

ОСОБЛИВОСТІ ГІДРОЛІЗУ-ЕКСТРАГУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ПЕКТИНОВМІСНИХ ПАСТ

Ю.Г. Сухенко, доктор технічних наук
В.Ю. Сухенко, Ю.І. Бойко, кандидати технічних наук
В.М. Бородіна, аспірант*

Приведений аналітичний огляд способів інтенсифікації гідролізу-екстрагування рослинної сировини для виробництва пектиновмісних паст.

Пектин, протопектин, гідроліз, екстрагування, екстрактор.

Постановка проблеми. Гідроліз - екстрагування рослинної сировини – найскладніші процеси, які застосовуються у виробництвах пектиновмісних паст. Разом з тим у вітчизняних літературних джерелах дуже обмежені відомості з дослідження способів інтенсифікації процесів гідролізу рослинної сировини та екстрагування з неї якісних пектинів, а тому ці аспекти технології потребують уточнення.

Аналіз останніх досліджень. Пектини в харчовій промисловості використовуються в якості гелеутворювачів та загусників. Це біополімери, що входять до складу клітинних стінок, міжклітинних тканин, цитоплазми рослинних клітин і складають близько 52% клітинної маси. Великим споживчим попитом користуються пектини виготовлені з яблук, цитрусових, моркви, дині та цукрового буряку. За більш ніж 200-річний період з дня їх відкриття дієтологи то заперечують обов'язковість їх вживання, розглядаючи їх як харчовий баласт, то вводять їх як обов'язкову та дуже корисну харчову добавку, відому під кодом як Е-440. Така невизначеність сприяла призупиненню, а в деяких випадках і повному припиненню досліджень цієї харчової добавки та закриттю підприємств з виробництва пектинів на довгі роки.

Світове виробництво пектинів на сьогоднішній день складає приблизно 80 тис. тон з щорічним збільшенням на 1-2 тис. тонн. Найбільшими виробниками пектину є фірми "Hercules Inc." (США), "Herbstreith und Fox KG" (Германія), "Grill & Grossman" (Австрія), "Kopenhagen pectin fabric" (Данія), "Pectowin" (Польща) [1]. Наша країна значно відстає у виготовленні пектинів з рослинної сировини, якої виробляється в аграрному секторі в достатній кількості.

*Науковий керівник – доктор технічних наук Ю.Г. Сухенко

Мета досліджень – дослідити особливості процесів гідролізу-екстрагування рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст і намітити шляхи їх інтенсифікації скорочення терміну проходження процесів і збільшення вмісту пектинів у пастах та покращення якості продуктів.

Результати досліджень. Гідроліз та екстрагування рослинної сировини є взаємопов'язаними і взаємодоповнюючими процесами для вилучення пектинових речовин з рослинних клітин.

Пектинові речовини являють собою складні полісахариди, які складаються із залишків – галактуронових кислот, зв'язаних 1,4-зв'язками. Пектини знаходяться в рослинній сировині у двох видах - розчинному (пектин) і не розчинному (протопектин).

Гідроліз рослинної сировини є одним з обов'язкових процесів при перетворенні протопектину у пектин. Гідроліз (з грец. розпад) – реакція іонного обміну між різними речовинами і водою. Всі існуючі методи вилучення пектину з рослинної сировини полягають в забезпеченні дії на рослинну сировину екстрагуючої речовини для переведення в розчин якомога більшої кількості пектину. Гідроліз рослинної сировини проводять органічними і неорганічними кислотами та лугами, або ферментами. Для кожного окремого випадку вибирається гідролізуючий агент і умови гідролізу: концентрація реагентів, час, температура, гідромодуль процесу.

Гідроліз - екстрагування пектину з рослинної сировини може бути приведений хімічним, мікробіологічними і фізичним способами (рис. 1). При виробництві пектиновмісних паст найбільшого розповсюдження набув гідроліз з використанням органічних і неорганічних кислот. При обробленні рослинної сировини кислотою можна виділити 3 гідролітичні процеси: гідроліз солей (пектинатів); гідроліз складних ефірних зв'язків (деетирифікація); та гідроліз глікозидних зв'язків (деполімеризація). Останні 2 способи призводять до значного погіршення якості продукту. А тому доцільніше застосувати якраз «м'які» умови виділення пектинових речовин.

