

ИСТОЧНИКИ И МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ПРИМЕНЕНИЕ ПЕКТИНА

Н.А.Душанова

Узбекско-Финский педагогический институт

Аннотация: *Пектин является сложным полисахаридом, который находится в клеточных стенках растений и является важным компонентом в пищевой и фармацевтической промышленности. Статья рассматривает различные методы экстракции пектина, включая микробную ферментацию и ферментативную экстракцию, которые становятся все более эффективными и экологически устойчивыми альтернативами традиционным методам. Важным аспектом является структура пектина, которая определяет его физико-химические свойства, такие как способность образовывать гели и эмульсии, что делает пектин незаменимым компонентом в пищевых продуктах. Пектин также обладает многочисленными полезными свойствами, такими как стабилизация эмульсий, улучшение текстуры и замена жиров в здоровом питании. В статье подчеркивается важность дальнейших исследований для улучшения методов экстракции и оптимизации использования пектина в различных отраслях.*

Ключевые слова: *пектин, экстракция, ферментация, пектиновая кислота*

Пектин — это сложный полисахарид, который находится между клеточными стенками и в средней пластинке растений, состоящий из углерода (С), водорода (Н) и кислорода (О). Впервые его выделил французский химик Браконно в 1825 году, назвав это вещество «пектином» [5]. В настоящее время мировое потребление пектина значительно возросло, но его производство все еще ограничено. Несмотря на то, что пектин содержится во множестве растений и доступен в больших количествах, его использование остается низким, а технологии извлечения не развиты должным образом [3]. В результате этого значительная часть сырья, богатого пектином, теряется, что приводит к неэффективному использованию ресурсов и загрязнению окружающей среды.

Разработка методов извлечения пектина из альтернативного сырья и внедрение новых технологий для улучшения его выхода и качества играют ключевую роль в развитии пектиновой промышленности. Природные источники пектина широко распространены и разнообразны, включая такие материалы, как цитрусовые кожуры, яблочные кожуры и остатки картофеля, с различными уровнями

содержания пектина. Сегодня коммерческий пектин в основном извлекается из цитрусовых и яблок [4, 5].

Пектин существует в трех формах: протопектин, пектин и пектиновая кислота [2, 5]. В растениях пектин обычно присутствует в виде нерастворимого в воде протопектина и пектиновых солей. Нерастворимый пектин может растворяться в органических или неорганических кислотах, и таким образом, сырьевой пектин можно преобразовать в растворимую форму, что способствует его экстракции с использованием различных физических, химических и биологических методов. После этого проводится разделение и очистка, что приводит к получению высококачественного пектина [3].

Микробная ферментация позволяет получать ферменты, которые способствуют освобождению пектина из растительных тканей путем селективного разложения сложных полисахаридов, эффективно извлекая пектин. Хуан использовал микробную ферментацию для извлечения пектина из кожуры цитрусовых, установив оптимальные условия: 10% инокулята, 40 часов ферментации при температуре 36 °C, pH 7,0 и добавление 1% мочевины, что обеспечило максимальный выход пектина 21,5% [1]. Лю и соавторы [6] извлекли пектин из кожуры хурмы с помощью ферментации с *Aspergillus terreus*, продемонстрировав, что оптимальными условиями являются 30,09 часов ферментации, температура 25 °C и начальный pH 6,9, что привело к максимальному выходу пектина 0,449 г/г. Стоит отметить, что пектин, полученный с использованием микробной ферментации, обладает высокой молекулярной массой, минимальными затратами на химические реагенты, низким уровнем загрязнения окружающей среды и высокими гелеобразующими свойствами с стабильным качеством [5].

С экономической точки зрения микробная ферментация является эффективным и экологически устойчивым методом извлечения пектина, так как она требует меньшего количества химических реагентов и опирается на естественные микробные процессы. Этот метод не только снижает производственные затраты по сравнению с традиционными способами экстракции, но и повышает общую продуктивность за счет более высоких выходов. Более того, мягкие условия ферментации способствуют сохранению стабильности молекулярной структуры пектина, минимизируя его деградацию и обеспечивая сохранение функциональных свойств, что особенно важно для применения пектина в высококачественных продуктах. Таким образом, микробная ферментация представляет собой перспективный и экологически чистый метод извлечения пектина из различных растительных источников.

