

Попова Н.В.
Зав'ялов В.Л.
Бодров В.С.
Мисюра Т.Г.
Запорожець Ю.В.

**Національний
університет
харчових технологій,
м. Київ**

УДК 536.248.2

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКСТРАГУВАННЯ ФЛАВОНОЇДНИХ СПОЛУК З ЛОФАНТУ І ГІСОПУ У ВІБРОЕКСТРАКТОРІ

Приведены результаты исследования экстрагирования флавоноидных соединений из лопуха и гисопа в вибрационном экстракторе периодического действия, который использует принцип создания в рабочем объеме аппарата мощных вибротурбулизирующих потоков с помощью виброперемешивающего устройства специальной конструкции. Представлена сравнительная характеристика виброэкстрагирования и настаивания. Разработана математическая модель процесса.

В харчовій та фармацевтичній промисловості при отриманні екстрактів цільового призначення все більше уваги приділяють використанню свіжих і сухих листків, пагонів та квітів лофанту і гісопу. Адже ця перспективна сировина містить цілу гаму вітамінів, мінеральні солі, холін, алкалоїди, флавоноїди (танін, рутин, кверцетин, флавонолові глікозиди), ефірну олію, дубильні речовини. У їх склад входять пинен, милонен, терпинен, камфен, пулегон, ментол, цинеол, линалоол, борнеол, метилхавикол, анетол, тимол, евгенол [4].

Саме флавоноїдні сполуки і є цільовим компонентом екстракту, адже вони володіють усіма властивостями, притаманними вітаміну Р (цитрину - вітаміну проникливості), нестача якого викликає в організмі ламкість і підвищену проникність капілярів кров'яних судин: збільшують кількість скорочень м'язів серця і підвищують тонус кровоносних судин, нормалізуюче діють на інсулярні клітини підшлункової залози, захищають аскорбінову кислоту від окислення – блокують каталітичну дію важких металів, шляхом зв'язування їх у стабільні комплекси [2].

Найчастіше екстракти з цих та інших рослин трав'яного та кореневого походження з невизначеною геометрією листків, пагонів та квітів та складною структурою отримують протягом тривалого часу простим настоюванням, оскільки традиційні промислові способи вилучення цільових компонентів обмежені виникненням в екстракторах ефекту екранування, що призводить до зменшення активної поверхні взаємодіючих фаз [1].

Одним із способів безперервного оновлення поверхні взаємодії фаз є використання низькочастотних механічних

коливань. З цієї метою кафедрою процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування Національного університету харчових технологій спільно із Закарпатським інститутом АПВ проведено дослідження процесу екстрагування флавоноїдних сполук з лофанту і гісопу в режимі змішування у вібраційному екстракторі періодичної дії (рис. 1).

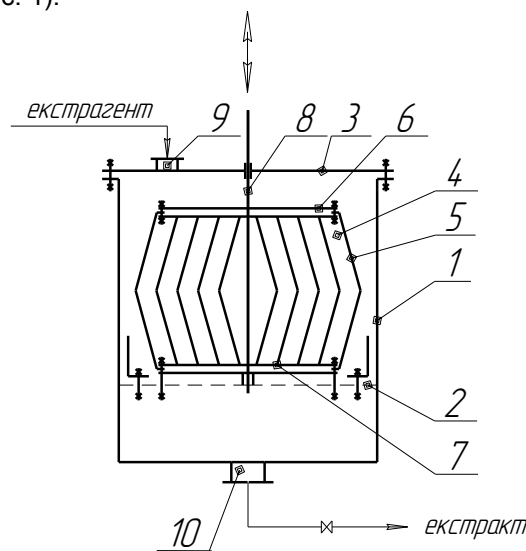


Рис. 1. Принципова схема віброекстрактора періодичної дії із гнучким контейнером: 1 – корпус; 2 – опора; 3 – кришка; 4 – гнучкий контейнер; 5 – стрічки; 6, 7 – фланці; 8 – шток; 9, 10 – патрубки.

