

ВИРОБНИЦТВО ПЕКТИНУ З ВТОРИННОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ

Пустошкіна В.О.

КПІ ім. Ігоря Сікорського, nilovavlada66@gmail.com

Abstract

This paper investigates the technological process of pectin production from secondary plant raw materials. Particular attention is paid to innovative methods of pectin extraction, such as ultrasonic, microwave, subcritical water extraction and the use of deep eutectic solvents. The presented results may be useful for improving existing and developing new technologies for processing plant biomass.

Keywords: *pectin, extraction, biomass processing, citrus peel, ultrasound-assisted extraction.*

Вступ. Пектин є одним із найважливіших природних полісахаридів, що широко застосовується в харчовій промисловості як загусник, стабілізатор та емульгатор. Завдяки своїм функціональним властивостям, він також знаходить застосування у фармацевтичній та косметичній галузях [1]. Його біосумісність, гелеутворювальні властивості, а також здатність модифікувати реологічні характеристики харчових продуктів роблять пектин цінною сировиною як для промислового виробництва, так і для розробки нових біополімерних матеріалів.

На сьогодні основними джерелами отримання пектину залишаються побічні продукти переробки фруктів – зокрема яблучні вичавки та шкірка цитрусових. Щороку в агропромисловому комплексі утворюються значні обсяги вторинної рослинної сировини, що часто не використовується належним чином і створює екологічне навантаження [1, 2]. Використання цих відходів як сировини для отримання пектину є ефективним прикладом реалізації принципів циркулярної економіки та стійкого виробництва. Такий підхід дозволяє не лише зменшити кількість відходів, а й створити додану вартість у вигляді екологічно чистого та функціонального продукту [3, 4].

Сучасні технології виробництва пектину базуються як на традиційних кислотних методах, так і на інноваційних підходах, таких як мікрохвильова, ультразвукова та ферментативна екстракція [3, 5]. Удосконалення технологічних процесів спрямоване на підвищення виходу продукту, покращення його фізико-хімічних властивостей та зменшення негативного впливу на навколишнє середовище [2, 4].

У цьому контексті особливої актуальності набуває дослідження ефективності різних методів екстракції пектину з вторинної рослинної сировини, аналіз їх переваг і недоліків, а також перспектив впровадження інноваційних рішень у промислове виробництво. Раціональна переробка біомаси з використанням сучасних технологій відкриває нові можливості для створення екологічно орієнтованих продуктів з високими функціональними властивостями.

Метою роботи є дослідження сучасних технологічних підходів до екстракції пектину з вторинної рослинної сировини, аналіз їх ефективності, екологічної безпечності та потенціалу для впровадження у промислове виробництво.

Матеріали та методи. У процесі дослідження було проаналізовано наукові літературні джерела, присвячені сучасним технологіям переробки рослинної сировини та виробництва пектину. Основну увагу приділено працям, що висвітлюють інноваційні методи екстракції пектинових речовин, їх очищення та сушіння [2]. Серед використаних джерел – сучасні публікації у міжнародних фахових журналах, що дозволили сформувавши актуальний опис етапів виробництва пектину та оцінити вплив основних параметрів процесу на якість кінцевого продукту.

Результати та обговорення. Аналіз літературних джерел дозволив визначити ключові чинники, що впливають на ефективність екстракції пектину: температуру, рН середовища, тривалість процесу та тип розчинника. Найбільш традиційним методом залишається кислотна екстракція, що використовує мінеральні кислоти при температурі 70–100 °С. Проте цей метод пов'язаний із високим споживанням енергії, агресивністю середовища та складністю утилізації відходів [1].

Серед сучасних альтернатив слід виділити ультразвукову екстракцію, яка покращує вихід пектину завдяки кавітаційному ефекту. У дослідженні [5] було доведено, що використання ультразвукової екстракції з виноградного жому з додаванням лимонної кислоти дозволяє досягти виходу пектину понад 25 %, а також покращити його гелеутворювальні властивості. У той час як у роботі [1] представлено порівняння традиційних і новітніх методів екстракції пектину з яблучних вичавок, де встановлено, що метод із використанням слабких кислот у поєднанні з м'яким сушінням дозволяє зберегти високий ступінь метоксилування та в'язкість, що є важливими технологічними показниками для подальшого використання пектину в харчовій промисловості. Ультразвукова екстракція також дозволяє зменшити час екстракції та температуру, що сприяє збереженню полімерної структури пектину [6].

