



Зав'ялов В. Л.

Мисюра Т. Г.

Бодров В. С.

Попова Н. В.

Запорожець Ю. В.

*Національний
університет харчових
технологій*

Zavialov V. L.

Misyura T. G.

Bodrov V. S.

Popova N. V.

Zaporozhets J. V.

*National university of food
technologies*

УДК 664.061.4:084

ДОСЛІДЖЕННЯ МАСООБМІНУ В УМОВАХ ПЕРІОДИЧНОГО ВІБРОЕКСТРАГУВАННЯ ІЗ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ (ЧАСТИНА ПЕРША)

Представлено результати досліджень впливу низькочастотних механічних коливань, як джерела створення пульсуючих вібротурбулізуючих знакозмінних струменів в системі рідина — тверде тіло, на інтенсивність масообміну при періодичному екстрагуванні із рослинної сировини. Наведено, проаналізовано та зроблено висновки щодо закономірностей зміни в часі концентрацій вилучених сухих речовин (на прикладі екстрагування з рослинної сировини) та щодо їх порівнюваних змін у віброекстракторах періодичної дії з різними перемішувальними системами.

Ключові слова: віброекстрагування, масообмін, екстракційні криві, режимні параметри, робоче середовище, пульсуючий потік.

Вступ. Для розроблення або дослідження масообмінних характеристик екстракційної апаратури у відповідності з її продуктивністю необхідно знати кінетичні коефіцієнти. Встановивши закономірність їх зміни під час процесу і їх залежність від гідродинамічних умов та технологічних параметрів, стає можливим визначення оптимальної тривалості його проведення, кінцевих концентрацій речовини в шроті та екстрагенті, а також раціональних режимних параметрів роботи апарата.

Разом з тим, слід зазначити, що цільовий компонент може знаходитись у порах сировини у розчиненому стані, що є характерним для незруйнованої свіжої рослинної клітини, або у твердому стані у висушеній сировині, обробленій хімічно, електричним струмом, бароефектами чи механічно віджатої. Останні впливові ефекти викликають супутність первісної стадії іншого процесу — розчинення цільових компонентів в капілярах, порах або зруйнованих клітинах сировини. Такі обставини призводять до певних труднощів при розрахунках, оскільки матеріали, що екстрагуються, різняться за своїми фізико-хімічними властивостями, розмірами частинок та ін., що вимагає у свою чергу індивідуального

технологічного режиму і, відповідно, апаратурного оформлення процесу [1, 2].

Також слід зазначити, що конструювання екстракційної апаратури завжди було пов'язано з пошуком нових способів та форм забезпечення ефективної взаємодії фаз, що визначаються гідродинамікою, створеною робочими елементами апарата [3]. Незважаючи на різноманітне коло задач окремих стадій проектування, існують загальні підходи та критерії щодо визначення процесної ефективності спроектованого апарата. До таких в першу чергу слід віднести масообмінні характеристики, які використовуються системно на всіх етапах проектування екстракторів. Використання традиційних способів визначення інтенсивності зовнішнього масообміну, в основу яких покладено розгляд елементарних процесів для тіл найпростішої геометричної форми та для умов, коли конвекція за межами тіла є сталою, надто спрощує установлення тотожності теоретичних та експериментальних даних, зокрема при визначенні кінетичних коефіцієнтів. З іншого боку, врахування всіх чинників, що впливають на процес (гідродинаміка обтікання твердого тіла екстрагентом, поля швидкостей та концентрацій екстрагента навколо частинки, її



геометричні та дифузійні особливості тощо), ускладнює шлях визначення найважливіших для екстрагування масообмінних характеристик. Тому пошук нових експериментальних експрес-методів їх оцінювання на сьогодні є необхідним.

Постановка завдання. Структурна складність рослинної тканини, багатофункціональність зв'язаних з нею дифузійних властивостей сировини та вплив гідродинаміки на процес ускладнюють проведення експериментальними засобами глибокого та достовірного аналізу масоперенесення на всіх його масштабних рівнях. У зв'язку з цим, враховуючи особливості віброекстрагування цільових компонентів із рослинної сировини, за мету ставиться дослідження масообміну в умовах періодичного віброекстрагування та на основі узагальнення його результатів — розроблення нового експериментального експрес-методу визначення масообмінних характеристик екстракційної апаратури різних модифікацій.