Екстрагування проводили наступним чином [3]. У гнучкий контейнер 4 екстрактора завантажували сировину, закривали кришку апарата 3 і, після заповнення екстрагентом через штуцер 9 робочого об'єму апарата,

вмикали вібропривід. На цьому підготовча стадія закінчувалася і починався процес екстрагування. Упродовж усього процесу екстрагент вільно циркулює в центральній та периферійній зоні всього робочого об'єму апарата. Дрібнофракційну сировину попередньо завантажували у перфоровану (сітчасту) касету. Після закінчення екстрагування екстракт відводили з апарата через штуцер 10, відкривали кришку корпусу 3 і виймали контейнер 4, який потім потребував очищення від проекстрагованої сировини.

Під час екстрагування інтенсивність перемішування оцінюється швидкісним режимом обтікання екстрагентом поверхні частинок твердої фази. Так, знакозмінний рух гнучких стрічок 5 та перфорованої перегородки 6, на якій закріплено по периферії стрічки, сприяє перетіканню середовища в зоні контейнера і за його межами. При цьому, згідно з нашою гіпотезою, в середині контейнера створюються замкнені пульсуючі циркуляційні контури, а за його межами розімкнені, локалізовані на певній відстані, які утримують частинки твердої фази у завислому стані та створюють умови циркуляції екстрагента навколо їх поверхні.

Конструкцією вібраційного екстрактора передбачено можливість створення турбулентних пульсуючих знакозмінних потоків, напрямлених як до периферії апарата, так і до центральної його частини. Гідродинамічні умови в цих потоках визначають їх дію як турбулізуючого фактора на мікрорівні та макромасштабного фактора, що усуває застійні зони.

Пульсуючий потік середовища, генерований перфорованою перегородкою 6, спрямований також до дна апарата, збурює шар частинок, що осіли на поверхні перфорованої опори 2, примушує їх переміщатися до центральної активної зони апарата. Крім того, при екстрагуванні цільових компонентів із рослинної сировини трав'яного походження гнучкі стрічки створюють додатковий режим періодичного віджиму, який значно інтенсифікує процес вилучення.

Параметри коливань віброперемішувального пристрою змінювались у межах 3 – 9 Гц при фіксованих амплітуді (20 мм) та тривалості проведення процесу (10, 20, 30 і 40 хв.) і співвідношенні рідкої і твердої фаз (гідромодулі) 25:1. Температура кипіння суміші підтримувалась у межах 90° С (при атмосферному тиску) і 45 – 60° С (при розрідженні) системою терморегулювання, що складалась з блока терморегулювання ТЛ – 150 та контактного термометра типу ТПК. Розрідження в системі створювалось за допомогою водокільцевого вакуум-насоса.

Загальний вміст водорозчинних сухих речовин екстракту визначався за допомогою лабораторного рефрактометра, а вміст танінів і

флавонолових глікозидів – титруванням 0,1 н розчином перманганату калію. В якості індикатору використовували розчин індигокарміну у сірчаній кислоті [5].

Найбільш раціональною, при екстрагуванні флавоноїдів з гісопу, як видно з дослідних даних (див. рис. 2), є температура кипіння 60° С (при розрідженні 0,5 атм.) і 85° С (при атмосферному тиску), за тривалості проведення процесу 30 хвилин при частоті коливань вібропристрою 9 Гц досягається максимальний вихід і висока якість отриманого екстракту (високий ступінь прозорості і терпкості).

Незначне збільшення концентрації флавоноїдів відбувається у разі подовження тривалості проведення процесу екстрагування, або підвищення температури знижується якість отриманого екстракту – його терпкість, яскравий і прозорий колір тощо. Таким чином, з метою забезпечення високої якості екстракту підвищення температури доцільно лише на початковій стадії під час підготовки сировини.

