

УДК 621.031:664.292

ВИРОБНИЦТВО ПЕКТИНОВОГО КОНЦЕНТРАТУ З ВИКОРИСТАННЯМ УЛЬТРАЗВУКОВИХ КАВІТАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Луговський О.Ф.

Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут»

Берник І.М. к.т.н, доцент

Вінницький національний аграрний університет

На основе исследований процессов ультразвуковой кавитационной обработки яблочного сырья предложены схемы безотходного, экологически чистого и энергосберегающего производства. Установлены оптимальные режимы предложенных технологий и усовершенствовано их аппаратное оформление.

Based on research processes of ultrasonic cavitations processing of raw apple schemes proposed waste-free, environmentally friendly and energy-saving production. Optimal modes of the proposed technology and improved design of apparatus.

Вступ. Виробництво пектину є важливою невід'ємною складовою харчової, фармацевтичної та хімічної промисловості. При цьому техніка та технологія його виробництва, які повинні бути орієнтовані на екологічність та універсальність, розвинені недостатньо.

Актуальним питанням сьогодення є розробка і впровадження прогресивних технологій переробки та використання вторинних сировинних ресурсів за допомогою фізико-механічних способів обробки сировини [1–5]. Значний інтерес викликає використання механічних коливань ультразвукового діапазону [6, 7].

Дослідження використання ультразвукових кавітаційних технологій для гідролізу-екстрагування пектинових речовин з яблучних вичавок свідчать про доцільність їх використання, що забезпечує екологічну чистоту та безпечність процесу при збереженні високого виходу та якості цільового компоненту [8–11]. При цьому зміною параметрів ультразвукового поля можливо впливати на якісні показники отриманого пектину. Запропоновані принципово нові ультразвукові кавітаційні апарати представлені резонансними коливальними системами, забезпечують рівномірну обробку всього об'єму рідини в тонкому шарі за рахунок розвиненої кавітації та високого рівня інтенсивності ультразвуку [12–15].

Мета. Розробка технології виробництва пектинового концентрату та її машино-апаратного оформлення з використанням вискоефективних та екологічно чистих процесів та обладнання, що дозволяють реалізувати переваги використання ультразвуку для вилучення пектину з рослинної сировини, зокрема яблучних вичавок.

Технологічна схема виробництва пектинового концентрату. Вилучення пектинових речовин з сировини складається з двох взаємопов'язаних стадій: гідролізу протопектину та екстрагування пектину в розчин. Даний процес є визначальним для фізико-хімічних показників готового продукту.

Основними особливостями отримання пектинових речовин є ультразвукова обробка рослинного матеріалу у водному розчині. За основу фізико-механічного способу отримання пектину використано ідею використання морфологічних особливостей рослинних стінок сировини.

Видалення пектину пропонується проводити за рахунок створення неврівноваженого стану системи: продукт – зовнішнє середовище шляхом накладання ультразвукового поля. У результаті чого на матеріал ззовні чиниться фізико-механічна дія, яка більша межі міцності матриці (протопектину) та менше межі міцності армуючого каркаса (целюлозних волокон). Тобто відбувається механічне руйнування матриці, при цьому армуючий каркас залишається неушкодженим. Як наслідок, два компоненти легко розділяються у результаті порушення між ними хімічного зв'язку.

Тривалість процесу складає 45–60 хв. для яблучної сировини. При меншій тривалості не повністю проходить процес гідролізу-екстрагування, що підвищує втрати пектину, а при більшій тривалості погіршуються якісні показники отриманого пектину.

Інтенсивність ультразвукових коливань становить 5–10 Вт/см². При меншій величині параметру у рідині не спостерігається явища кавітації ($I < 0,5$ Вт/см²) чи її розвиненість недостатня для порушення рівноваги системи ($0,5 < I < 5$ Вт/см²) та, як наслідок, не відбувається гідроліз-екстрагування протопектину. При інтенсивності більше 10 Вт/см² спостерігається деструкція пектинової молекули та диспергування рослинного матеріалу. Тобто такий рівень фізико-механічної дії більше межі міцності целюлозних волокон яблучних вичавок.

