

УДК 664.661.12.021.3

Білонога Ю.Л., Драчук У.Р.

**ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ЕКСТРАГУВАННЯ РОНІДАЗИ
ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ ПОВЕРХНЕВО-АКТИВНИХ РЕЧОВИН (ПАР)**

В останні роки росте попит на новітні технологічні схеми, реалізація яких дозволяє отримувати якісні, цінні, природні засоби лікування, збільшення виходу таких продуктів при виробництві і введення ресурсозберігаючих процесів. Для раціонального використання сировинних і енергетичних ресурсів необхідно передбачати технологічні і режимні параметри різних процесів, які впливають на вартість готової продукції. При удосконаленні технологічних схем виробництва велика увага приділяється збереженню енергоресурсів, оскільки цей показник є важливим при формуванні ціни продукту.

Виробництво органопрепаратів базується на екстрагуванні відповідних субстанцій. Процес екстрагування органопрепаратів належить до дифузійних процесів, які проходять в системі тверде тіло-рідина. Швидкість проходження процесу у такій системі залежить від молекулярного переходу цільового компонента з поверхні твердого тіла в рідину (розчин екстрагенту), а саме процесу масовіддачі.

Перспективними методами інтенсифікації масообмінних процесів, які використовуються у сучасних технологічних схемах народного господарства, є зміни гідродинамічних показників розчинів екстрагентів. У роботах [1,2] такі задачі були вирішені при додаванні до промислових розчинів відповідних ПАР.

Ронідаза – білковий препарат із сім'яників статево-зрілих тварин ВРХ, який має гіалуранідазну активність. Ронідазу екстрагують 0,9 % розчином натрію хлориду, який містить 0,25 % хлороформу [3]. Для зменшення коефіцієнта поверхневого натягу та коефіцієнта динамічної в'язкості розчину, а також кута змочування розчином сировини, в екстрагент додавали пропанол і бутанол. Оптимальну кількість спиртів, які є ПАР до промислового розчину екстрагента, встановили експериментально, додаючи до 10мл екстрагенту від 0,1 до 1мл пропанолу, бутанолу. Коефіцієнт поверхневого натягу кожної суміші визначали методом Ребіндера. Мінімум коефіцієнта поверхневого натягу встановили при додаванні 0,5% бутанолу до промислового розчину (рис. 1).

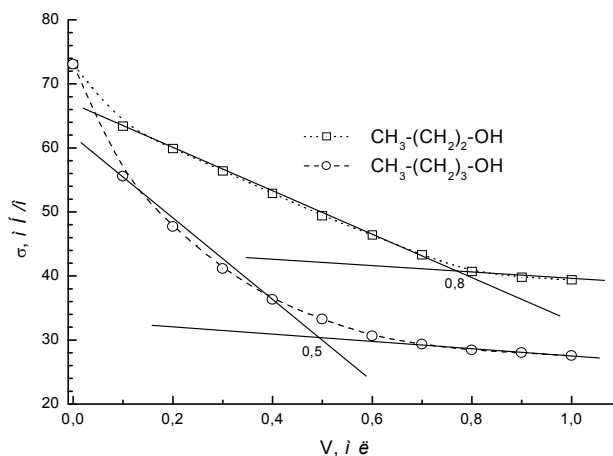


Рисунок 1 – Зміна коефіцієнта поверхневого натягу екстрагента при застосуванні в якості ПАР деяких одноатомних спиртів

Порахуємо середню товщину приповерхневого Л шару, що виникає навколо подрібненої частинки сім'яників (сировини) при екстрагуванні промисловим розчином (0,9 % розчин натрію хлориду з 0,25 % хлороформу) і запропонованим нами (промисловий розчин з 5 % бутанолу). Для розрахунку середньої товщини приповерхневого Л шару використаємо показники фізичних величин розчинів екстрагентів і сировини. Зміну таких величин показано у таблиці 1.

