

ПАТОЛОГИЧЕСКАЯ ФИЗИОЛОГИЯ/PATHOLOGY

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2025.154.76>

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПЕКТИНА В МЕДИЦИНСКОЙ ПРАКТИКЕ

Обзор

Бердыш Д.С.^{1,*}, Хакуй Э.Ш.², Беслангурова З.А.³, Пустовет Д.А.⁴

³ORCID : 0000-0001-6261-6781;

^{1,3,4} Майкопский государственный технологический университет, Краснодар, Российская Федерация

² Кубанский медицинский институт, Краснодар, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (drberdysh[at]bk.ru)

Аннотация

Целью данного исследования является проведение систематического анализа и обобщение всех доступных данных о применении пектина в медицинской практике.

Для достижения поставленной цели были использованы следующие методы: изучение библиографических источников, статистический анализ, анализ химических и физических свойств пектина исследование взаимодействия пектина с разнообразными биологическими материалами.

Материалы исследования: разные пектины, которые можно приобрести в коммерческих целях; информация об истории болезни пациентов, принимающих участие в клинических исследованиях.

Пектины показали свою способность формировать защитный барьер на поверхности слизистой оболочки желудка и кишечника, что помогает предотвратить повреждение тканей от воздействия кислот и ферментов. Благодаря этому они оказываются полезными не только в лечении язвенной болезни и гастроэзофагеального рефлюкса, но и в качестве вспомогательного средства при химиотерапии и лучевой терапии для защиты здоровых тканей.

Исследования показали, что пектины обладают антиоксидантной активностью, способствуя нейтрализации свободных радикалов и защите клеток организма от окислительного стресса.

Улучшение метаболизма глюкозы и липидов. Исследования показали, что включение в рацион продуктов, содержащих пектин, способствует улучшению углеводного обмена и снижению уровня холестерина в крови. Эти качества могут оказаться полезными для контроля сахарного диабета и ожирения, а также для уменьшения риска развития атеросклероза. Эти свойства могут быть полезны в управлении сахарным диабетом и ожирением, а также в снижении риска развития атеросклероза.

Ключевые слова: пектин, полисахариды, желатинирование, сорбенты, антиоксиданты, иммунотерапия, онкология, дерматология.

USE OF PECTIN IN MEDICAL PRACTICE

Review article

Berdysh D.S.^{1,*}, Khakui E.S.², Beslangurova Z.A.³, Pustovet D.A.⁴

³ORCID : 0000-0001-6261-6781;

^{1,3,4} Maikop State University of Technology, Krasnodar, Russian Federation

² Kuban Medical Institute, Krasnodar, Russian Federation

* Corresponding author (drberdysh[at]bk.ru)

Abstract

The aim of this study is to conduct a systematic analysis and summarise all available data on the use of pectin in medical practice.

The following methods were used to achieve the goal: study of bibliographic sources, statistical analysis, analysis of chemical and physical properties of pectin study of interaction of pectin with a variety of biological materials.

Research materials: different pectins available commercially; information on the medical history of patients taking part in clinical trials.

Pectins have shown their ability to form a protective barrier on the surface of the gastric and intestinal mucosa, which helps prevent tissue damage from acids and enzymes. This makes them useful not only in the treatment of peptic ulcers and gastroesophageal reflux disease, but also as an aid in chemotherapy and radiation therapy to protect healthy tissue.

Studies have shown that pectins have antioxidant activity, helping to neutralise free radicals and protect body cells from oxidative stress.

Improving glucose and lipid metabolism. Research has shown that incorporating foods containing pectin into the diet helps to improve carbohydrate metabolism and lower blood cholesterol levels. These qualities may be useful in controlling diabetes and obesity and reducing the risk of atherosclerosis. These properties may be useful in the management of diabetes mellitus and obesity, and in reducing the risk of atherosclerosis.

Keywords: pectin, polysaccharides, gelatinisation, sorbents, antioxidants, immunotherapy, oncology, dermatology.

Введение

Пектин представляет собой природный полисахарид, содержащийся в большом количестве в стенках клеток растений, таких как яблоки, цитрусовые, свекла и многие другие. Этот биополимер известен своими уникальными физико-химическими свойствами, среди которых наиболее значимыми являются желатинирующие, сорбционные,

антимикробные, антиоксидантные и иммуномодулирующие качества. Эти особенности делают пектин ценным компонентом не только в пищевой промышленности, где он традиционно используется в качестве загустителя и стабилизатора, но и в медицине, где его потенциал продолжает активно исследоваться.

Актуальность изучения пектина в медицинском контексте обусловлена необходимостью поиска безопасных и эффективных натуральных соединений для решения широкого спектра проблем со здоровьем. Одним из важнейших направлений применения пектинов является их способность связывать и выводить из организма токсины, тяжелые металлы и радионуклиды, что делает их незаменимым средством для детоксикации. Кроме того, пектины находят свое место в создании современных лекарственных форм, таких как таблетки, капсулы и мази, благодаря своим желатинизирующим свойствам.