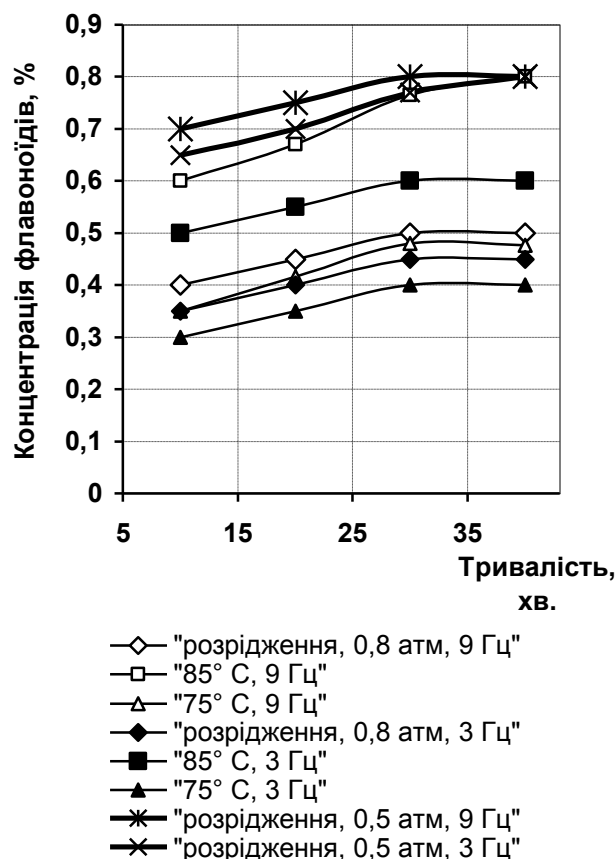


Рис. 2. Вплив режимних параметрів на екстрагування флавоноїдних речовин з гісопу.

Дослідні дані при екстрагуванні флавоноїдів з лофанту наведені на рис. 3. Аналіз отриманих графічних залежностей дозволяє зробити висновок, що найбільший вміст флавоноїдних сполук в екстракті

досягається при температурі кипіння 45° С (при розрідженні 0,8 атм.), оскільки за тривалості проведення процесу 40 хвилин при частоті коливань вібропристрою 9 Гц досягається максимальний вихід і висока якість отриманого екстракту (високий ступінь прозорості і терпкості). Збільшувати тривалість процесу екстрагування недоцільно, оскільки концентрація в екстракті надалі змінюється незначно. Експериментальні дані по дослідженню процесу віброекстрагування було порівняно з настоюванням, що свідчить про значну перевагу вібраційного способу інтенсифікації.