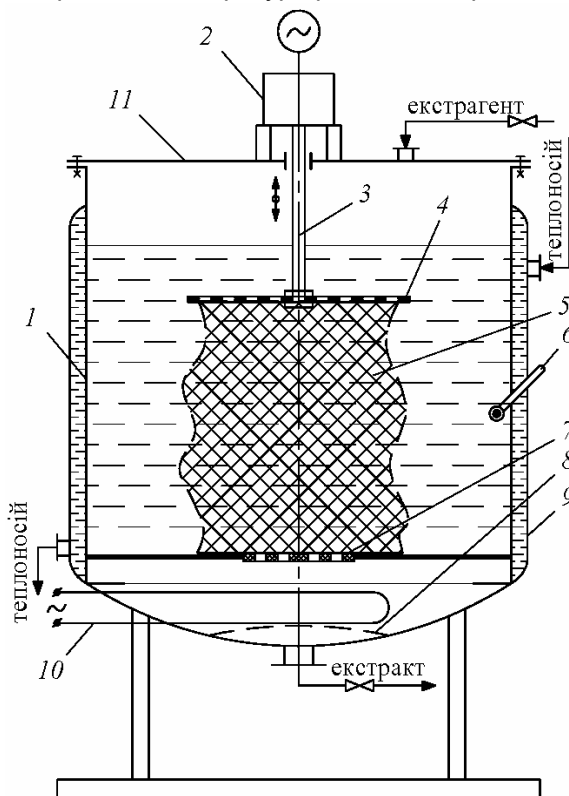


Рис. 1. Схема лабораторного віброекстрактора періодичної дії:
1 — корпус апарата; 2 — вібропривід;
3 — шток; 4 — перфорований диск;
5 — гнучкий контейнер;
6 — термометр; 7 — сітчаста опора;
8 — фільтр; 9 — оболонка; 10 — нагрівальний елемент;
11 — кришка

Вклад основного матеріалу. Досліджувався вплив низькочастотних механічних коливань, як джерела створення пульсуючих вібротурбулізуючих знакозмінних струменів в системі рідина — тверде тіло, на інтенсивність масообміну при періодичному екстрагуванні із рослинної сировини.

Конструкція віброекстрактора періодичної дії за схемою на рис. 1 має циліндричний корпус 1 діаметром 0,3 м і висотою 0,4 м, на якому розміщено віброперемішувальну систему, що складається з гнучкого контейнера 5 спеціальної конструкції, закріпленого на сітчастій опорі 7 та з'єднаного штоком 3 через верхній перфорований диск 4 з віброприводом 2.

В робочому об'ємі апарата передбачена можливість створення турбулентних пульсуючих знакозмінних потоків, напрямлених як до його периферії, так і до його центральної частини. Гідродинамічні властивості цих потоків визначають їх дію як турбулізуючого фактора на мікрорівні та макромасштабного фактора, що усуває застійні зони.

Екстрактор працює таким чином. У підготовлений та очищений гнучкий контейнер 5 екстрактора завантажують сировину, фіксують його на перфорованому диску 4, закривають кришку апарата 11 і після заповнення екстрагентом робочого об'єму апарата вмикають вібропривід 2. При цьому екстрагент починає вільно перемішуватися в центральній та периферійній зонах всього робочого об'єму апарата.

При робочій амплітуді та частоті коливань вібраційної системи інтенсивність перемішування оцінюється швидкістю обтікання екстрагентом поверхні частинок твердої фази. Пульсуючий потік середовища, генерований перфорованим диском 4, спрямований також до дна апарата, збуджує шар частинок в контейнері 5. При відсутності парової мережі робоче середовище обігрівється гарячою водою через оболонку 9 від зовнішнього підігрівача, або за допомогою електронагрівальних елементів 10.

Під час дослідів водорозчинні сухі речовини вилучали з листової чайної сировини та сировини зернового походження.

Параметри коливань віброперемішувального пристрою змінювались у межах 3 — 9 Гц, при фіксованих амплітудах (10 мм і 20 мм), довжині частинок сировини ($2 \cdot 10^{-3}$ — $10 \cdot 10^{-3}$ м), тривалості проведення процесу (15, 30 і 45 хв) та гідромодулях 25, 30, 35. Температура робочого середовища підтримувалась у межах 25 — 85 °С системою терморегулювання.