Гідроліз рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст проходить за підвищених температур (80-100°C) в кислому середовищі з рН 1,2...2,0 при тривалості процесу від 1 до 3 год. [4].

В пектиновому виробництві для більш повного вилучення пектину з прогідролізованої пектиновмісної маси застосовують екстрагування в системі тверде тіло-рідина. Екстрагуванням проводять за допомогою розчинника вибіркової дії. Під вибірковою розчинністю розуміється здатність рідини розчинити тільки той компонент, який необхідно вилучити. Процес екстрагування пектинових речовин з рослинної тканини складається з двох частин:

гідролізу протопектину і молекулярної дифузії розчинного пектину з частинки сировини в екстрагент. На ефективність екстрагування впливає спосіб підготовки сировини-подрібнення, зволоження, термохімічні та інші види обробки, що покращують дифузійні і механічні властивості твердого матеріалу. Екстрагування здійснюється в спеціальних апаратах - екстракторах .

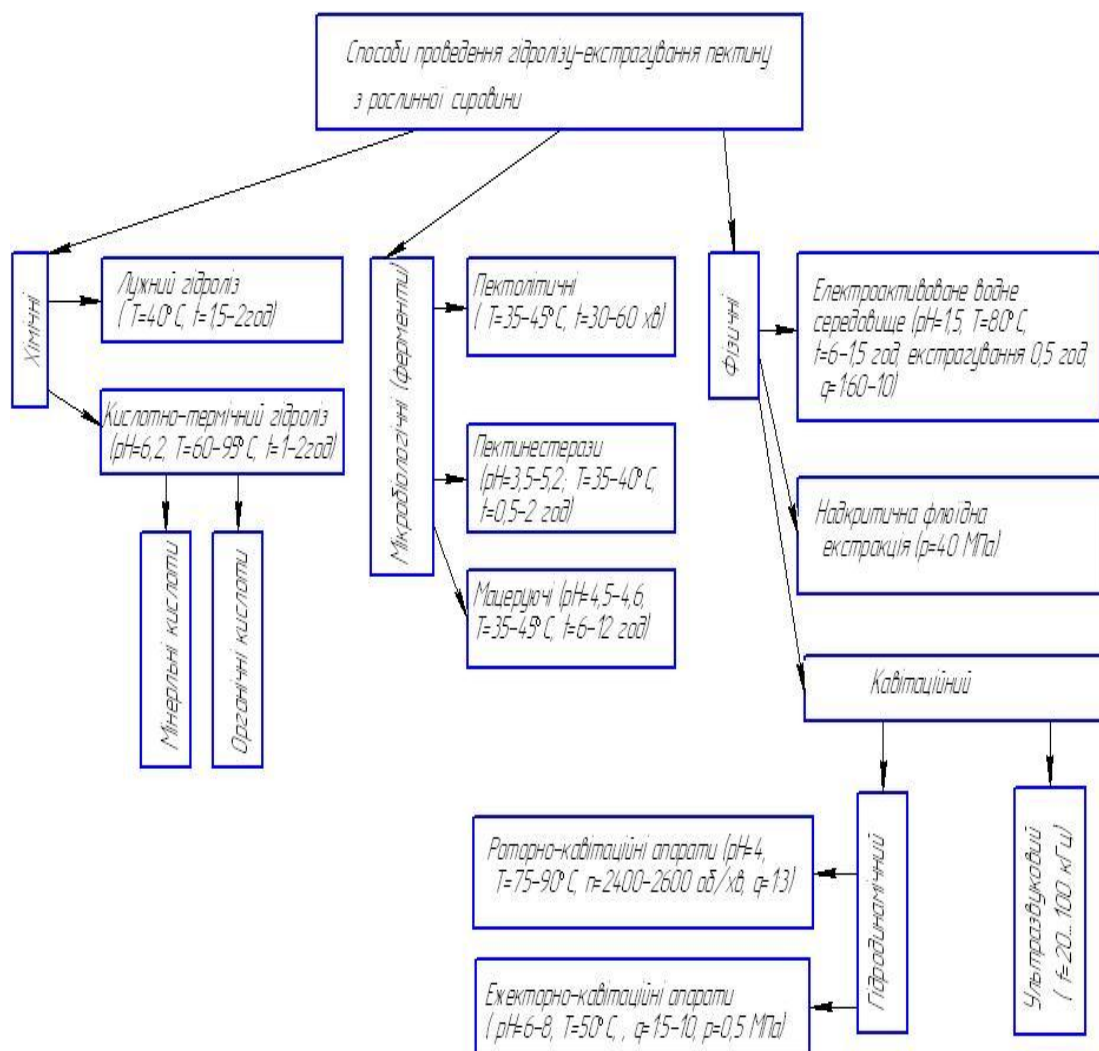


Рис. 1. Класифікація способів проведення гідролізу-екстрагування рослинної сировини [2-6].

Процес екстрагування пектинових речовин з рослинних тканин проходить за кінетичним рівнянням першого порядку. Основне рівняння кінетики, що застосовується для опису гідролізу подається у наступному вигляді [7].

$$\frac{dx}{dt} = k(a - x), \quad (1)$$

де x – кількість речовини, що прореагувала до заданого моменту часу; a – вихідна кількість речовини; t – час гідролізу; k – константа швидкості реакції.

Після інтегрування і потенціювання завершальне рівняння буде мати такий вигляд

$$x = a(1 - e^{-kt}), \quad (2)$$

Константа швидкості реакції визначається з формули:

$$k = \frac{1}{t} \ln \frac{a}{a-x}, \quad (3)$$

З останнього рівняння (3) виходить, що величина k має розмірність зворотну до часу t , отже числове її значення залежить від вибору одиниці часу (од. часу⁻¹).