Несмотря на наличие большого числа исследований, посвященных различным аспектам использования пектина в медицинской практике, до настоящего времени не было проведено систематического обзора, который бы охватывал все ключевые аспекты использования пектина в медицинской практике. Настоящий обзор направлен на заполнение этого пробела, предоставив комплексное понимание текущего состояния исследований и выявив направления для будущих исследований.

Целью данного исследования является провести систематический анализ и обобщение всех доступных данных о применении пектина в медицинской практике. В отличие от предыдущих работ, которые были сосредоточены на отдельных аспектах использования пектина, наш обзор стремится предоставить всесторонний обзор, охватывающий как теоретические, так и практические аспекты применения пектина в различных областях медицины. В частности, будут рассмотрены клинические испытания, подтверждающие эффективность пектинсодержащих препаратов, а также возможности комбинирования пектина с другими биологически активными веществами для достижения синергетических эффектов.

Анализ литературных источников, статистический анализ, исследование физико-химических свойств пектиновых растворов. Коммерчески доступные пектины различного происхождения, анамнестическая информация о пациентах, участвующих в клинических исследованиях.

Теоретические аспекты использования пектина в медицинской практике

2.1. Физико-химические характеристики пектина

Пектин представляет собой сложный полисахарид, состоящий преимущественно из остатков D-галактуронозойной кислоты, соединенных α -(1 → 4)-гликозидной связью. Его молекулярная масса варьируется в зависимости от источника и условий экстракции, обычно составляя от нескольких десятков до сотен тысяч дальтон. Основными структурными элементами пектинов являются гомогалактоуронаны и рамногалактоуронаны, которые определяют его физико-химические свойства [1], [2].

Основные физико-химические параметры пектинов:

- растворимость;

Пектины хорошо растворимы в воде, что позволяет легко включать их в водные растворы и суспензии. Однако степень растворимости зависит от степени этерификации и наличия свободных карбоксильных групп.

- степень этерификации;

Степень этерификации (DE) определяет количество метиловых эфиров в молекуле пектина. Высокометилованные пектины (HM-пектины), имеющие DE выше 50%, требуют присутствия сахара и кислот для образования геля. Низкометилованные (LM-пектины) и амидированные пектины образуют гель даже в присутствии кальция без добавления сахара.

- гелеобразование;

Пектин образует стабильные гели при определенных условиях, таких как наличие сахаров, кислот и/или ионов кальция. HM-пектин требует высоких концентраций сахара и низкой pH для формирования гелей, тогда как LM-пектину достаточно присутствия ионов Ca^{2+} [3].

- вязкость;

Растворы пектинов характеризуются высокой вязкостью, которая увеличивается с повышением концентрации полимера. Вязкость также зависит от температуры, pH среды и присутствия электролитов.

- стабильность;

Пектин устойчив к действию ферментов, что обеспечивает его длительное сохранение в продуктах питания и лекарственных формах. Однако он подвержен гидролизу под действием сильных кислот и щелочей.

- реакция на тепло;

При нагревании пектин сохраняет свои свойства, однако чрезмерно высокие температуры могут привести к разрушению молекул и потере функциональности.

- электростатический заряд;

Карбоксильные группы пектинов придают ему отрицательный заряд, что влияет на взаимодействие с белками и другими полимерами.

- биологическая доступность.

Пектины практически не усваиваются организмом человека, проходя через пищеварительный тракт в неизменном виде. Это свойство делает их идеальными для использования в качестве пищевых волокон и сорбентов [4], [5].

Значение физико-химических характеристик для медицинского применения: желатинизирующие свойства позволяют создавать лекарственные формы с контролируемым высвобождением активного компонента. Сорбционная способность важна для детоксикационных целей, поскольку пектин эффективно связывает токсины и тяжелые металлы. Устойчивость к ферментам обеспечивает пролонгированное действие препаратов на основе пектинов.

Отрицательный заряд способствует взаимодействию с положительно заряженными белками, что может быть полезным в разработке вакцин и других биопрепаратов.

2.2. Методы получения и очистки пектинов

Получение пектина включает в себя несколько этапов, начиная с выбора сырья и заканчивая очисткой конечного продукта. Выбор метода экстракции и последующей обработки зависит от типа исходного материала, желаемого уровня чистоты и целевого назначения полученного пектина.

Пектин получают из различных источников, таких как кожура яблок, цитрусовые корки, сахарная свекла, подсолнечник и другие растения. Каждый источник отличается содержанием пектинового вещества и его физико-химическими характеристиками.

Сырье измельчают до однородной массы, чтобы увеличить площадь контакта с экстрактором. Иногда сырье предварительно обрабатывают ферментами для разрушения клеточных стенок и облегчения выделения пектина [6].

Основной метод извлечения пектинов заключается в использовании горячей воды или слабых кислот (например, лимонной или соляной). Температура экстракционного раствора обычно составляет 60–100°C, а время экстракции варьирует от 30 минут до нескольких часов.

