
- Трофимов, Т. Т. (1988). *Облепиха*. М.: Изд-во МГУ.
- Фарзалиев, Э., & Голубев, В. Н. (2021). Дикороссы Азербайджана перспективное сырье для создания органических продуктов питания. *Аграрная наука Азербайджана*, 1, 229-231.
- Цапаева, О. В. (2000). *Выделение, структурная идентификация и химическая модификация пектиновых веществ растения амарант и некоторых модельных соединений* [Кандидатская диссертация, Институт органической и физической химии им. А. Е. Арбузова]. Казань, Россия.
- Цыганова, Т. Б., & Классина, С. Я. (2016). Теория функциональных систем как методологическая основа концепции функционального питания человека. *Тюменский медицинский журнал*, 3, 3-8.
- Farzaliev, E., & Golubev, V. (2020). The role of biokibernetics in the human immunological system. In *Economic and Social Development: Proceeding 55th International Science Conference* (vol. 1, pp. 165-168). Baku.
- Farzaliev, E., & Golubev, V. (2021). Innovative potential of pectin substances in the structure of functional food products. In *3rd International Conference on Food, Agriculture and Veterinary*, (pp. 864-873), Izmir, Turkey.
- Farzaliev, E., & Golubev, V. (2021). Теория функциональных систем как методический подход к созданию биопродуктов на основе дикорастущего сырья. In *Theory and Practice of Science: Key Aspects: Proceeding 55th International Science Conference* (pp. 1009-1014). Roma, Italy.
- Golubev, V. (1996). Acoustic cavitation in food engineering. In *Proceeding 7th International Conference* (pp. 174-180). Ultrasound, Copenhagen.
- Kertes, Z. I. (1951). *The pectic substances*. London: Acad. Press.
- Kirby, A. R., MacDougall, A. J., & Morris, V. J. (2008). Atomic force microscopy of tomato and sugar beet pectin molecules. *Carbohydrate Polymers*, 71(4), 640-647. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.07.014>
- Perez, S., Mazeau, K., & Herve du Penhoat, C. (2000). The three-dimensional structures of the pectin polysaccharides. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(1), 37-55. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00169-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00169-8)
- Round, A. N., Rigby, N. M., MacDougall, A. J., & Morris, V. J. (2010). A new view of pectin structure revealed by scid hydrolysis and atomic force microscopy. *Carbohydrate Research*, 345(4), 487-497. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2009.12.019>
- Torkova, A. A., Lisitskaya, K. V., Glazunova, O. A., Kachalova, G. S., Fedorova, T. V., Filimonov, & Golubev, V. N. (2018). Physicochemical and functional properties of Cucurbita maxima pumpkin pectin and commercial citrus and apple pectins: A comparative evaluation. *PLOS ONE*, 13(9), 1-24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204261>
- Visser, J., & Voragen, A. (1996). *Pectins and pectinases*. Amsterdam: Elsevier Science.

Research and Identification of Pectin Substances of Wild Fruits of Sea Buckthorn (*Hippophae Rhamnoides L.*)

Elsevar Baba oglu Farzaliyev

Azerbaijan State Economic University
194, Murtaza Mukhtarova str., Baku, 1065, Republic of Azerbaijan
E-mail: elsevar60@rambler.ru

Vladimir N. Golubev

L Institut de Tecnologia Agroalimentaria UdG
3, Plasa Sant Domines, Girona, 17072, Spain
E-mail: vlgolubev@hotmail.com

Tatyana B. Tsyganova

Moscow State University of Food Production
11, Volokolamsk highway, Moscow, 120080, Russian Federation
E-mail: ztatianaz@yandex.ru

This article discusses the use of wild-growing plant materials, in particular, sea buckthorn (*Hippophae rhamnoides L.*), which grows in the Republic of Azerbaijan as a promising source of pectin. The results of the study of the processes of extraction and purification of polysaccharides from the secondary waste of sea buckthorn fruits processing are presented and information is given on the identification of pectin substances by physicochemical methods. The identification of isolated pectin substances using physicochemical methods - elemental analysis, IR and NMR spectroscopy, made it possible to determine that pectin from wild sea buckthorn fruits is a mixture of linear and highly branched polymers, mainly high molecular weight, α -D-galacturonan and other polysaccharides whose macromolecules include galacturonic acid residues and neutral sugars. It has been established that, according to the degree of esterification, sea buckthorn pectin belongs to low esterified pectin, while it has a fairly high molecular weight, and the content of free carboxyl groups provides a high complexing ability of sea buckthorn pectin to lead ions, which makes it possible to recommend it for inclusion in food formulations for a healthy diet.