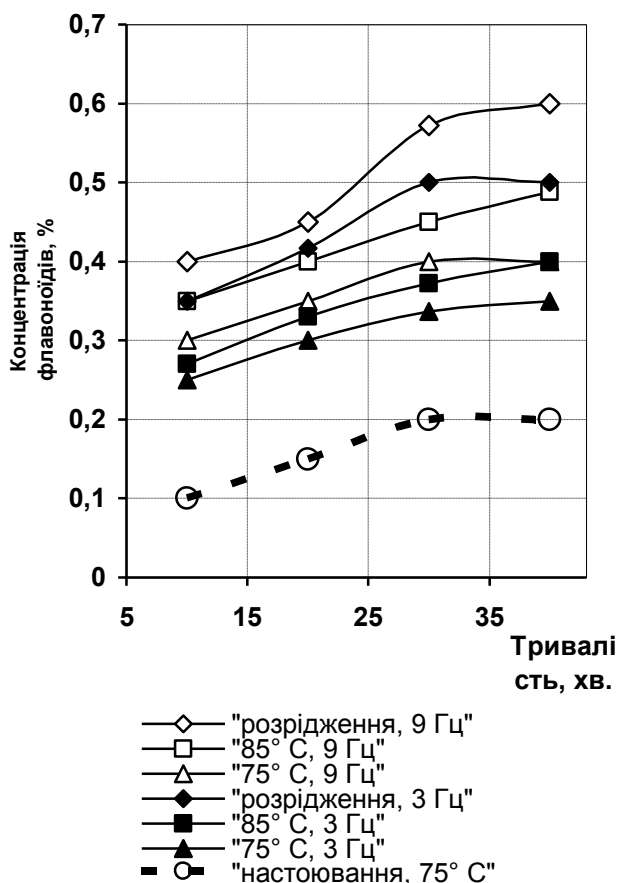


Рис. 3. Вплив режимних параметрів на екстрагування флавоноїдних речовин з лофанту.

Необхідно також враховувати ще вплив розміру часток сировини і гідромодуля. При цьому рівноважний стан системи настає швидше при меншому розмірі часток (клітини при цьому є більш пошкодженими і здатними до віддачі речовин) і меншому гідромодулі. А якщо гідромодуль збільшувати, то загальний вихід флавоноїдів підвищується, концентрація флавоноїдів в екстракті зменшується, і процес вилучення при цьому розтягується у часі. З метою збільшення вмісту флавоноїдних сполук в екстрагенті і скорочення тривалості процесу екстрагування можна пропонувати одну порцію

сировини оброблювати двічі, оновлюючи тільки екстрагент, за всіх інших однакових умов процесу.

Узагальнення експериментальних даних по дослідженню процесу віброекстрагування і порівняння з настоюванням виконувалось з використанням критерія Біо (рис. 4).

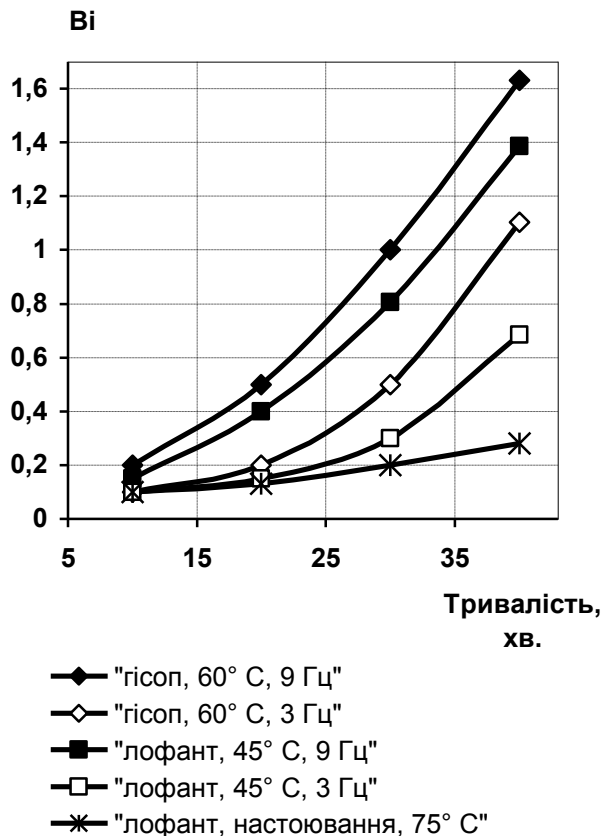


Рис. 4. Зміна критерію Ві в часі при екстрагуванні цільових компонентів з лофанту і гісопу в умовах розрідження.

Враховуючи малий поперечний переріз частинок сировини, можна вважати, що опір масопередачі зосереджено в області перенесення маси від поверхні часточки сировини до екстрагента.

Якщо рушійну силу подати як різницю концентрацій в екстрагенті (на поверхні поділу фаз та в об'ємі екстрагента), за умови, що на межі поділу фаз опору немає та існує рівновага, можна записати:

$$\begin{cases} \frac{dc}{d\tau} = K_v(\hat{C} - C); \\ C(\tau_0) = C_{0i}, \end{cases} \quad (1)$$

де $\frac{dc}{d\tau}$ - градієнт зміни концентрації в екстрагенті; K_v - об'ємний коефіцієнт масопередачі, \hat{C} - рівноважна концентрація

речовини в екстрагенті, C – середня поточна концентрація речовини в екстрагенті.