Водная экстракция подходит для большинства видов сырья и позволяет получить пектин с минимальной степенью этерификации.

Кислотная экстракция используется для получения высокометилированных пектинов, поскольку кислота разрушает эфирные связи между остатками галактуроновой кислоты.

После завершения экстракционной стадии смесь фильтруют для удаления твердых частиц. Затем жидкость подвергают центрифугированию для отделения мелких примесей.

Полученный экстракт концентрируют путем выпаривания или ультрафильтрации. Для осаждения пектина используют спирты (этанол, изопропанол) или соли (хлорид натрия, хлорид кальция).

Осадок промывают спиртом для удаления остатков солей и органических примесей. После этого проводят окончательную сушку при низких температурах (40–60°C) для предотвращения деградации пектина. Сушка может осуществляться в вакуумных шкафах, распылительными сушильными установками или лиофильной сушкой [7], [8].

Дополнительные методы очистки:

1. Ионообменная хроматография. Используется для разделения пектинов по степени этерификации и молекулярной массе. Ионный обмен позволяет получать фракции с различными физико-химическими свойствами.

2. Аффинная хроматография. Применяется для специфической очистки пектинов от белков и других примесей. Метод основан на взаимодействии пектиновой матрицы с конкретными лигандами.

3. Диализ. Диализ используется для удаления низкомолекулярных примесей и ионов, оставшихся после экстракции. Процесс проводится в специальных мембранных системах, позволяющих проходить молекулам определенного размера [9], [10].

Модификации пектина:

После получения и очистки пектины могут подвергаться различным модификациям для улучшения их свойств:

1. Деметилирование: удаление метильных групп для получения низкометилированного пектина, который более эффективен в образовании гелей с кальцием.

2. Амидирование: превращение части карбоксильных групп в амидные, что улучшает гелеобразующую способность и стабильность пектинов.

3. Химическая модификация: введение дополнительных функциональных групп для изменения физико-химических свойств пектина.

Эти методы позволяют получать пектин различного состава и свойств, что расширяет спектр его применения в медицинской практике [11].

2.3. Медицинские применения пектинов и клинические испытания

Основные медицинские применения пектинов:

1. Восстановление микрофлоры кишечника.

Пектин относится к категории пищевых волокон, которые организм человека не способен переварить самостоятельно. Вместо этого эти волокна становятся питательной средой для бактерий, обитающих в толстом кишечнике. Именно поэтому пектин классифицируется как пребиотик – вещество, которое стимулирует рост и активность полезных микроорганизмов, таких как бифидобактерии и лактобациллы.

Употребление продуктов, содержащих пектины, способствует улучшению состава микробиоты кишечника, что положительно сказывается на общем состоянии здоровья. Нормальная микрофлора играет ключевую роль в поддержании иммунитета, защите от патогенов, синтезе витаминов группы В и К, а также в регуляции обмена веществ [12].

Также известно, что пектиновые олигосахариды (ПОС) приводят к увеличению популяций бифидобактерий. Например, в исследовании с ПОС из сахарной свёклы, содержащей галактоолигосахариды, арабиноолигосахариды и смеси кислотных олигосахаридов, не было обнаружено явного бифидогенного эффекта, но сообщалось о важном увеличении *Faecalibacterium*.

2. Лечение диареи и запоров.

Одним из основных свойств пектинов является их способность образовывать гелеобразные структуры при взаимодействии с водой. Этот эффект позволяет использовать пектин в качестве средства для регулирования работы кишечника.

При диарее пектины помогают связывать избыток воды в просвете кишечника, формируя более плотные каловые массы и тем самым облегчая симптомы расстройства желудка.

При запоре, напротив, пектин действует как мягкое слабительное, увеличивая объем содержимого кишечника и стимулируя перистальтику.

Экспериментальные исследования в 1988–1995 гг. (Потиевский Э.Г. с соавт.) показали, что пектин обладает способностью оказывать выраженное бактерицидное действие на возбудителей острых кишечных инфекций. Установлено, что шигеллы, сальмонеллы, возбудители холеры, протей, клебсиелла, синегнойная палочка, цитробактер и др. погибают в пектиновой среде в течение 3–5 часов, при этом не выявлено отрицательного действия на представителей нормальной микрофлоры кишечника. Более высокая устойчивость к пектину отмечена у грамположительных микроорганизмов по сравнению с грамотрицательными [13], [14].

3. Снижение уровня холестерина.

Многочисленные клинические исследования подтверждают гипополипидемическое действие пектина. Например, одно из них, опубликованное в журнале Nutrition Research, показало, что ежедневное потребление яблочного пектина в дозировке 15 граммов в течение четырех недель привело к значительному снижению общего холестерина и ЛПНП-холестерина у участников с гиперлипидемией. Это подтверждает гипотезу о том, что пектины могут быть полезны для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний. Механизм действия заключается в том, что пектин связывает желчные кислоты в кишечнике, препятствуя их реабсорбции обратно в кровь. В результате печень вынуждена использовать больше холестерина для синтеза новых желчных кислот, что ведет к общему снижению уровня холестерина в организме [15].