Крім того, все більше уваги приділяється екстракції з використанням глибоких евтектичних розчинників, що є біорозкладними, нетоксичними та ефективними при низьких температурах. Як показано в дослідженні [2], екстракція пектину з *Averrhoa bilimbi* з використанням глибоких евтектичних розчинників забезпечила високий вихід продукту із збереженням його функціональних властивостей.

Ще одним перспективним напрямом є мікрохвильова екстракція, особливо у поєднанні з екологічно чистими розчинниками. Використання високого тиску CO₂ у воді дозволяє підвищити дифузію пектинових речовин та зменшити використання кислот [3].

Водночас, якість пектину, отриманого за різними технологіями, значно варіюється. Найважливішими параметрами є ступінь метоксилування, вміст галактуронової кислоти, в'язкість і здатність до утворення гелів. Ультразвукова та мікрохвильова екстракція пектину, за результатами численних досліджень, забезпечують збереження високого ступеня метоксилування (>60%) та низьку зольність, що є бажаними характеристиками для застосування у харчовій промисловості [6].

Отримані результати дозволяють стверджувати, що сучасні методи екстракції пектину поєднують високу ефективність, екологічну безпечність і гнучкість у застосуванні для різних типів сировини. Подальші дослідження мають бути спрямовані на розробку комбінованих технологій та масштабування процесів.

Висновки. Проведений аналіз показав, що технологія виробництва пектину з вторинної рослинної сировини має значний потенціал для удосконалення, оскільки вона дозволяє ефективно використовувати відходи агропромисловості та знижувати витрати на сировину. Сучасні методи екстракції, зокрема мікрохвильова, ультразвукова та з використанням глибоких евтектичних розчинників, забезпечують високий вихід продукту, зберігаючи його функціональні властивості.

Впровадження екологічно безпечних розчинників і м'яких умов сушіння дозволяє отримувати пектин високої якості з мінімальним впливом на навколишнє середовище. У перспективі важливим завданням є оптимізація виробничих процесів та розробка універсальних підходів для переробки різних видів рослинної сировини. Крім того, необхідно зосередити увагу на розвитку більш ефективних методів, що дозволять значно знизити витрати енергії та ресурсів, сприяючи тим самим сталому розвитку цієї галузі. Розширення застосування таких технологій відкриває нові можливості для виробництва пектину з мінімальним екологічним впливом. Розширення застосування таких технологій відкриває нові можливості для виробництва пектину з мінімальним екологічним впливом. Це, у свою чергу, може стати важливим кроком до зниження залежності від традиційних джерел сировини та сприяти розвитку "зеленої" економіки.

Список використаної літератури:

1. Mahmoud M. H., Abu-Salem F. M., Azab D. E.-S. H. A comparative study of pectin green extraction methods from apple waste: characterization and functional properties. *International journal of food science*. 2022. Vol. 2022. P. 1–9. URL: <https://doi.org/10.1155/2022/2865921>.
2. Optimization of microwave assisted extraction of pectin from orange peel / J. Prakash Maran et al. *Carbohydrate Polymers*. 2013. Vol. 97, no. 2. P. 703–709. URL: <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.05.052>.
3. Extraction of pectin from citrus waste: a review / P. C et al. *Foods*. 2022. Vol. 13, no. 3. 476. URL: <https://doi.org/10.3390/foods13030476>.
4. Eco-friendly extraction and physicochemical properties of pectin from jackfruit peel waste with subcritical water / W. Li et al. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2019. Vol. 99, no. 12. P. 5283–5292. URL: <https://doi.org/10.1002/jsfa.9729>.
5. Extraction of pectin from apple pomace / M. H. Canteri-Schemin et al. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 2005. Vol. 48, no. 2. P. 259–266. URL: <https://doi.org/10.1590/s1516-89132005000200013>.
6. Ultrasound assisted extraction and characterization of pectin from tomato waste / A. N. Grassino et al. *Food Chemistry*. 2016. Vol. 198. P. 93–100. URL: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.095>.