Температура процесу складає 40–50 °С з тих причин, що при використанні температури вище 50 °С спостерігається інтенсивне утворення газових міхурів на межі розділу поверхні фаз, що призводить до зниження інтенсивності передачі ультразвуку (оптимальна ультразвукова дія відбувається при температурі ≤ 60 °С). При цьому необхідно враховувати також підвищення температури середовища за рахунок поглинання ультразвукової енергії. Температура нижче 40 °С сповільнює масообмінні процеси та, як наслідок, призводить до збільшення його тривалості загалом.

Технологічну схему виробництва пектинового концентрату на основі ультразвукових кавітаційних технологій наведено на рис. 1. Схему розроблено в результаті експериментальних досліджень та аналітичних розрахунків [8, 9].

Вилучення пектину з пектиновмісної сировини включає стадії подрібнення, промивання, набухання та пресування пектиновмісної сировини, диспергування-екстрагування, розділення твердої та рідкої фаз і концентрування.

Сухі яблучні вичавки розміром 1–2 мм, вологістю 8% промивають у воді при температурі 25–45 °С та гідромодулі 1:15 протягом 30 хв, після чого відділяють воду від промитої сировини та пресують до вмісту сухих речовин 12–14%. Підготовлену сировину змішують з водою у співвідношенні вичавок та води 1:10, підігривають до температури суміші 40–50 °С та подають в ультразвуковий кавітаційний апарат на стадію безперервного вилучення пектину з неї.

Диспергування протопектину та екстрагування водорозчинного пектину виконують в ультразвуковому полі при таких параметрах процесу: інтенсивність 5–10 Вт/см², тривалість 45–60 хв. Далі суміш надходить на розділення, тобто відділення екстракту від відпрацьованих вичавок. Відділений екстракт упарюють та фасують.

Перевагами запропонованої технології є: удосконалення способу отримання пектину та спрощення процесу за рахунок використання ультразвукової кавітаційної обробки сировини, відмова від використання кислот чи основ на стадії вилучення ключового компонента із сировини, екологічна чистота та безпечність при збереженні високого виходу та якості цільового компонента, можливість подальшого використання відпрацьованих вичавок для виробництва продуктів з підвищеним вмістом харчових волокон.

Для реалізації технології отримання пектинового концентрату розроблено машинно-апаратну схему (рис. 2). При цьому лінія складається зі стандартизованого обладнання хімічної та харчової промисловості.

Яблучні вичавки після набухання подаються у ємність 1 з перемішуючим пристроєм для промивання водою. Далі сировину відділяють від води на розподільному ситі 2 та відтискають на шнековому пресі 3. Відпресовані вичавки подають у збірник 4, де відбувається змішування з підігрітим екстрагентом лінії пом'якшеної води 5.

Суміш подають до ультразвукових кавітаційних апаратів 6, у яких безперервно здійснюється диспергування-екстрагування протопектину у водному середовищі. Доцільно використовувати декілька одночасно працюючих апаратів, що дозволяє отримати необхідну тривалість обробки, при циркуляції технологічного середовища, та забезпечити визначену продуктивність лінії. При варіюванні технологічних параметрів обробки, зокрема гідромодуля, можливо змінювати час за рахунок зміни кількості циклів обробки або швидкості руху в апараті.

Ультразвукові кавітаційні апарати при зміні параметрів кавітації можливо універсально використовувати для різної пектиновмісної рослинної сировини.

Розділення обробленої маси відбувається у шнековому стікачі 8 на тверду та рідку (пектиновий екстракт) фази. Відпрацьовані яблучні вичавки (тверда фаза) можливо використовувати для виробництва пектиновмісних продуктів та харчових волокон.