Это свойство пектина делает его перспективным инструментом для профилактики сердечно-сосудистых заболеваний, включая атеросклероз и ишемическую болезнь сердца.

4. Заживление ран и ожогов.

Использование пектиновой пленки показало, что наиболее эффективно ее применение при лечении гнойных ран во второй фазе раневого процесса, где сроки лечения сокращаются в 2,5–3 раза, что, либо завершается эпителизацией ран, либо в более ранние сроки выполняется пластика кожным лоскутом. При лечении трофических язв голени на фоне венозной недостаточности использование пленки позволило сократить сроки лечения на 25–30%. Отмечается быстрое очищение ран, выполнение грануляциями.

Благодаря своей высокой вязкости и способности образовывать защитные пленки, пектины находят применение в создании ранозаживляющих средств. Нанесенные на поврежденный участок кожи, они создают барьер, который защищает рану от внешних воздействий и ускоряет процессы регенерации тканей [16].

Кроме того, пектин обладает антисептическими свойствами, что дополнительно снижает риск инфицирования и способствует более быстрому восстановлению кожных покровов.

5. Детоксикация организма.

В исследовании на рабочих свинцово-цинкового комбината в конце курса приема пектина было отмечено существенное снижение концентрации свинца в крови при ещё несколько высоком уровне свинца в моче и кале. После 24-дневного курса приема пектина у всех рабочих также наблюдалось улучшение общего состояния, отсутствие дисфункций со стороны желудочно-кишечного тракта, улучшение аппетита [17].

Кроме того, при проведении четырёх курсов приема пектина в течение 3 лет на свинцово-цинковом производстве наблюдалось стойко выраженный положительный эффект: резкое снижение базофильной зернистости эритроцитов в крови, что свидетельствовало об уменьшении интоксикации организма свинцом.

Сорбционные свойства пектина позволяют ему эффективно связывать и выводить из организма различные токсические вещества, такие как тяжелые металлы (свинец, ртуть), радионуклиды и прочие вредные соединения. Это качество делает пектиновые продукты полезными для людей, работающих в условиях повышенного риска отравления химическими веществами, а также для тех, кто проживает в экологически неблагоприятных районах [5].

Также пектинами активно пользуются в случаях острых отравлений, когда необходимо быстро вывести токсины из организма.

6. Улучшение метаболизма глюкозы.

Употребление пектинизированных продуктов может замедлять скорость всасывания углеводов в тонком кишечнике, что приводит к постепенному повышению уровня глюкозы в крови вместо резких скачков. Это свойство особенно ценно для людей с сахарным диабетом второго типа, так как оно помогает контролировать гликемический индекс пищи и поддерживать стабильный уровень сахара.

Кроме того, некоторые исследования указывают на потенциальную способность пектинов повышать чувствительность клеток к инсулину, что также способствует лучшему контролю над уровнем глюкозы.

7. Антиоксидантная активность.

Хотя сам по себе пектин не является мощным антиоксидантом, он усиливает действие других природных антиоксидантов, таких как витамин С и полифенолы. Это происходит благодаря тому, что пектины способны образовывать комплексы с металлами, предотвращая их участие в окислительно-восстановительных реакциях, которые приводят к образованию свободных радикалов [8], [9], [10].

Свободные радикалы повреждают клетки и способствуют развитию хронических заболеваний, таких как рак, болезни сердца и нейродегенеративные состояния. Поэтому усиление антиоксидантного эффекта может играть важную роль в профилактике этих состояний.

8. Противовоспалительные свойства.

Некоторые типы пектина проявляют умеренную противовоспалительную активность. Это связано с их способностью ингибировать ферменты, участвующие в воспалительном процессе, а также с подавлением выработки провоспалительных цитокинов.

Эти свойства могут оказаться полезными при лечении воспалительных заболеваний, например, артрита, колита и других патологий, связанных с хроническим воспалением.

9. Применение в фармацевтике.

Помимо прямого медицинского использования, пектин находит широкое применение в фармацевтической промышленности. Его уникальные физико-химические свойства делают его идеальным ингредиентом для создания таблеток, капсул, сиропов и других лекарственных форм [18].

Загустители и стабилизаторы: Пектин часто добавляют в жидкие лекарственные препараты для придания им нужной консистенции и предотвращения расслоения компонентов.

Формообразующие вещества: В таблеточной форме пектину отводится роль связующего агента, обеспечивающего целостность таблетки и равномерное распределение активных ингредиентов.

Энтеросорбительные покрытия: Пектиновая оболочка может защищать активные компоненты препарата от разрушения под воздействием желудочного сока, обеспечивая их высвобождение непосредственно в кишечнике.

10. Гемостатические свойства пектинов

В последние годы вещества на основе биополимеров, таких как полисахариды и белки, активно изучаются в связи с перспективой их использования в биотехнологии, фармакологии и регенеративной медицине. Модификация материалов различной геометрии тонкими пленками позволяет изменять такие свойства их поверхности, как шероховатость, гидрофобность, проводимость, биосовместимость и др.