Ферментативная экстракция обычно включает использование различных ферментов, таких как протеазы, целлюлазы, гемицеллюлазы и лигниазы, для гидролиза клеточных стенок растений, что облегчает извлечение пектина. Например, Викиера и соавторы использовали эндоксилазу для экстракции пектина из яблочных выжимок при температуре 40 °C и pH 5,0, встряхивая смесь в течение 10 часов. Эффективность экстракции составила 19,8%, а полученный пектин имел высокую молекулярную массу. Эндоксилаза расщепляет ксилан, разрушая β -1,4-гликозидные связи в молекулах, что ослабляет клеточную стенку и способствует высвобождению пектина, связанного с ксиланом. Использование только этого фермента показало наивысшую эффективность экстракции, что подтверждает важность деградации ксилана для освобождения пектина [4, 7].

Методы ферментативной экстракции являются экономически выгодной альтернативой традиционным методам, поскольку они требуют меньших энергетических затрат и меньше агрессивных химикатов. Комбинирование разных ферментов может повысить выход пектина и сократить время обработки, тем самым оптимизируя использование ресурсов. К тому же, мягкие условия экстракции помогают сохранить молекулярную структуру пектина и минимизировать его деградацию, что часто бывает при более жестких методах.

Процессы экстракции пектина могут использовать различные физические, химические и биологические методы, каждый из которых имеет свои особенности и области применения. Эффективность экстракции зависит от множества факторов, таких как условия экстракции, характеристики растительного сырья и выбранные методы. Поэтому будущие исследования могут сосредоточиться на комбинировании различных методов для достижения лучших результатов по выходу и качеству пектиновых продуктов. Кроме того, разработки новых экологически чистых растворителей и оптимизация процессов экстракции способствуют дальнейшему развитию применения пектина.

Пектин представляет собой сложный полисахарид, состоящий из длинных цепей α -(1,4)-D-галактуроновой кислоты, некоторые из которых могут быть частично метилированы, что означает замену карбоксильных групп галактуроновой кислоты метоксигруппами. Пектин можно разделить на четыре компонента: полигалактуроновую кислоту, рамногалактуронан-I, рамногалактуронан-II и ксилогалактуронан [3]. Эти полимеры связаны ковалентными связями, и их распределение варьируется в зависимости от источника пектина. Полигалактуроновая кислота и рамногалактуронан-I составляют основные

компоненты, тогда как рамногалактуронан-II и ксилогалактуронан играют второстепенную роль.

Как коллоид, пектин способен образовывать гели в водных растворах при определенных условиях, демонстрируя отличные гелеобразующие свойства. Пектин классифицируют на высокометоксильный и низкометоксильный в зависимости от содержания метоксильных групп. Пектин с метоксильным содержанием от 7% до 16,32% называется высокометоксильным, а пектин с содержанием ниже 7% — низкометоксильным [6]. Высокометоксильный пектин образует гели при определенной концентрации сахара, pH и температуре, в то время как низкометоксильный пектин может гелеобразовывать в присутствии Ca^{2+} или других катионов, независимо от сахара. Чем выше степень метоксилирования, тем выше молекулярная масса пектина и его гелеобразующие свойства [1, 11]. Пектин играет важную роль как желирующий агент в продуктах, от джемов до йогуртов. Его способность образовывать стабильные гели улучшает текстуру и восприятие продуктов, что делает пектин незаменимым ингредиентом в таких изделиях. В эмульсионных продуктах пектин оказывает влияние на стабилизацию смеси и срок годности, а также на текстуру и жирнокислотный профиль.

Благодаря наличию гидрофильных карбоксильных и гидрофобных метильных и ацетильных групп, пектин обладает выраженными эмульгирующими свойствами. Янг и соавторы показали, что пектин из картофеля имеет высокую эмульгирующую способность, которая по размеру частиц сопоставима с эмульсиями, состоящими из растворимых полисахаридов сои. Кроме того, способность эмульгировать возрастает при добавлении пектина [13].