Екстрагування пектинових речовин відбувається одночасно з гідролізом завдяки наявності в сировині розчинного пектину, а згодом за рахунок утворення нових порцій розчинного пектину по мірі його накопичення в ході гідролізу. Неодмінною умовою при проведенні гідролізу протопектину для максимального вилучення пектину є дотримання того, щоб максимальна молекулярна маса утвореного пектину дозволяла йому дифундувати з рослинної міжклітинної тканини та стінки.

За першим законом Фіка [8]:

$$dM = -D \cdot \frac{dc}{dn} \cdot df \cdot dt, \quad (4)$$

де dM – кількість продифундованої речовини;

D – коефіцієнт пропорційності, або коефіцієнт молекулярної дифузії;

$\frac{dc}{dn}$ – градієнт концентрації в напрямку дифузії;

df – елементарна площа, через яку відбувається дифузія;

dt – тривалість дифузії;

D – коефіцієнт пропорційності, або коефіцієнт молекулярної дифузії.

Таким чином, згідно з першим законом Фіка, кількість речовини, яка переноситься молекулярною дифузією, пропорційна градієнту концентрацій, площі, перпендикулярної напрямку дифузійного потоку і часу. Знак мінус у правій частині рівняння (4) вказує на те, що при молекулярній дифузії в напрямку переміщення речовини концентрація зменшується. Відповідно до рівняння (4)

$$D = \frac{M \cdot n}{c \cdot f \cdot \tau}, \quad (5)$$

тобто коефіцієнт дифузії показує, яка кількість речовини дифундує в одиницю часу через одиницю поверхні при градієнті концентрацій, рівному одиниці. Він є фізичною константою, що характеризує здатність даної речовини проникати внаслідок дифузії в нерухливе середовище, і не залежить від гідродинамічних умов, у яких протікає

процес. Величина коефіцієнта молекулярної дифузії залежить від властивостей речовини, що розподіляється, властивостей середовища, через яке воно дифундує, температури й тиску. З ростом температури він збільшується, а з підвищенням тиску – зменшується. У кожному конкретному випадку значення D визначають за досвідченими даними або по теоретичних і напівемпіричних рівняннях з урахуванням температури й тиску. Чисельні значення коефіцієнтів молекулярної дифузії можна одержати з довідкової літератури.