Середню товщину ламінарного Л шару за екстрагування промисловим розчином визначили за формулою, що запропонована у роботі [4]. Числові значення для розрахунку наведені у таблиці 1:

$$\delta = \frac{\sqrt{9,42 \cdot \cos \theta \cdot \sigma}}{K_{T(II)}^{\text{II}}} = 4,8, \text{ мм}, \quad (1)$$

де $K_{T(II)}^{\text{II}} = \frac{0,152(\psi \cdot Ar)^{0,715}}{2} = \frac{0,152(0,77 \cdot 181)^{0,715}}{2} = 2,593$ – коефіцієнт турбулізації для перехідного режиму осадження.

Таблиця 1 – Зміна фізико-хімічних характеристик розчинів екстрагентів

Характеристики	Промисловий розчин	Запропонований розчин
Густина сировини	$\rho_ч = 1368 \text{ кг/м}^3$	$\rho_ч = 1368 \text{ кг/м}^3$
Густина розчину (екстрагента)	$\rho_c = 980 \text{ кг/м}^3$	$\rho_c = 968 \text{ кг/м}^3$
Коефіцієнт поверхневого натягу	$\sigma = 0,07305 \text{ Н/м}$	$\sigma = 0,02843 \text{ Н/м}$
Коефіцієнт динамічної в'язкості	$\mu = 0,00194 \text{ Па} \cdot \text{с}$	$\mu = 0,00078 \text{ Па} \cdot \text{с}$
Коефіцієнт форми частинки	$\Psi = 0,77$	$\Psi = 0,77$
Гідрофільність частинки	$\cos \theta = 0,88$	$\cos \theta = 0,98$

За аналогічною методикою визначили середню товщину приповерхневого Л шару із запропонованим розчином з додаванням 0,5 % бутанолу до промислового екстрагента:

$$\delta = \frac{\sqrt{9,42 \cdot \cos \theta \cdot \sigma}}{K_{T(II)}^{\text{II}}} = 0,807, \text{ мм}. \quad (2)$$

Середні товщини приповерхневих Л шарів за екстрагування промисловим та запропонованим розчинами співвідносяться так: $\frac{\delta_n}{\delta_s} = \frac{4,8}{0,807} = 5,9$.

Важливим кроком виробництва ронідази є екстрагування її субстанції з подрібненої сировини (сім'яників забійних тварин). Цей процес потребує досить великих енерговитрат, тому що екстрагування проводиться за постійного перемішування. Для зменшення потужності перемішуючих пристроїв можна провести екстрагування в умовах псевдозрідженого шару [5,6].

Екстрагування в умовах псевдозрідженого шару можна забезпечити при використанні відцентрового екстрактора [8]. Важливим параметром при застосуванні цього апарату є кутова швидкість обертання мацераційного бака екстрактора. В даному випадку це параметр оптимізації.

Розрахуємо оптимальну кутову швидкість обертання барабана відцентрового екстрактора за використання промислового розчину згідно методики [7].

1. Критерій оптимізації за відцентрового екстрагування:

$$B_{\text{ц}} = 3,076 \sqrt{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 \cdot \omega^2 \cdot r(\rho_ч - \rho_c)}} = 3,076 \sqrt{\frac{(0,07305 \cdot 0,88)^3 \cdot 980^2}{0,00194^4 \cdot \omega^2 \cdot 0,2(1368 - 980)}} = \frac{240}{\omega^{0,33}}. \quad (3)$$

2. Оптимальне значення критерію Рейнольдса:

$$\text{Re}_{\text{опт}} = 2 \cdot B_{\text{ц}} = 2 \cdot \frac{240}{\omega^{0,33}} = \frac{480}{\omega^{0,33}}. \quad (4)$$

3. Модифікований критерій Архімеда:

$$Ar_m = \frac{\omega^2 \cdot r \cdot d^3 (\rho_q - \rho_c) \cdot \rho_c}{\mu^2} = \frac{\omega^2 \cdot 0,2 \cdot (10^{-3})^3 (1368 - 980) \cdot 980}{0,00194^2} = 20,2\omega^2. \quad (5)$$

4. Робоче значення критерію Рейнольдса:

$$Re_n = 0,152(\psi Ar_m)^{0,715} = 0,152(0,77 \cdot 20,2\omega^2)^{0,715} = 1,08\omega^{1,43}. \quad (6)$$

5. Оптимальна кутова швидкість обертання барабана відцентрового екстрактора:

$$1,08\omega^{1,43} = \frac{480}{\omega^{0,33}}, \omega = 31,9c^{-1}. \quad (7)$$

Оптимальна кутова швидкість обертання барабана відцентрового екстрактора із застосуванням запропонованого розчину з додаванням ПАР.