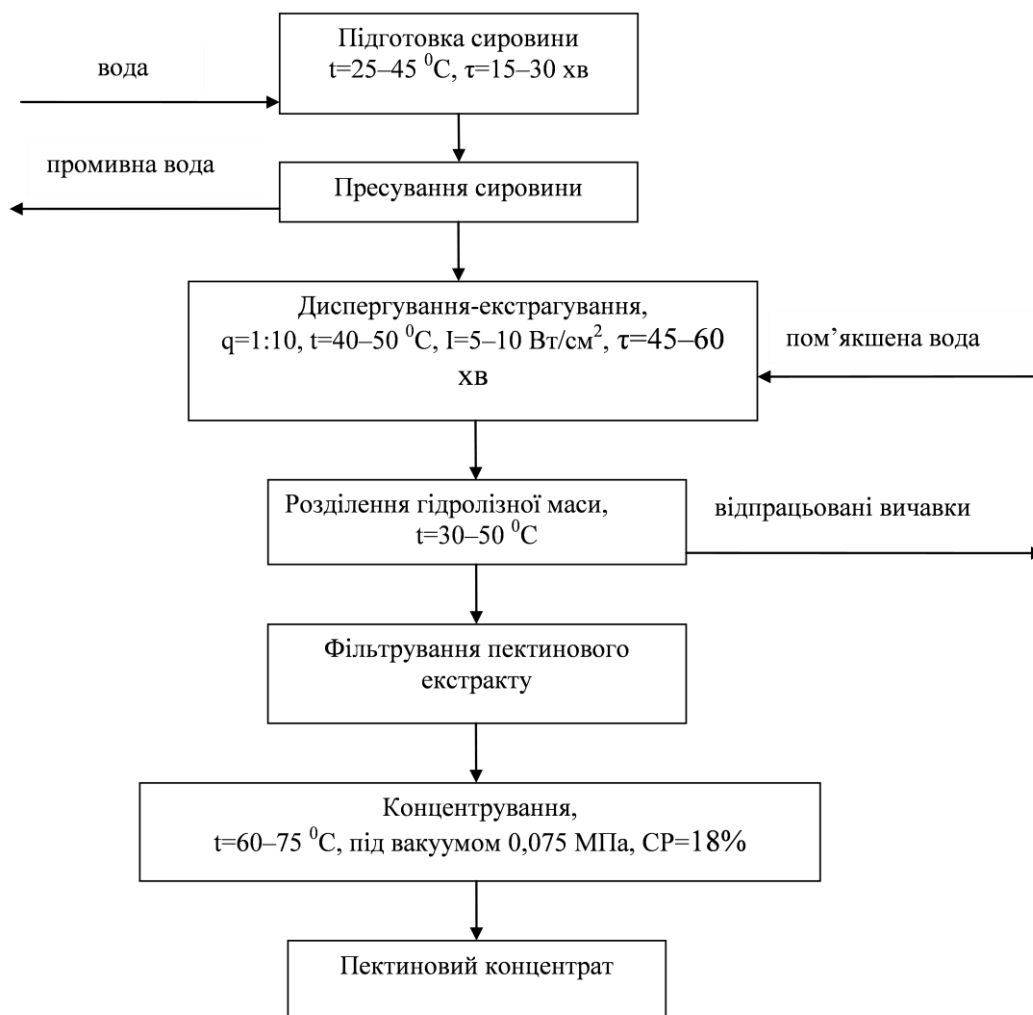


Рис. 1. Технологічна схема виробництва пектинового концентрату

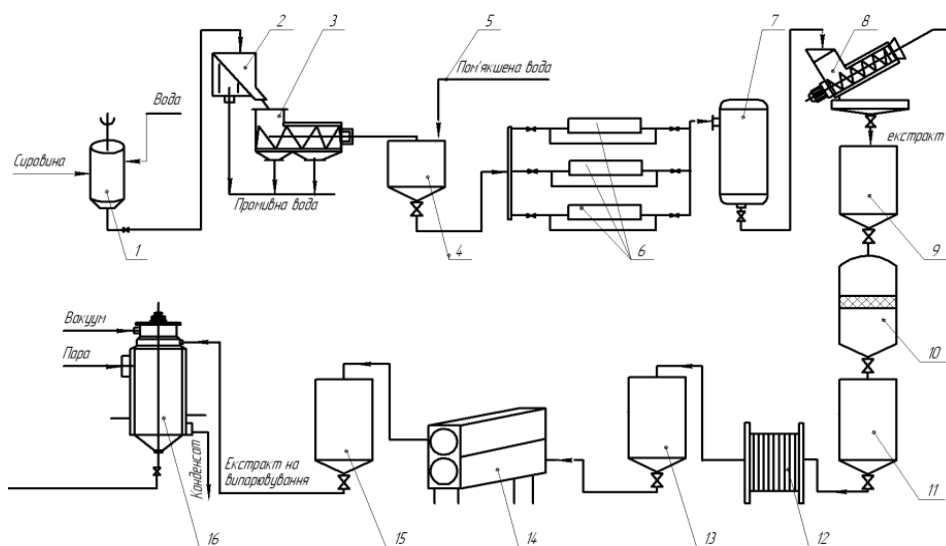


Рис. 2. Апаратурно-технологічна схема виробництва пектинового концентрату з рослинної сировини із застосуванням ультразвукової технології

1 – ємкість промивання сировини; 2 – розподільне сито; 3 – шнековий прес; 4, 7, 9, 11, 13, 15 – збірники; 5 – лінія пом'якшеної води; 6 – ультразвукові кавітаційні апарати; 8 – стікач; 10 – кізельгуровий фільтр; 12 – ультрафільтраційна установка; 14 – підігрівач-пастеризатор; 16 – вакуум-випарний апарат

Пектиновий екстракт збирають у ємність 9. Далі екстракт пектиновий рідкий очищують на кізельгуровому фільтрі 10 та ультрафільтраційній установці 12.

Очищений пектиновий екстракт підігрівають у підігрівачі-пастеризаторі 14 та концентрують у вакуум-випарному апараті 16. Після чого можливо його фасування і зберігання або подальша переробка з метою виробництва сухого пектиновмісного продукту.

Результати порівняльних експериментальних досліджень вилучення пектину з яблучних вичавок в ультразвуковому кавітаційному полі в екстракторі, до складу якого входить пристрій для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у закритому потоці, та з використанням класичної кислотної технології свідчать про те, що значення показника ступеню вилучення цільового компоненту майже однакові (таблиці).

Таблиця 1

Результати порівняльних досліджень

Показники	Традиційна технологія	Ультразвукова кавітаційна обробка, інтенсивністю, Вт/см ²		
		5	7	10
Екстрагент	фосфорна кислота	пом'якшена вода	пом'якшена вода	пом'якшена вода
Температура, °С	80	50	50	50
pH	1,8	5,8	5,8	5,8
Тривалість, хв.	120	60	45	45
Ступінь вилучення пектину, %	85	78	83	85
Ступінь етерифікації, %	65	72	68	65

При цьому тривалість процесу вилучення пектину в 2-2,6 рази менша та відбувається при “м'якому” режимі обробки, з використанням у якості екстрагенту пом'якшеної води.

Висновки.

1. Запропонована нова технологічна та машинно-апаратурна схеми з використанням

ультразвукових кавітаційних технологій на стадії гідролізу-екстрагування пектину та обладнання для її реалізації.

2. У порівнянні з класичною спиртово-кислотою технологією розроблена – має низку переваг: спрощення процесу, застосування екстрагенту пом'якшеної води, можливість подальшого використання відпрацьованих вичавок для виробництва харчових волокон, екологічна чистота та безпечність виробництва.