Отже, на ефективність процесу гідролізу-екстрагування рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст впливають такі чинники: вид розчинника; ступінь подрібнення сировини; величина тиску при якому проходить процес; тривалість екстрагування; температура екстрагенту.

Розглянемо необхідні і достатні умови для реалізації процесу і отримання якісних пектиновмісних паст.

Підбір розчинника. Правильно вибраний розчинник повинен забезпечувати максимальну швидкість розчинення пектину, бути чистим і однорідним, щоб не псувати отримуваний продукт, мати якомога нижчу температуру кипіння, не залишати запахів у продукті, не спричиняти корозію обладнання, бути дешевим.

Ступінь подрібнення. Подрібнення продукту призводить до збільшення поверхні його контакту з екстрагентом, а тому дисперсність подрібненої сировини має бути якомога більшою.

Температура ведення процесу. Підвищення температури збільшує швидкість внутрішньої дифузії, що прискорює весь процес екстрагування. Разом з тим висока температура вище 70°C може призвести до деструкції пектину і до руйнування вітамінної складової пектинових паст, а тому процес доцільно вести під вакуумом.

Величина тиску. З підвищенням тиску екстрагування прискорюється, але процес упарювання паст сповільнюється, а температура середовища збільшується, що може призвести до деструкції вітамінів у пастах.

Кількість розчинника. Збільшення кількості розчинника призводить до більш повного екстрагування пектинів. Однак кількість розчинника має бути оптимальною, щоб забезпечити повноту процесу і в той же час не спонукати екстрагування з сировини шкідливих домішок. Збільшення кількості розчинника призводить до збільшення енергетичних затрат на упарювання паст.

Тривалість екстрагування. З її зростанням підвищується рівень вилучення розчинних компонентів сировини, але зменшується продуктивність екстракторів. Судячи з наявної у літературних джерелах інформації раціональними умовами проходження процесів

гідролізу-екстрагування рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст можна вважати наступні:

1. Дотримання раціональної температури при гідролізі сировини: $T_{\text{гидр.}} < 80^{\circ}\text{C}$ – студнеутворююча здатність пасти незначна. $T_{\text{гидр.}} > 85^{\circ}\text{C}$ – відбувається деструкція пектину і зменшення студнеутворюючої здатності пасти. $T_{\text{гидр.}}=80-85^{\circ}\text{C}$ – паста виходить з високою студнеутворюючою здатністю і великим вмістом пектину.

2. Забезпечення найбільш повного вилучення пектинів із сировини і досягнення найкращої якості пектинових паст відбувається при тривалості проходження гідролізу - екстрагування протягом 60-65 хвилин.

3. При співвідношенні сухої фази до розчинника (гідромодулі $\text{ГМ} < 15$) не досягається повне вилучення пектину. При високих ГМ не забезпечується належна якість пектину. При низькому гідромодулі $\text{ГМ} = 12$ пектиновмісна паста густа і погано розливається у тару. При високому гідромодулі $\text{ГМ} = 18 \dots 20$ – паста рідка і погано уварюється з цукровим сиропом. Таким чином раціональним гідромодулем можна вважати $\text{ГМ} = 15-17$.

Застосування вакууму в процесі гідролізу-екстрагування дозволяє більш повно і швидше провести процес вилучення пектину і отримувати екстракт з високим вмістом сухих речовин і низьким рН, крім того забезпечується повне збереження вітамінів, притаманних рослинній сировині.

Для підвищення якості пектиновмісних паст за рахунок більш повного екстрагування пектину з сировини набуває розповсюдження інтенсифікація гідролізу-екстрагування в полі ультразвукових коливань і гідродинамічної кавітації[6]. Об'ємна кавітаційна обробка сировини дозволяє прискорити процес гідролізу-екстрагування, збільшити відсоток перетворення протопектинів в пектини, скоротити час обробки, зменшити тривалість гідролізу та гідромодуль процесу, що скорочує енергетичні витрати на упарювання продукту.