1. Критерій оптимізації:

$$B_{ц} = 3,076 \sqrt[6]{\frac{(\sigma \cdot \cos\theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 \cdot \omega^2 \cdot r (\rho_q - \rho_c)}} = 3,076 \sqrt[6]{\frac{(0,02843 \cdot 0,88)^3 \cdot 968^2}{0,00078^4 \cdot \omega^2 \cdot 0,2 (1368 - 968)}} = \frac{470}{\omega^{0,33}}. \quad (8)$$

2. Оптимальне значення критерію Рейнольдса:

$$Re_{опт} = 2 \cdot B_{ц} = 2 \cdot \frac{470}{\omega^2} = \frac{940}{\omega^2}. \quad (9)$$

3. Критерій Архімеда модифікований:

$$Ar_m = \frac{\omega^2 \cdot r \cdot d^3 (\rho_q - \rho_c) \cdot \rho_c}{\mu^2} = \frac{\omega^2 \cdot 0,2 \cdot (10^{-3})^3 (1368 - 968) \cdot 968}{0,00078^2} = 127\omega^2. \quad (10)$$

4. Робоче значення критерію Рейнольдса:

$$Re_n = 0,152(\psi Ar_m)^{0,715} = 0,152(0,77 \cdot 127\omega^2)^{0,715} = 4\omega^{1,43}. \quad (11)$$

5. Оптимальна кутова швидкість обертання барабана відцентрового екстрактора:

$$4\omega^{1,43} = \frac{940}{\omega^{0,33}}, \omega = 22,5c^{-1}. \quad (12)$$

Порівняємо маси екстрактів, що виходять із частинок сировини за відцентрового екстрагування в умовах псевдозрідженого шару з базовим і запропонованим розчином. Для порівняння використаємо співвідношення [8]:

$$Re_n = 1,08 \cdot 31,9^{1,43} = 152, \quad Re_s = 4 \cdot 22,5^{1,43} = 343,$$

$$\frac{M_3}{M_{np}} = \frac{Re_3^{0,5} \cdot d^2}{Re_{np}^{0,5} \cdot d^2} \left(\frac{Re_3}{Re_{np}} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = \frac{343^{0,5}}{152^{0,5}} \left(\frac{343}{152} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = 1,9$$

Це означає, що запропонований нами розчин має майже у два рази кращі екстрагуючі властивості.

Значний вплив на гідродинаміку проходження дифузійного процесу в приповерхневій області окремої частинки сировини має величина середнього діаметра подрібнення сировини. За зменшення середнього діаметра подрібненої сировини зростає загальна площа фактичного контакту твердої частинки і екстрагента, що позитивно впливає на інтенсивність виходу екстракту (загальна площа фактичного контакту обернено пропорційна до величини середнього діаметра подрібненої сировини). З іншого боку, за збільшення величини середнього діаметра подрібненої сировини зростають критерії Рейнольдса, Архімеда і швидкість омивання екстрагентом поверхні кожної частинки. Цей факт сприяє інтенсифікації виходу екстракту в турбулізований екстрагент [9] і дозволяє вирішити одну з головних задач оптимізації процесу екстрагування в системі тверде тіло рідина.

За дуже дрібного подрібнення сировини органічного походження утворюється маса порошкоподібної консистенції, а це може зашкодити рівномірному перемішуванню частинок сировини і екстрагента. Наслідком такого дрібного діаметра частинок сировини буде зменшення швидкості процесу [10].

Методику оптимізації процесу подрібнення сировини подано у роботі [9].