Структура пектина, представляющая собой сложный полисахаридный состав, играет ключевую роль в его применении, начиная от пищевых продуктов и заканчивая фармацевтическими изделиями. Понимание взаимосвязи между его структурными компонентами и физико-химическими свойствами важно для оптимизации его функциональных характеристик. В будущем исследования должны быть направлены на улучшение процессов экстракции пектина, чтобы повысить его свойства для конкретных применений [10].

Пектин является экологически чистым и безопасным природным экстрактом, признанным одной из самых полезных и безопасных пищевых добавок. Продовольственная и сельскохозяйственная организация ООН и Всемирная организация здравоохранения рекомендуют его использование без ограничений по уровню добавления [12]. Его уникальные желирующие свойства делают пектин востребованным в производстве желе, конфет, джемов и мороженого, улучшая вкус и сохраняя аромат. В молочных продуктах, таких как йогурт, пектин

стабилизирует эмульсии, предотвращая их разделение и расслоение. Также, благодаря низкому содержанию сахара и калорий, пектин может служить заменителем жира в здоровом питании [8] и улучшать удержание газа в тесте для выпечки [9].

ЛИТЕРАТУРА:

1. Yu H.L., Hu Z. Study of extraction technology of pectin from banana peel by ultrasonic wave. *Sci. Technol. Food Ind.* 2009, 30, 218–220. (In Chinese) [[Google Scholar](#)]
2. Su D.L., Li P.J., Quek S.Y., Huang Z.Q., Yuan Y.J., Li G.Y., Shan Y. Efficient extraction and characterization of pectin from orange peel by a combined surfactant and microwave assisted process. *Food Chem.* 2019, 286, 1–7. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
3. Kaczmarek A., Pieczywek, P.M., Cybulska, J., Zdunek A. A mini-review on the plant sources and methods for extraction of rhamnogalacturonan I. *Food Chem.* 2023, 403, 134378. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
4. Srivastava P., Malviya R. Sources of pectin, extraction and its applications. *Indian J. Nat. Prod. Resour.* 2011, 2, 10–18. [[Google Scholar](#)]
5. Chandel V., Biswas D., Roy S., Vaidya D., Verma A., Gupta A. Current advancements in pectin: Extraction, properties and multifunctional applications. *Foods* 2022, 11, 2683. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
6. Konrade D., Gaidukovs S., Vilaplana F., Sivan P. Pectin from fruit- and berry-juice production by-products: Determination of physicochemical, antioxidant and rheological properties. *Foods* 2023, 12, 1615. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
7. Jafari F., Khodaiyan F., Kiani H., Hosseini S.S. Pectin from carrot pomace: Optimization of extraction and physicochemical properties. *Carbohydr. Polym.* 2017, 157, 1315–1322. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
8. Cho E.H., Jung H.T., Lee B.H., Kim H.S., Rhee J.K., Yoo S.H. Green process development for apple-peel pectin production by organic acid extraction. *Carbohydr. Polym.* 2019, 204, 97–103. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
9. Wu B., Gao K., Guo Y., Ma Y., Qiu C., Song C., Ma H. Research progress on extraction of active components from apple processing waste. *Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 2023, 64, 8384–8398. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
10. Dranca F., Oroian M. Ultrasound-assisted extraction of pectin from *malus domestica* ‘fălticeni’ apple pomace. *Processes* 2019, 7, 488. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]
11. Eichhöfer H., Bindereif B., Karbstein H.P., Bunzel M., Van Der Schaaf U.S., Wefers D. Influence of arabinan fine structure, galacturonan backbone length, and degree

of esterification on the emulsifying properties of acid-extracted sugar beet pectins. *J. Agric. Food Chem.* 2023, 71, 2105–2112. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

12. Yang J.S., Mu T.H., Ma M.M. Extraction, structure, and emulsifying properties of pectin from potato pulp. *Food Chem.* 2018, 244, 197–205. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)]

13. Peterson R.B., Rankin S.A., Ikeda S. Short communication: Stabilization of milk proteins at pH 5.5 using pectic polysaccharides derived from potato tubers. *J. Dairy Sci.* 2019, 102, 8691–8695. [[Google Scholar](#)] [[CrossRef](#)] [[PubMed](#)]