Висновок. Для інтенсифікації процесу гідролізу - екстрагування рослинної сировини при виробництві пектиновмісних паст доцільно застосовувати вакуумні технології, належну підготовку сировини і екстрагенту, здійснювати процес при оптимальній температурі і гідромодулі з використанням фізичних методів обробки реагуючої суміші.

Список літератури

1. М.Н. Дадашев. Перспективы производства и применения пектиновых веществ / Дадашев М.Н., Вагидов Я.М., Шихнебиев Д.А. // Хранение и переработка сельхозсырья. – 2009. – №9. – С. 46–49.
2. Шелухина Н.П. Научные основы технологии пектина / Н.П. Шелухина // АН Кирг.ССР, Ин-т орган. химии. – Фрунзе: Илим, 1988. –167 с.

3. Пат. 73471 Україна, 7 С08В37/06, А23L1/0524. Спосіб одержання розділених на фракції пектинових продуктів / *Джой Доналд, US, Лужіо Гарі, US, Содерберг Йорген.* – 2000095566; Заявл. 29.11.1999; Опубл. 15.08.2005, Бюл.№8. – 28 с.
4. Пат. 19137 Україна, МПК С08В 37/06 (2006.01). Лінія виробництва пектинового екстракту / *Крапивницька І.О., Хачко В.І., Воїнова С.М., Омельчук Є.О., Федькін А.С.* – u200602565 ; Заявл. 09.03.2006 ; Опубл. 15.12.2006, Бюл. №12. – 4 с.
5. Пат. 30979 Україна, 6 С08В37/06. Установа для проведення гідролізу-екстрагування / *Крапивницька І. О., Гулий І. С., Мотченко О. П., Кушнір О.В.* – 98063344; Заявл. 26.06.1998 ; Опубл.15.12.2000, Бюл. № 7. – 3 с.
6. Пат. 47865 Україна, МПК(2009) С02F 1/36(2009.01), С 02F 1/48, А 61L 2/02. Пристрій для ультразвукової кавітаційної обробки рідинних середовищ у тонкому шарі в потоці / *Луговський О.Ф., Мовчанюк А.В., Берник І.М.* – u200909432 ; Заявл.14.09.2009 ; Опубл. 25.02.2010, Бюл.№4. – 6 с.
7. *Стабников В.Н.* Процессы и аппараты пищевых производств / *Стабников В.Н., Лысянский В.М., Попов В.Д.* – М.: Агропромиздат, 1985. – 503 с.
8. *Ткачов В.О.* Конспект лекцій дисципліни «Масопередача» (для студентів 3-4 курсів денної і заочної форм навчання напрямів 0926 – “Водні ресурси”, 6.060103 – “Гідротехніка (Водні ресурси) ” спеціальності 6.092600 – “Водопостачання та водовідведення) / *В.О. Ткачов, І.М. Чуб.* – Х.: ХНАМГ, 2010. – 83 с.

Приведенный аналитический обзор способов интенсификации гидролиза-экстрагирования растительного сырья для производства пектиносодержащих паст.

Пектин, протопектин, гидролиз, экстрагирования, экстрактор.

The resulted analytical review way intensification of hydrolysis-extraction of plant material to produce pastes containing pectin.

Pectin, protopektyn, hydrolysis, extraction, extractor.

УДК 621.752 (031)

АНАЛІЗ ТА ОПТИМІЗАЦІЯ РЕЖИМІВ РУХУ ЗЕРНОВОЇ ЧАСТИНКИ ВПОДОВЖ ВІБРЮЮЧОГО ПОХИЛОГО РЕШЕТА

***В.С. Ловейкін, доктор технічних наук
Ю.В. Човнюк, кандидат технічних наук
В.П. Кулик, здобувач****

*Науковий керівник – доктор технічних наук В.С. Ловейкін

© В.С. Ловейкін, Ю.В. Човнюк, В.П. Кулик, 2012