

1. Государственная фармакопея СССР. Одиннадцатое издание. – М.: Медицина. – 1990. – 396 с. 2. Блинова К.Ф., Яковлева Г.П. Ботанико-фармакогностический словарь. – М.: Высшая школа, 1990. – 270 с. 3. Панченков Г.М., Лебедев В.П. Химическая кинетика и катализ. – М.: Химия. – 1974. – 590 с. 4. Технология стандартизация лекарств. Сборник научных трудов. – Т2. – Харьков: ИГ “РИГЕР”, 2000. – 784 с.

УДК 615.012.014

В.В. Дячок, О.Р. Попович

Національний університет “Львівська політехніка”,  
кафедра екології та охорони навколишнього середовища

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ВІДТИСКАННЯ ВІДПРАЦЬОВАНОЇ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ

© Дячок В.В., Попович О.Р., 2007

**Наведені результати теоретичного дослідження ефективності та оцінено доцільність проведення технологічної операції – відтискання відпрацьованої рослинної сировини на технологічний процес екстрагування.**

**The results of theoretical research of efficiency are presented and expedience of leadthrough of technological operation – pushing back of exhaust raw material is appraised on the technological process of extracting.**

**Постановка проблеми.** Екстрагування біологічно-активних сполук із рослинної сировини є важливим технологічним процесом, підвищення ефективності якого впливає на техніко-економічні показники виробництва деяких галузей промисловості. Збільшити кількість цільових речовин внаслідок екстрагування, а також покращити їхню якість можна вдосконаленням самого процесу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Відтискання відпрацьованої рослинної сировини є однією із важливих операцій у технологічному процесі одержання біологічно-активних сполук екстрагуванням рослинної сировини. Аналіз досліджень і публікацій показав, що теоретично цей етап є недостатньо вивченим, до того ж існують досить протилежні доводи щодо доцільності та ефективності цієї складової процесу екстрагування.

**Мета.** Метою роботи було дослідити ефективність та оцінити доцільність проведення такої технологічної операції, як відтискання відпрацьованої рослинної сировини на технологічний процес екстрагування загалом.

Для теоретичного аналізу впливу відтискання набухшої екстрагованої рослинної сировини на ефективність вилучення біологічно-активних сполук розглянемо математичну інтерпретацію процесу екстрагування в апараті періодичної дії. Для цього потрібно зауважити деякі особливості рослинної сировини, як об'єкта твердого тіла органічного походження, що підлягає екстрагуванню [1].

Пористі тіла рослинного походження у разі контакту з екстрагентом мають здатність до набухання, при цьому збільшуються їх лінійні розміри і об'єм. За таких обставин об'єм екстрагенту, який поглинувся твердою частинкою рослинного походження, значно більший від пористості сухої сировини. Крім того, розчинення екстрактивних речовин і вологи, яка завжди там присутня, сприятиме збільшенню вільного внутрішнього середовища. За таких обставин об'єм екстрагенту, який заповнює вільне внутрішнє середовище буде досить істотним. Після екстрагування рослинна сировина повністю втрачає всякі пружні властивості і легко пресується. Отже, відтискання, для твердих тіл рослинного походження, є не тільки можливим, а і доцільним.

Дещо по-іншому виглядає становище для твердих тіл неорганічного походження. Для пористого тіла з жорстким скелетом (об'єкти неорганічного походження), об'єм екстрагенту, який проникає в пори при контакті з ним, як правило незначний порівняно з основним об'ємом екстрагенту. Жорсткий скелет твердих тіл неорганічного походження не тільки не набух, а і важко піддається пресуванню та відтискуванню. Тому говорити про доцільність, а тим більше про можливість одержання реального ефекту від такої технологічної операції з твердими тілами неорганічного походження, які підлягають екстрагуванню, є досить сумнівним.

Математичну інтерпретацію операції відтискання під час екстрагування рослинної сировини запишемо, враховуючи таку послідовність перебігу процесів: набухання, кінетичного процесу розчинення цільового компоненту та досягнення деякого ступеня рівноваги і етапу відтискання відпрацьованої рослинної сировини [3].

Для подальшого аналізу введемо такі величини:  $C_o$  – початкова концентрація цільового компоненту у твердій фазі (рослинній сировині) [кг/кг];  $W$  – об'єм екстрагенту [ $m^3$ ];  $G$  – маса твердої фази, взятої для екстрагування [кг];  $\chi = C_i/C_{Ip}$  – ступінь наближення до рівноваги  $0 \leq \chi \leq 1$ , тут  $C_i$  і  $C_{Ip}$  – біжуча та рівноважна концентрації екстрагенту [кг/ $m^3$ ]; або  $\chi = C_p/C$ , рівноважна та біжуча концентрації екстрагенту, що міститься у клітинному та міжклітинному просторі твердої фази, або, інакше кажучи, у порах та вмістилищах рослинної сировини [кг/ $m^3$ ];  $\gamma = [1-(V/V_o)]$  – ступінь відтиснення  $0 \leq \gamma \leq 1$ , тут  $V$  та  $V_o$  – фактичний об'єм та максимально можливий об'єм екстрагенту, який міститься у порах, клітинному та міжклітинному просторі рослинної сировини, враховуючи здатність її до набухання;  $\beta = G/W$  – співвідношення фаз [кг/ $m^3$ ];  $\eta = V/G$  – об'єм екстрагенту, який утримується твердою фазою після її набухання [ $m^3$ /кг];  $\varphi = V/W$  – співвідношення об'єму екстрагенту, що міститься у порах, клітинному та міжклітинному просторі рослинної сировини, до основного об'єму екстрагенту, завантаженого для екстрагування [ $m^3/m^3$ ].