Відбір проб екстрактів проводився через кожні 5 хв та визначався вміст їх сухих речовин за допомогою лабораторного рефрактометра РПЛ-4.

За результатами дослідів будувались екстракційні криві (рис.2). Як видно з графіків, рівноважного стану система «листова чайна сировина — вода» досягає майже за 15 хвилин, але з різним ступенем вилучення цільових компонентів за температурою екстрагента. Враховуючи високу турбулізацію міжфазової поверхні за рахунок дії пульсуючих потоків, генерованих віброперемішувальним пристроєм у робочому об'ємі віброекстрактора, подальше вилучення сухих речовин лімітується очевидно внутрішнім масоперенесенням.

Досліджувався вплив режимних та технологічних параметрів на процес вилучення сухих речовин у віброекстракторах періодичної дії з різними перемішувальними системами (рис.3 — 5).

Як видно з графіків, суттєвий вплив на процес здійснює частота коливань вібросистем в межах до 9 Гц при температурі екстрагента 85 °С для всіх конструктивних варіантів віброперемішувальних пристроїв.

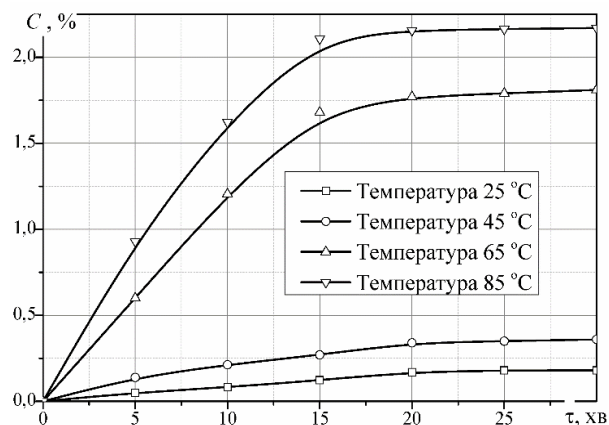
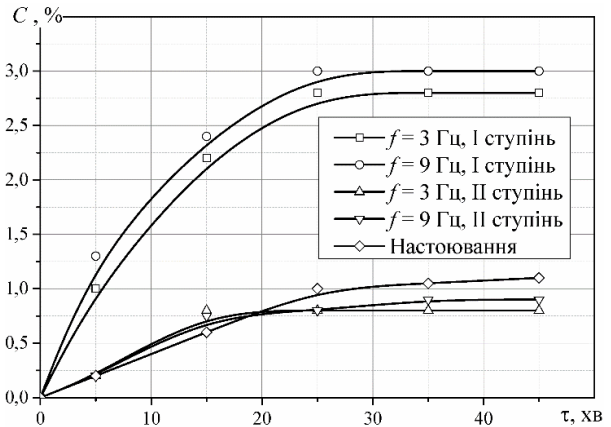
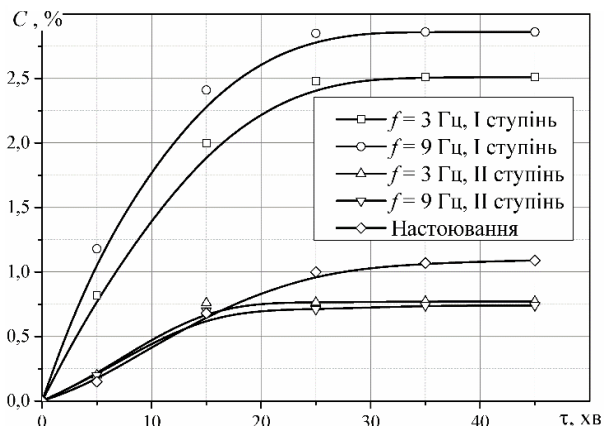


Рис. 2. Зміна концентрації вилучених сухих речовин з листової чайної сировини в часі (гідромодуль $q=20$)