Keywords: sea buckthorn, pectin substances, plant polysaccharides, structure and structure of pectin substances, identification

References

- Apal'kova, G. D., & Popova, N. V. (2019). Aktual'nye napravleniya natsional'noi standartizatsii v sovremennykh usloviyakh industrii inzhiniringa novykh produktov pitaniya funktsional'nogo i spetsializirovannogo naznacheniya [Actual directions of national standardization in modern conditions of the engineering industry of new food products for functional and specialized purposes]. *Vestnik YuUrGu. Aktual'nye problemy razvitiya pishchevykh i biotekhnologii* [Bulletin of the South Ural State University. Actual Problems of the Development of Food and Biotechnology], 7(3), 5-12. <https://doi.org/10.14529/food190301>
- Asadov, K. S. ogly (2011). *Dikorastushchie plodovye rasteniya Azerbaidzhana, ikh bioekologicheskie osobennosti i ratsional'noe ispol'zovanie* [Wild fruit plants of Azerbaijan, their bio-ecological characteristics and rational use] [Doctoral Dissertation, Natsional'naya akademiya nauk Azerbaidzhana]. Baku, Azerbaidzhan.
- Bobreneva, I. V. (2019). *Funktsional'nye produkty pitaniya i ikh razrabotka* [Functional foods and their development]. Moscow: Lan'.
- Brok, T. (1987). *Membrannaya fil'tratsiya* [Membrane filtration]. Moscow: Mir.
- Donchenko, L. V., & Firsov, G. G. (2007). *Pektin: Osnovnye svoistva, proizvodstvo i primeneniye* [Pectin: Main properties, production and application]. Moscow: DeLi print.
- Farzaliyev, E., & Golubev, V. (2020). The role of bio-kibernetics in the human immunological system. In *Economic and Social Development: Proceeding 55th International Science Conference* (vol. 1, pp. 165-168). Baku.

- Farzaliev, E., & Golubev, V. (2021). Innovative potential of pectin substances in the structure of functional food products. In *3rd International Conference on Food, Agriculture and Veterinary* (pp. 864-873). Izmir, Turkey.
- Farzaliev, E., & Golubev, V. (2021). Теория функциональных систем как методический подход к созданию биопродуктов на основе дикорастущего сырья. In *Theory and Practice of Science: Key Aspects: Proceeding 55th International Science Conference* (pp. 1009-1014). Roma, Italy.
- Farzaliev, E., & Golubev, V. N. (2021). Dikorossy Azerbaidzhana perspektivnoe syr'e dlya sozdaniya organicheskikh produktov pitaniya [Wildcats of Azerbaijan are promising raw materials for creating organic food]. *Agrarnaya nauka Azerbaidzhana [Agrarian Science of Azerbaijan]*, 1, 229-231.
- Gnusareva, R. S., & Golubev, V. N. (2001). Tekhnologiya proizvodstva produktov funktsional'nogo naznacheniya na osnove polufabrikatov iz plodov dikorastushchei oblepikhi [Technology for the production of functional products based on semi-finished products from the fruits of wild-growing sea buckthorn]. In *Funktsional'nye produkty pitaniya: Materialy Mezhdunarodnoi konferentsii [Functional Foods: Proceedings of the International Conference]* (pp. 71-73). Krasnodar: VINITI.
- Golubev, V. (1996). Acoustic cavitation in food engineering. In *Proceeding 7th International Conference* (pp.174-180). Ultrasound, Copenhagen.
- Golubev, V. N., & Shelukhina, N. P. (1995). *Pektin: Khimiya, tekhnologiya, primeneniye [Pectin: Chemistry, technology, application]*. Moscow: Akademiya Press.
- Goryachii, N. V., & Svittsov, A. A. (2006). Ispol'zovanie membrannoi tekhnologii v proizvodstve pektina [Using membrane technology in the production of pectin]. *Kriticheskie tekhnologii. Membrany [Critical technologies. Membranes]*, 1, 34-37.
- Istomin, A. V., & Pilat, T. P. (2009). *Gigienicheskie aspekty ispol'zovaniya pektinov i pektinovykh veshchestv v lechebno-profilakticheskom pitanii [Hygienic aspects of the use of pectins and pectin substances in therapeutic and prophylactic nutrition]*. Moscow: Nauchnoe izdanie.
- Izteleu, B. M., Azimbaeva, G. N., Kudaibergenova, G. N., & Butin, B. M. (2016). Issledovanie i identifikatsiya pektinovykh veshchestv vydelennykh iz klubnei topinambura [Research and identification of pectin substances isolated from Jerusalem artichoke tubers]. *Mezhdunarodnyi zhurnal eksperimental'nogo obrazovaniya. Khimicheskie nauki [International Journal of Experimental Education. Chemical sciences]*, 3, 269-274.
- Kompantsev, V. A., Kaisheva, N. Sh., & Gokzhaeva, L. P. (1991). Opredelenie kompleksoobrazuyushchei sposobnosti pektinov i pektinosoderzhashchikh preparatov [Determination of the complexing ability of pectins and pectin-containing preparations]. *Okhrana okruzhayushchei sredy [Environmental Protection]*, 3, 25-29.
- Lisitsyn, A. B., Chernukha, I. M., & Lunina, O. I. (2018). Sovremennye tendentsii razvitiya industrii funktsional'nykh pishchevykh produktov v Rossii i za rubezhom [Modern trends in the development of the functional food industry in Russia and abroad]. *Teoriya i praktika pererabotki myasa [Theory and Practice of Meat Processing]*, 3(1), 29-45. <https://doi.org/10.21323/2414-438X-2018-3-1-29-45>
- Novosel'skaya, I. L., & Voropaeva, N. L. (2000). Pektin. Tendentsiya nauchnykh i prikladnykh issledovaniy [Pectin. Scientific and applied research trend]. *Khimiya prirodnkh soedinenii [Chemistry of Natural Compounds]*, 1, 3-11.
- Ovodov, Yu. S. (2009). Sovremennye predstavleniya o pektinovykh veshchestvakh [Modern ideas about pectin substances]. *Bioorganicheskaya khimiya [Bioorganic Chemistry]*, 35(3), 293-310.
- Ovodova, R. G., Golovchenko, V. V., & Popov, S. V. (2010). Noveishie svedeniya o pektinovykh polisakharidakh [The latest information on pectin polysaccharides]. *Izvestiya Komi nauchnogo tsentra URO RAN. Biologicheskie nauki [Izvestia of the Komi Scientific Center of the Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Biological sciences]*, 1, 1-9.
- Prudnikov, S. M., Vityuk, B. Ya., & Agafonov, O. S. (2018). Razrabotka metrologicheskogo obespecheniya dlya kolichestvennykh YaMR-analizatorov [Development of metrological support for quantitative NMR analyzers]. *Standartnye obraztsy [Standard Samples]*, 14(1-2), 39-48. <https://doi.org/10.20915/2077-1177-2018-14-1-2-39-48>
- Sosnina, I. A., Mironov, V. F., Konovalov, V. I., Mikhailina, G. S., Smolentsev, A. V., Lapin, A. A., Fedorov, A. D., & Kharitonov, V. D. (1999). Ekstragirovanie pektinovykh veshchestv amaranta v superkavitiruyushchem apparate rotorno-pul'satsionnogo tipa [Extraction of amaranth pectin substances in a rotary-pulsation supercavitating apparatus]. *Khranenie i pererabotka sel'khozsyrya [Storage and processing of Farm Products]*, 6, 32-35.
- Torkova, A. A., Lisitskaya, K. V., Glazunova, O. A., Kachalova, G. S., Fedorova, T. V., Filimonov, & Golubev, V. N. (2018). Physicochemical and functional properties of Cucurbita maxima pumpkin pectin and commercial citrus and apple pectins: A comparative evaluation. *PLOS ONE*, 13(9), 1-24. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0204261>
- Trofimov, T. T. (1988). *Oblepikha [Sea buckthorn]*. Moscow: MGU.
- Tsepaveva, O. V. (2000). Vydelenie, strukturnaya identifikatsiya i khimicheskaya modifikatsiya pektinovykh veshchestv rasteniya amarant i nekotorykh model'nykh soedinenii [Isolation, structural identification and