Розглянемо матеріальний баланс одноступеневого екстрагування. Концентрація цільових речовин у екстрагенті, що міститься у клітинному та міжклітинному просторі твердої фази після умовно першої стадії екстрагування – набухання, дорівнює [кг/ $m^3$ ]:

$$C_{noc.} = GC_o/V = C_o/\eta; \quad (1)$$

Згідно з припущенням, зробленим вище, наступною стадією процесу є кінетична стадія, або розчинення цільового компоненту та досягнення деякого ступеня рівноваги. Принципово кажучи, кінетична стадія розчинення цільового компоненту та дифузія його через клітинні мембрани і в порах твердої фази відбувається одночасно з набуханням. Проте зроблене припущення про послідовність перебігу вищенаведених стадій, з врахуванням наведеного коефіцієнта –  $\chi$ , не спотворює моделювання масообмінного процесу загалом. Тому на кінетичній стадії відбувається дифузійний перехід цільового компоненту через пори клітинних мембран, міжклітинний простір у основний об'єм екстрагенту. Цю стадію доречно називати кінетично-дифузійною. Ступінь наближення до рівноваги на цій стадії запишемо виразом:

$$C_{Ip} = C_i/\chi \text{ або } C_p = C\chi; \quad (2)$$

Накінець стадія – відтискання. За рахунок цієї стадії відбувається істотне збільшення концентрації цільового компоненту в основному об'ємі екстракту –  $C_I$ .

В умовах досягнення певного наближення до рівноваги, частина екстрагенту, яка дорівнює величині  $V$ , після розділення фаз залишається у твердій фазі. Кількість цільової речовини у екстракті, який міститься у порах та вмістилищах, тобто у твердій фазі, дорівнює  $VC$  [кг], а в перерахунку на суху рослинну сировину  $VC/G = C\eta$  [кг/кг]. За таких обставин об'єм основного екстракту зменшиться на  $V$  [ $m^3$ ] і становитиме  $(W-V)$  [ $m^3$ ]. Отже, існує так зване заміщення фаз, що вимагає уточнення традиційного рівняння матеріального балансу до такого вигляду:

$$G(C_o - \eta C) = (W - V)C_I; \quad (3)$$

Після незначних математичних перетворень та підстановки зроблених вище припущень із рівняння (3) визначаємо  $C_1$ :

$$C_1 = \frac{GC_o - VC}{W - V} = \frac{GC_o - \frac{V_o(1 - \gamma)C_p}{\chi}}{W - V_o(1 - \gamma)}. \quad (4)$$

У технологічному аспекті найвигіднішою є ситуація, коли концентрація екстрагенту –  $C_1$  досягає максимального значення. Аналізуючи рівняння (4),  $C_1$  буде досягати максимального значення, коли ступінь відтиснення –  $\gamma$ , а також ступінь наближення до рівноваги –  $\chi$ , наблизатимуться до максимального значення – одиниці.

Для певних анатомо-морфологічних органів (листя, стебло, квіти...) величина  $V_o$  наведена в літературі [2] під назвою коефіцієнт водопоглинання. Тому за відомим значенням початкової концентрації цільової речовини в рослинній сировині  $C_o$ , завжди можна розрахувати концентрацію екстрагенту  $C_1$ , задавшись певним значенням ступеня відтиснення  $\gamma$  та ступеня наближення до рівноваги  $\chi$ .

Кількість цільової речовини, яка перейшла на кінетично-дифузійній стадії у екстрагент

$$M = GC_o - \frac{V_o(1 - \gamma)C_p}{\chi} \quad (5)$$

або через об'єм екстрагенту

$$M = (W - V_o(1 - \gamma))C_{1p}\chi \quad (6)$$

$$M = \left(\frac{1}{\beta} - \eta\right)C_{1p}\chi G. \quad (7)$$

Аналізуючи формули (5), (6), (7), доходимо висновку, що кількість цільової речовини, яка переходить у екстрагент під час реалізації процесу екстрагування на практиці, зростатиме із зростанням ступеня відтиснення –  $\gamma$ , зростання ступеня наближення до рівноваги –  $\chi$ , та зменшення –  $\beta$ , співвідношення фаз, тверде тіло – рідина.

Кількість втраченої цільової речовини з відпрацьованою рослинною сировиною:

$$m = V_o(1 - \gamma)\frac{C_p}{\chi}. \quad (8)$$

Із рівняння (8) слідує, що кількість втраченої цільової речовини зменшуватиметься із зростанням ступеня відтиснення –  $\gamma$ , та ступеня наближення до рівноваги –  $\chi$ .

**Висновки.** Проведений математичний аналіз підтверджує припущення, зроблене вище, а саме: поряд з кінетичними факторами, такими як ступінь досягнення рівноваги –  $\chi$ , а також гідродинамічним, таким як співвідношення фаз –  $\beta$ , під час екстрагування рослинної сировини, здатної до набухання, фактор відтискування також має істотне значення. Тому під час реалізації процесу екстрагування рослинної сировини на практиці, стадію відтискування необхідно не тільки враховувати, а і проводити.

1. Дячок В.В. Особливості досягнення рівноваги при екстрагуванні з твердих тіл клітинної будови // Вісник фармації. – 2001. – №3(27). – 70 с. 2. Государственная фармакопея СССР. Одиннадцатое издание. – М.: Медицина. – 1990. – 396 с. 3. Дячок В.В. Математична модель процесу екстрагування із рослинної сировини // Хімічна промисловість України. – 2001. – №4. – С. 52–55.