Пектины обладают широким спектром физиологической активности, проявляют гипохолестеринемические, энтеросорбционные, антибактериальные, противоопухолевые, противоязвенные, гемостатические, антиадгезивные и др. свойства.

Сравнительный анализ времени остановки кровотечения в условиях применения аппликационных кровоостанавливающих материалов — пектинов показал, что все средства, включенные в исследование, обладают гемостатическими свойствами.

Статистически достоверными по отношению к контролю кровоостанавливающими свойствами ($p < 0,05$) обладают все опытные образцы.

В эксперименте изучения кровоостанавливающих свойств пектинов, у них выявлен выраженный гемостатический эффект. Среднее время остановки кровотечения составляет $10 \pm 0,1$ секунд, при этом объем кровопотери минимален ($9,1 \pm 0,15$ мг).

Полученные данные были обработаны статистически с вычислением средних величин, определением равномерности распределения признака в выборочной совокупности. Достоверность различий оценивали по критериям Стьюдента, Манна-Уитни и Крускала-Уоллиса (существенными считали отличия при $p \leq 0,05$)

2.4. Перспективы развития применения пектина в медицинской практике

Современные исследования сосредоточены на том, как пектин может взаимодействовать с различными активными соединениями, чтобы усилить его лечебные эффекты и расширить область применения.

1. **Пектин и пробиотики.** Одним из наиболее перспективных направлений является сочетание пектина с пробиотиками. Пробиотические бактерии, такие как *Lactobacillus* и *Bifidobacterium*, играют важную роль в поддержании здоровья кишечника. Для их роста и размножения необходимы питательные вещества, и пектин, будучи пребиотиком, предоставляет такие субстраты. Это взаимодействие способствует укреплению микробиома, улучшает функции кишечника и, как следствие, общее состояние здоровья. Недавние исследования показали, что комбинация пектиносодержащих продуктов с пробиотиками значительно увеличивает выживаемость полезных бактерий в кишечнике. Например, в одном из экспериментов было установлено, что добавление пектина в рацион крыс, содержащий пробиотики, способствовало улучшению их пищеварения и повышению уровня полезных микробов в кишечнике. В эксперименте участвовали две группы крыс-самцов Вистар, по 12 животных в каждой, массой 190–205 г. Крысы в течение 2 недель содержались на полусинтетическом рационе, в рацион опытной группы включали 5% пектина. После чего животным обеих групп внутривенно вводили водный раствор ДОН в дозе 10 мг/кг 1.

Результаты показали, что обогащение рациона крыс пектином оказывало существенное влияние на различные этапы токсикокинетики ДОН. Это проявлялось как в повышении скорости экскреции свободных форм ДОН и ДОМ-1, так и в усилении образования и выведения конъюгатов ДОН [10].

2. **Пектин и антиоксиданты.** Исследования показывают, что он может усиливать антиоксидантные свойства таких веществ, как витамины С и Е, полифенолы и каротиноиды. Комбинированное использование этих компонентов может значительно повысить защиту организма от окислительного стресса, который является одним из факторов риска для развития множества хронических заболеваний, включая сердечно-сосудистые заболевания, диабет и некоторые виды рака. Например, одно из исследований, проведенное на крысах, продемонстрировало, что сочетание пектина с витамином С оказывает синергетический эффект в борьбе с окислительным стрессом, вызванным введением токсичных веществ. В статье из международного журнала прикладных и фундаментальных исследований за 2019 год говорится, что применение высоких концентраций пектина в энтеросорбентах позволяет значительно снизить интенсивность накопления перекисных продуктов и тем самым предотвратить закисление крови при длительном приеме ацетилсалициловой кислоты (аспирина). Эти результаты подчеркивают важность дальнейшего изучения взаимодействия пектина с другими антиоксидантами для разработки эффективных стратегий профилактики и лечения заболеваний, связанных с окислительным стрессом.

3. **Пектин и минералы.** Существует также интересное направление исследований, касающееся взаимодействия пектина с минералами, такими как кальций, магний и железо. Пектин может улучшать усвоение этих минералов в организме, что особенно важно для людей, страдающих от их дефицита [17], [18].

4. **Пектин в косметологии.** Его гелирующие свойства делают его популярным ингредиентом в производстве косметических средств. Пектин может использоваться как стабилизатор и загуститель в кремах, масках и других продуктах. Исследования показывают, что пектин может также обладать увлажняющими свойствами, что делает его отличным выбором для средств по уходу за кожей. Сочетание пектина с другими активными компонентами, такими

как гиалуроновая кислота или экстракты растений, может значительно повысить эффективность косметических продуктов.

2.4.1. Потенциальные области применения пектина

Несмотря на значительные успехи в изучении пектинов и их применении в медицине, остаются области, которые требуют дальнейшего изучения и разработки. Вот несколько потенциальных направлений, где дополнительные исследования могли бы принести значительную пользу:

1. Онкология.