Визначаємо оптимальні параметри подрібнення сім'яників забійних тварин для максимальної інтенсивності процесу екстрагування ронідази за використання гравітаційного екстрактора. Фізичні характеристики промислового та запропонованого розчинів наведені в таблиці 1.

Екстрагування промисловим розчином.

1. Критерій оптимізації при гравітаційному екстрагуванні:

$$B = 3,076 \sqrt[3]{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 g (\rho_q - \rho_c)}} = 3,076 \sqrt[3]{\frac{(0,07305 \cdot 0,88)^3 \cdot 980^2}{0,00194^4 \cdot 9,8(1368 - 980)}} = 125. \quad (13)$$

2. Оптимальне значення критерію Рейнольдса : $Re_{opt} = 2 \cdot B = 250$.

3. Оптимальне значення критерію Архімеда для перехідного режиму осадження:

$$\psi Ar_{opt} = \left(\frac{Re_{opt}}{0,152} \right)^{1,4}, \quad Ar_{opt} = 41308. \quad (14)$$

4. Оптимальна товщина при поверхневого Л шару :

$$\delta_{opt} = \sqrt[3]{\frac{\mu^2}{g (\rho_q - \rho_c) \rho_c}} = \sqrt[3]{\frac{0,00194^2}{9,8(1368 - 980)980}} = 0,1, \text{ мм.} \quad (15)$$

5. Оптимальний діаметр подрібнення сім'яників:

$$\frac{d_{opt}}{d_{opt}} = \sqrt[3]{Ar_{opt}} = 34,56, \quad (16)$$

$$d_{opt} = 0,1 \cdot 34,56 = 3,44 \text{ мм.}$$

Екстрагування запропонованим розчином.

1. Критерій оптимізації при гравітаційній екстракції:

$$B = 3,076 \sqrt[3]{\frac{(\sigma \cdot \cos \theta)^3 \cdot \rho_c^2}{\mu^4 g (\rho_q - \rho_c)}} = 3,076 \sqrt[3]{\frac{(0,02483 \cdot 0,88)^3 \cdot 968^2}{0,00078^4 \cdot 9,8(1368 - 968)}} = 133. \quad (17)$$

2. Оптимальне значення критерію Рейнольдса: $Re_{onm} = 2 \cdot B = 266$.
3. Оптимальне значення критерію Архімеда для перехідного режиму осадження:

$$\psi Ar_{onm} = \left(\frac{Re_{onm}}{0,152} \right)^{1,4}, \quad Ar_{onm} = 45057. \quad (18)$$

4. Оптимальна товщина приповерхневого Л шару:

$$\delta_{onm} = \sqrt[3]{\frac{\mu^2}{g (\rho_q - \rho_c) \rho_c}} = \sqrt[3]{\frac{0,00078^2}{9,8(1368 - 968)968}} = 0,025 \text{ мм}. \quad (19)$$

5. Оптимальний діаметр подрібнення сім'яників:

$$\frac{d_{onm}}{d_{onm}} = \sqrt[3]{Ar_{onm}} = 35,58, \\ d_{onm} = 0,025 \cdot 35,58 = 0,88 \approx 1 \text{ мм}. \quad (20)$$

Порівняємо маси виходу екстрактів при застосуванні запропонованого і промислового розчинів та оптимізованих середніх параметрів подрібнення [8]:

$$\frac{M_3}{M_{np}} = \frac{Re_3^{0,5} \cdot d^2}{Re_{np}^{0,5} \cdot d^2} \left(\frac{Re_3}{Re_{np}} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = \frac{343^{0,5} \cdot 3^2}{152^{0,5} \cdot 1^2} \left(\frac{343}{152} \cdot 0,66 \right)^{0,66} = 8,2. \quad (21)$$

Висновки

1. Застосування спирту бутанолу у відповідних концентраціях в промислових розчинах при екстрагуванні гепарину, хонсуриду сприяє інтенсифікації процесу в цілому.
2. Проведення процесу екстрагування ронідази у відцентровому екстракторі в умовах псевдозріженого шару та застосування розчину екстрагенту з ПАР інтенсифікує процес майже у 2 рази.
3. Оптимізація параметрів подрібнення сировини для гравітаційного екстрагування дозволяє збільшити вхід маси екстракту майже у 8 разів.