- chemical modification of pectin substances of the amaranth plant and some model compounds* [Candidate Dissertation, Institut organicheskoi i fizicheskoi khimii im. A. E. Arbuzova]. Kazan', Rossiya.
- Tsyganova, T. B., & Klassina, S. Ya. (2016). Teoriya funktsional'nykh sistem kak metodologicheskaya osnova kontseptsii funktsional'nogo pitaniya cheloveka [The theory of functional systems as a methodological basis for the concept of functional human nutrition]. *Tyumenskii meditsinskii zhurnal* [Tyumen Medical Journal], 3, 3-8.
- Kertes, Z. I. (1951). *The pectic substances*. London: Acad. Press.
- Kirby, A. R., MacDougal, A. J., & Morris, V. J. (2008). Atomic force microscopy of tomato and sugar beet pectin molecules. *Carbohydrate Polymers*, 71(4), 640-647. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2007.07.014>
- Perez, S., Mazeau, & K., Herve du Penhoat, C. (2000). The three-dimensional structures of the pectin polysaccharides. *Plant Physiology and Biochemistry*, 38(1), 37-55. [https://doi.org/10.1016/S0981-9428\(00\)00169-8](https://doi.org/10.1016/S0981-9428(00)00169-8)
- Round, A. N., Rigby, N. M., MacDougal, A. J., & Morris, V. J. (2010). A new view of pectin structure revealed by scid hydrolysis and atomic force microscopy. *Carbohydrate Research*, 345(4), 487-497. <https://doi.org/10.1016/j.carres.2009.12.019>
- Visser, J., Voragen, A. (1996). *Pectins and pectinases*. Amsterdam: Elsevier Science.