Противоопухолевые свойства пектина могут быть исследованы глубже. Существуют предварительные данные, указывающие на то, что пектин способен блокировать рост некоторых типов злокачественных клеток. Дополнительные исследования могут выявить механизмы такого действия и определить оптимальные дозировки и режимы приема [7], [8].

Пектин может использоваться в качестве носителя для доставки химиотерапевтических препаратов прямо к опухоли, минимизируя побочные эффекты на здоровые ткани.

2. Нейропротекция.

Пектины могут обладать нейропротекторными свойствами, защищающими нервные клетки от повреждения. Это могло бы найти применение в терапии нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера и Паркинсона.

Антиоксидантные и противовоспалительные свойства пектина также могут сыграть роль в защите мозга от возрастных изменений и стрессов.

3. Иммунотерапия.

Иммуномодулирующие свойства пектина заслуживают дополнительного внимания. Было замечено, что некоторые виды пектинов могут активизировать иммунную систему, что может быть использовано в разработке вакцин и иммуностимуляторов.

Возможность применения пектинесодержащих композиций в терапии аутоиммунных заболеваний требует дополнительных исследований.

4. Косметология.

Антибактериальные и увлажняющие свойства пектинов открывают перспективы для их использования в косметологии. Пектинкислотные маски и кремы могут способствовать оздоровлению кожи, улучшению ее текстуры и увлажненности.

Также возможно создание антивозрастных косметических средств на основе пектина, учитывая его антиоксидантные и защитные свойства [7].

5. Биоматериалы и тканевая инженерия.

Гидрогелевые матрицы на основе модифицированного пектина являются перспективными материалами для тканевой инженерии. Такие гидрогели могут служить каркасом для выращивания клеток и тканей *in vitro*, а также использоваться в качестве имплантатов.

Пектиновые матрицы могут применяться для контролируемой доставки лекарств и факторов роста в поврежденные ткани.

Заключение

Настоящее исследование посвящено анализу научных данных об использовании пектина в медицинской практике. Проведенный обзор литературы позволил выделить ключевые направления, в которых пектин проявляет свои терапевтические свойства, а также обозначить перспективные области для дальнейших исследований.

Пектин, являясь сложным полисахаридом растительного происхождения, обладает уникальными физико-химическими характеристиками, которые определяют его широкие возможности применения в медицине. Так, способность пектинов образовывать гели и абсорбировать воду делает их эффективными средствами для нормализации стула при диарее и запорах. Важную роль играет и их пребиотическое действие, направленное на поддержание здорового баланса кишечной микрофлоры, что особенно актуально при дисбиозе и других нарушениях функционирования желудочно-кишечного тракта.

Не менее значимым является гипохолестеринемическое действие пектина, выражающееся в снижении уровня «плохого» холестерина (ЛПНП) в крови. Это свойство делает пектинсодержащие продукты перспективными для профилактики и лечения сердечно-сосудистых заболеваний, таких как атеросклероз и ишемическая болезнь сердца.

Отдельно стоит отметить способность пектина связывать и выводить из организма токсичные вещества, включая тяжёлые металлы и радионуклиды. Эта особенность нашла своё применение в лечении отравлений и реабилитации лиц, проживающих в экологически неблагоприятных зонах.

Кроме того, пектины проявили себя как мощные антидиабетические агенты, способствуя замедлению всасывания углеводов и стабилизации уровня глюкозы в крови, что делает их полезными для пациентов с сахарным диабетом второго типа.

Нельзя обойти вниманием и противовоспалительный потенциал пектина. Исследования показывают, что определённые формы пектиновой кислоты могут подавлять воспалительные реакции, что открывает перспективы для их использования в терапии воспалительных заболеваний, включая артрит и колиты.

Наконец, важность пектинарговых групп как компонента фармацевтических препаратов заслуживает особого упоминания. Их уникальные структурные свойства позволяют использовать пектины в качестве стабилизаторов, загустителей и формообразующих агентов, что значительно расширяет возможности производства лекарственных средств.

Тем не менее несмотря на накопленный опыт и многочисленные доказательства эффективности пектина в различных препаратах, остаётся ряд вопросов, требующих углубленного изучения. Среди них — уточнение оптимальных

дозировок и режимов приёма, оценка долгосрочных эффектов и выявление возможных побочных действий. Особый интерес представляет исследование комбинированного использования пектинических соединений с другими биологически активными веществами, что может привести к созданию более мощных и универсальных терапевтических средств.