Література

1. Білонога Ю.Л. Шляхи енергозбереження із використанням поверхнево-активних речовин (ПАР) при екстрагуванні гепарину у псевдозріженому шарі /Драчук У.Р.// Інтегровані технології та енергозбереження. – 2009. – №2. – С. 8–12.
2. Білонога Ю.Л. Спосіб інтенсифікації процесу екстрагування хонсуриду із застосуванням поверхнево-активних речовин / Ю.Л. Білонога, Б.Р. Ціж, Ю.Ю. Варивода, У.Р. Драчук // Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького. – 2008. – Т.10. №2. (37). – С.14–18.
3. Гуров В.А. Справочник по производству органолептических / Гуров В.А., Иноземцева М.А., Земеховский А.В. – М: Пищевая промышленность, 1970. – 209 с.
4. Білонога Ю.Л. Про доцільність розгляду гідродинамічних процесів з урахуванням сил поверхневого натягу на границі контакту тверде тіло–рідина// ІТЕ – 2006. № 2. – С.56–63.
5. Білонога Ю.Л. Деякі аспекти енергозбереження при виробництві інсуліну /Білонога Ю.Л., Білонога Д.М., Варивода Ю.Ю. // Науковий вісник ЛДАВМ імені С.З. Гжицького. – 2001. – Т.3. №4. Випуск 3. – С. 217–220

6. Білонога Ю.Л. Оптимальні параметри проходження дифузійних процесів при екстрагуванні хонсуриду / Ціж Б.Р., Варивода Ю.Ю., Драчук У.Р. // Науковий вісник ЛНУВМ та БТ імені С.З. Гжицького. - 2008. – Т.10. №4. (39). – С. 9–13.

7. Білонога Ю.Л., Кравців Р.Й. Оптимізація параметрів відцентрового екстрагування у псевдозрідженому шарі при виробництві органопрепаратів // Наукові праці ОНАХТ. – 2006. – Випуск № 28. – С. 174–181.

8. Білонога Ю.Л. Оптимізація параметрів подрібнення твердої сировини під час розчинення та екстракції в полі гравітаційних або відцентрових сил // Вісник НУ «Львівська політехніка» Оптимізація виробничих процесів і технічний контроль у машинобудуванні та приладобудуванні. – 2004. – № 481. – С. 104–116.

9. Білонога Ю.Л. Оптимальні параметри подрібнення сировини при виробництві інсуліну з використанням псевдозрідженого шару / Ю.Л. Білонога, Д.М. Білонога // Науковий вісник ЛДАВМ імені С.З.Гжицького. 2003. Т.5(№2), Ч.-1. С.115–118

10. Супрунов Н.И. Технология получения жидкого экстракта корней элеутрока колючого // Мед. Промышленность СССР. 1965. – №4. С. 35–37.

УДК 664.661.12.021.3

Билонога Ю.Л., Драчук У.Р.

ИНТЕНСИФИКАЦИЯ ЭКСТРАГИРОВАНИЯ РОНИДАЗЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ (ПАВ)

При производстве ронидазы предложено проводить процесс экстрагирования в псевдоожигеном слое. Интенсифицировать процессы экстрагирования можно введением в раствор экстрагентов (ПАВ) – бутанола (одноатомного спирта). Оптимизировано основные параметры при центробежном экстрагировании, а также средний диаметр измельчения сырья (семенников).

Bilonoha Yu.L., Drachyuk U.R.

THE ENHANCEMENT OF RONIDAZA EXTRACTION PROCESS WITH SURFACTANT ADMIXTURE (SA)

The use of fluidized bed technique for extraction process in Ronidaza production is proposed. The effect of process enhancement may be reached with surfactant admixture. The use of butanol as surfactant is proposed. The basic parameters including average diameter of raw material decomposed (testicles) were optimized.