3. Використання розробленої технології забезпечує високий вихід та якість цільового компоненту.

Література

1. Луговський О.Ф. Використання фізичних полів для гідролізу-екстракції протопектину рослинної сировини / О. Ф. Луговський, І. М. Берник // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. – №3 (52). – С. 92–100
2. Богус А.М., Шаззо Р.И. Физические способы получения пектина. – Краснодар : Экоинвест. – 2003. – 127 с.
3. Аминов М.С., Сефиханов М.С. Установка для сверхкритической экстракции пектиновых веществ // Пищевая промышленность. – 2005. – №1. – С. 40-41.
4. Механический способ выделения пектиновых веществ / А.М. Богус, М.Ю. Яхутль, Е.П. Запорожец, Г.Н. Тлехурай // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1999. – №1. – С. 79-80.
5. Беззубов А.Д., Гарлинская Е.И., Фридман В.М. Ультразвук и его применение в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 196 с
6. Луговской А.Ф., Чухраев Н.В. Ультразвуковая кавитация в современных технологиях. - К.: Видавничо-поліграфічний центр "Київський університет", 2007.-244 с.
7. Берник И.Н. Гидролиз-экстракция пектиновых веществ растительного сырья с использованием механических колебаний // Вібрації в техніці та технологіях. – 2008. – №2 (51). – С. 90–93.
8. Берник І.М. Встановлення оптимальних параметрів технологічного процесу вилучення пектину з яблучних вичавок в ультразвуковому полі // Вестник Национального технического университета "ХПИ". Тематический выпуск "Химия, химическая технология и экология". – 2009. – №45. – С. 21–27.
9. Берник І. М. Особливості вилучення пектину в ультразвуковому кавітаційному полі та його властивості / І. М. Берник, О. Ф. Луговський, І.О. Крапивницька // Наукові праці Національного університету харчових технологій – 2010. – № 32. – С. 59–63.
10. Луговський О.Ф. Фізична модель ультразвукового кавітаційного вилучення пектину з вторинної рослинної сировини / О.Ф.Луговський, І. М. Берник // Вісник національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут» серія «Хімічна інженерія, екологія та ресурсозбереження». – 2010. – №1 (5) – С. 25-30. – Фахове видання
11. Патент 47866 Україна МПК А 23L 1/0524. Спосіб вилучення пектину з пектиновмісної сировини / Луговський О.Ф., Берник І.М., Крапивницька І.О. – № U 2009 09435; заявл. 14.09.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4/2010. – 3 с.
12. Берник І. М. Дослідження параметрів ультразвукового поля в технологічному процесі кавітаційного гідролізу-екстракції пектину / І. М. Берник, О.Ф. Луговський, А. В. Мовчанюк, А. В. Ляшок // Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія машинобудування. – 2009. – №57. – С. 82–87.
13. Луговський О.Ф. Ультразвукові кавітаційні апарати для реалізації екологічно безпечної технології вилучення пектину з вторинної рослинної сировини / О.Ф.Луговський, І. М. Берник //Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут». Серія Машинобудування. – 2010. – №58. – С. 82–86.
14. Патент 46956 Україна МПК С08В 37/06 та А23L 1/0524 / Установка для проведения гидролиз-экстрагування / О.Ф. Луговський, А.В. Мовчанюк, І.М. Берник, А.В. Ляшок. – №200907800; заявл. 24.07.2009; опубл. 11.01.2010, Бюл. № 1/2010.
15. Патент 47865 Україна МПК С 02F 1/36, А 61 L 2/02 та С 02F 1/48 / Пристрій для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у тонкому шарі в потоці / О.Ф. Луговський, А.В. Мовчанюк, І.М. Берник. – №200909432; заявл. 14.09.2009; опубл. 25.02.2010, Бюл. № 4/2010.