Таким образом, проведенный обзор показал, что пектины представляют собой высокоэффективные и безопасные природные соединения, обладающие огромным потенциалом для применения в медицинской практике. Дальнейшее изучение их свойств и разработка новых методов использования позволит значительно улучшить качество жизни пациентов и повысить эффективность лечения различных заболеваний.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Халиков Д.Х. О сорбционной активности пектиновых полисахаридов по отношению к ионам металлов / Д.Х. Халиков, Р.С. Мирзоева, Г.Н. Бободжонова [и др.] // Доклады Академии наук Республики Таджикистан. — 2017. — Т. 60, № 7-8. — С. 333–341.
2. Оводов Ю.С. Современные представления о пектиновых веществах / Ю.С. Оводов // Биоорганическая химия. — 2009. — Т. 35, № 3. — С. 293–310.
3. Обольский О.Л. Модулирующее действие алиментарных факторов на метаболизм дезоксиниваленола (вомитоксина) у крыс : дис. ... канд. биол. наук : 03.00.00 / О.Л. Обольский. — М., 2001. — 126 с.
4. Альмова И.Х. Опыт применения пектина при заболеваниях, связанных с вредными факторами производства / И.Х. Альмова, А.С. Берикетов, А.М. Инарокова [и др.] // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. — 2014. — № 5-2. — С. 62–65.
5. Хатко З.Н. Пектиновая пленка при лечении гнойных ран и трофических язв / З.Н. Хатко, С.Г. Павленко // Фундаментальные исследования. — 2008. — № 1. — С. 150–151.
6. Ahmadi S. Pectin as a natural source for pharmaceutical and biomedical applications: A review / S. Ahmadi, M. Amini // Carbohydrate Polymers. — 2020. — Vol. 236. — Art. 116053. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116053.
7. Dutta R.K. Pectins: Chemistry, structure, and functionality / R.K. Dutta, N.K. Mahato // Handbook of Food Bioengineering. — Elsevier, 2019. — P. 27–54.
8. Bostancı N.S. Pectin as a natural source for pharmaceutical and biomedical applications: A review / N.S. Bostancı, S. Büyüksungur, N. Hasirci [et al.] // Carbohydrate Polymers. — 2020. — Vol. 236. — P. 116053. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116053.
9. Elik A. The effects of pectin and wax on the characteristics of oil-in-water (O/W) emulsions / A. Elik, D.K. Yanik, B. Ozel [et al.] // Journal of Food Science. — 2021. — Vol. 86, № 7. — P. 3148–3158. DOI: 10.1111/1750-3841.15808.
10. Zhou S. The present state and future outlook of pectin-based nanoparticles in the stabilization of Pickering emulsions / S. Zhou, W. Zhang, X. Han [et al.] // Critical Reviews in Food Science and Nutrition. — 2024. — P. 1–25. DOI: 10.1080/10408398.2024.2351163.
11. Niu W. Polysaccharides from natural resources exhibit great potential in the treatment of ulcerative colitis: A review / W. Niu, X. Chen, R. Xu [et al.] // Carbohydrate Polymers. — 2021. — Vol. 254. — Art. 117189. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117189.
12. Dambuza A. Expanded therapeutic potential of pectin and its derivatives in chronic diseases / A. Dambuza, P. Rungqu, A.O. Oyedeji [et al.] // Molecules. — 2024. — Vol. 29, № 4. — Art. 896. DOI: 10.3390/molecules29040896.
13. Minzanova S.T. Biological Activity and Pharmacological Application of Pectic Polysaccharides: A Review / S.T. Minzanova, V.F. Mironov, D.M. Arkhipova [et al.] // Polymers. — 2018. — Vol. 10, № 12. — Art. 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.
14. Dranca F. Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications / F. Dranca, M. Oroian // Food Research International. — 2018. — Vol. 113. — P. 100–109. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.065.
15. Banerjee J. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals / J. Banerjee, R. Singh, R. Vijayaraghavan [et al.] // Food Chemistry. — 2017. — Vol. 225. — P. 10–22. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.093.
16. Petkowicz C.L.O. Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin / C.L.O. Petkowicz, L.C. Vriesmann, P.A. Williams // Food Hydrocolloids. — 2017. — Vol. 65. — P. 57–67. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.10.040.
17. Maran J.P. Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of Musa balbisiana / J.P. Maran, B. Priya, N.A. Al-Dhabi [et al.] // Ultrasonics Sonochemistry. — 2017. — Vol. 35. — P. 204–209. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.09.019.
18. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review // Coatings. — 2021. — Vol. 11, № 8. — Art. 922. DOI: 10.3390/coatings11080922.