Тоді за формулою Ейлера матимемо:

$$\begin{aligned}
 C(\tau) &= e^{-K_v(\tau-\tau_0)} C_0 + \int_{\tau_0}^{\tau} e^{-K_v(\tau-t)} K_v \cdot \hat{C} dt = \\
 &= e^{-K_v(\tau-\tau_0)} C_0 + K_v \cdot \hat{C} \cdot e^{-K_v \cdot \tau} \cdot \int_{\tau_0}^{\tau} e^{K_v \cdot t} dt = \\
 &= e^{-K_v(\tau-\tau_0)} C_0 + K_v \cdot \hat{C} \cdot e^{-K_v \cdot \tau} \cdot \frac{1}{K_v} \cdot e^{K_v \cdot t} \Big|_{\tau_0}^{\tau} = \\
 &= e^{-K_v(\tau-\tau_0)} C_0 + \hat{C} \cdot e^{-K_v \cdot \tau} \left(e^{K_v \cdot \tau} - e^{K_v \cdot \tau_0} \right) = \\
 &= e^{-K_v(\tau-\tau_0)} C_0 + \hat{C} \left(1 - e^{-K_v \cdot (\tau-\tau_0)} \right) = \\
 &= C_0 \cdot e^{-K_v \cdot (\tau-\tau_0)} + \hat{C} \cdot \left(1 - e^{-K_v \cdot (\tau-\tau_0)} \right) = \\
 &= \hat{C} + (C_0 - \hat{C}) \cdot e^{-K_v \cdot (\tau-\tau_0)}.
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

Приймаючи до уваги початковий момент часу $\tau_0 = 0$, а також те, що концентрація в початковий момент часу в апараті $C_0 = 0$, отримане рівняння (2) спрощується і приймає наступний вигляд:

$$C(\tau) = \hat{C} \cdot \left(1 - e^{-K_v \cdot \tau} \right). \tag{3}$$

Отримане рівняння (3) дозволяє прогнозувати зміну поточної концентрації цільового компоненту в об'ємі апарата при екстрагуванні із рослинної сировини.

Розроблено раціональні режими екстрагування флавоноїдних сполук з високогірських трав (лофанту і гісопу), використовуючи нову конструкцію віброперемішувального пристрою при періодичному віброекстрагуванні, яка забезпечує раціональний розподіл зовнішньої енергії, створює сприятливі гідродинамічні умови для протікання масообміну за рахунок інтенсивного мікро- і макроперемішування, що забезпечує перспективність цього апарата для харчової та фармацевтичної промисловості при екстрагуванні цільових компонентів із рослинної сировини.

ЛІТЕРАТУРА

1. Лобода П.П., Зав'ялов В.Л. Исследование гидродинамики виброэкстракторов // Пищевая промышленность. - 1987. - № 33. - С. 28 – 31.
2. Логвиненко Н.В., Работягов В.Д., Бакова Н.Н. Изучение пряно-ароматических растений как лечебно-профилактических средств // Мат-лы науч. конф. «Научные достижения и проблемы производства лекарственных средств» - Харьков: ГНУЛС Украина. - 1995. - С. – 3 - 4.
3. Пат. України № 25090 Вібраційний екстрактор / В.Л. Зав'ялов, Н.В. Попова. – Оубл. Бюл. № 11, 2007.
4. Товстуха Є.С. Фітотерапія. – 2-е вид., перераб. и доп. К.: Здоров'я, 1993. – С. 76 - 77.
5. Цоциашвили И.И., Бокучава М.А. Химия и технология чая. – М.: Агропромиздат, 1989. – 391 с.