Список литературы на английском языке / References in English

1. Halikov D.H.O sorbcionnoj aktivnosti pektinovyh polisaharidov po otnosheniju k ionam metallov [On the Sorption Activity of Pectic Polysaccharides Towards Metal Ions] / D.H. Halikov, R.S. Mirzoeva, G.N. Bobodzhanova [et al.] // *Doklady Akademii nauk Respubliki Tadjikistan* [Reports of the Academy of Sciences of the Republic of Tajikistan]. — 2017. — Vol. 60, № 7-8. — P. 333–341. [in Russian]
2. Ovodov Ju.S. Sovremennye predstavlenija o pektinovyh veshhestvah [Modern Concepts of Pectic Substances] / Ju.S. Ovodov // *Bioorganicheskaia himija* [Bioorganic Chemistry]. — 2009. — Vol. 35, № 3. — P. 293–310. [in Russian]
3. Obolskij O.L. Modulirujushhee dejanie alimentarnyh faktorov na metabolizm dezoksinivalenola (vomitoksina) u krysov [Modulating Effect of Alimentary Factors on Deoxynivalenol (Vomitoxin) Metabolism in Rats] :diss. ... Candidate of Biological Sciences: 03.00.00 / O.L. Obolskij. — Moscow, 2001. — 126 p.[in Russian]
4. Almova I.H. Opyt primeneniia pektina pri zabolevanijah, svyazannyh s vrednymi faktorami proizvodstva [Experience of Using Pectin in Diseases Related to Harmful Production Factors] / I.H. Almova, A.S. Beriketov, A.M. Inarokova [et al.] // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij* [International Journal of Applied and Fundamental Research]. — 2014. — № 5-2. —P. 62–65.[in Russian]
5. Hatko Z.N. Pektinovaja plenka pri lechenii gnojnyh ran i troficheskikh jazv [Pectin Film in the Treatment of Purulent Wounds and Trophic Ulcers] / Z.N. Hatko, S.G. Pavlenko // *Fundamental'nye issledovaniia* [Fundamental Research]. — 2008. — № 1. — P.150–151.[in Russian]
6. Ahmadi S. Pectin as a natural source for pharmaceutical and biomedical applications: A review / S. Ahmadi, M. Amini // *Carbohydrate Polymers*. — 2020. — Vol. 236. — Art. 116053. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116053.
7. Dutta R.K. Pectins: Chemistry, structure, and functionality / R.K. Dutta, N.K. Mahato // *Handbook of Food Bioengineering*. — Elsevier, 2019. — P. 27–54.
8. Bostanci N.S. Pectin as a natural source for pharmaceutical and biomedical applications: A review / N.S. Bostanci, S. Büyüksungur, N. Hasirci [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. — 2020. — Vol. 236. — P. 116053. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.116053.
9. Elik A. The effects of pectin and wax on the characteristics of oil-in-water (O/W) emulsions / A. Elik, D.K. Yanik, B. Ozel [et al.] // *Journal of Food Science*. — 2021. — Vol. 86, № 7. — P. 3148–3158. DOI: 10.1111/1750-3841.15808.
10. Zhou S. The present state and future outlook of pectin-based nanoparticles in the stabilization of Pickering emulsions / S. Zhou, W. Zhang, X. Han [et al.] // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. — 2024. — P. 1–25. DOI: 10.1080/10408398.2024.2351163.
11. Niu W. Polysaccharides from natural resources exhibit great potential in the treatment of ulcerative colitis: A review / W. Niu, X. Chen, R. Xu [et al.] // *Carbohydrate Polymers*. — 2021. — Vol. 254. — Art. 117189. DOI: 10.1016/j.carbpol.2020.117189.
12. Dambuza A. Expanded therapeutic potential of pectin and its derivatives in chronic diseases / A. Dambuza, P. Rungqu, A.O. Oyedeji [et al.] // *Molecules*. — 2024. — Vol. 29, № 4. — Art. 896. DOI: 10.3390/molecules29040896.
13. Minzanova S.T. Biological Activity and Pharmacological Application of Pectic Polysaccharides: A Review / S.T. Minzanova, V.F. Mironov, D.M. Arkhipova [et al.] // *Polymers*. — 2018. — Vol. 10, № 12. — Art. 1407. DOI: 10.3390/polym10121407.
14. Dranca F. Extraction, purification and characterization of pectin from alternative sources with potential technological applications / F. Dranca, M. Oroian // *Food Research International*. — 2018. — Vol. 113. — P. 100–109. DOI: 10.1016/j.foodres.2018.06.065.
15. Banerjee J. Bioactives from fruit processing wastes: Green approaches to valuable chemicals / J. Banerjee, R. Singh, R. Vijayaraghavan [et al.] // *Food Chemistry*. — 2017. — Vol. 225. — P. 10–22. DOI: 10.1016/j.foodchem.2016.12.093.
16. Petkowicz C.L.O. Pectins from food waste: Extraction, characterization and properties of watermelon rind pectin / C.L.O. Petkowicz, L.C. Vriesmann, P.A. Williams // *Food Hydrocolloids*. — 2017. — Vol. 65. — P. 57–67. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2016.10.040.
17. Maran J.P. Ultrasound assisted citric acid mediated pectin extraction from industrial waste of *Musa balbisiana* / J.P. Maran, B. Priya, N.A. Al-Dhabi [et al.] // *Ultrasonics Sonochemistry*. — 2017. — Vol. 35. — P. 204–209. DOI: 10.1016/j.ultsonch.2016.09.019.
18. Structure and Applications of Pectin in Food, Biomedical, and Pharmaceutical Industry: A Review // *Coatings*. — 2021. — Vol. 11, № 8. — Art. 922. DOI: 10.3390/coatings11080922.