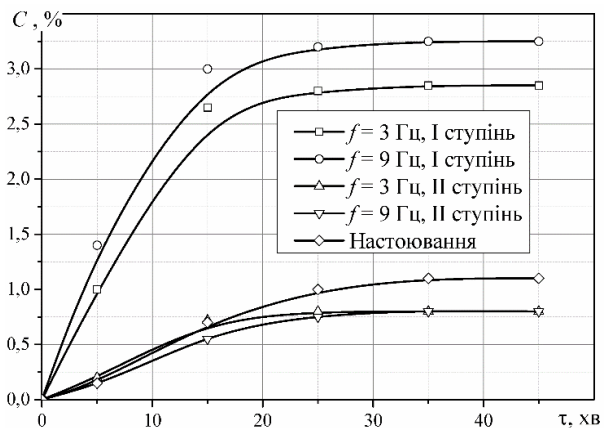
Переваги вилучення білкових речовин із рослинної сировини зернового походження під впливом низькочастотних коливань в умовах застосування контейнерної системи віброперемішування у порівнянні з умовами їх вилучення при настоюванні ілюструються відповідними графіками на рис. 3.



а)

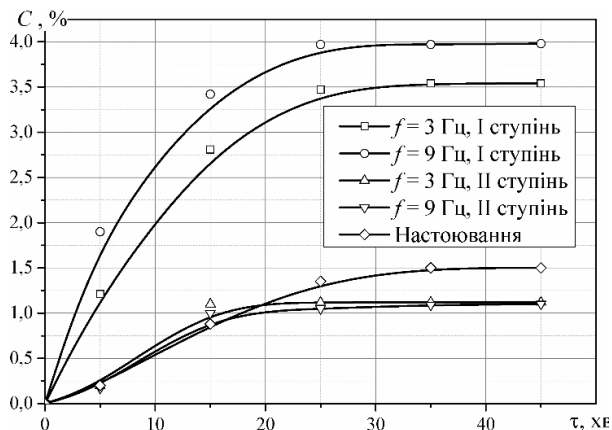
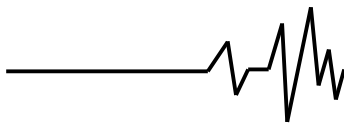


б)

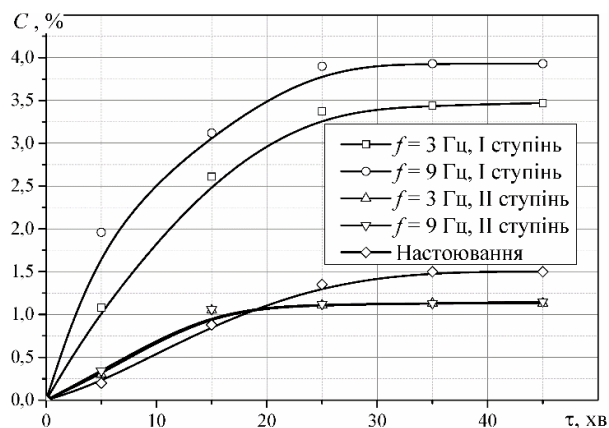


в)

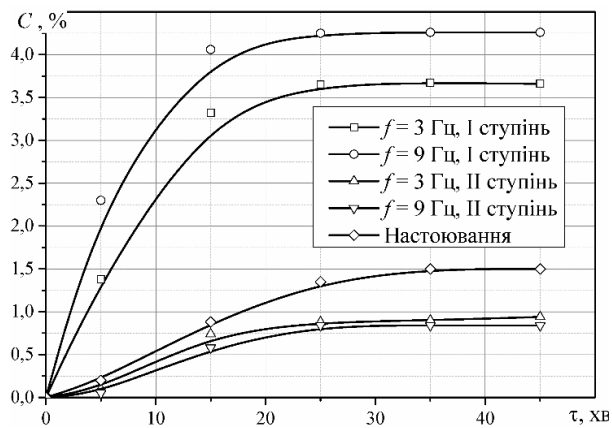
Рис. 3. Порівнювані зміни концентрації вилучених сухих речовин із листової чайної сировини в часі (температура екстрагента 65 °С): а — мембранна система перемішування; б — віброючий контейнер, $A = 10 \cdot 10^{-3}$ м; в — віброючий контейнер, $A = 20 \cdot 10^{-3}$ м



а)



б)



в)

Рис. 4. Порівнювані зміни концентрації вилучених сухих речовин із листової чайної сировини в часі (температура екстрагенту 85 °С): а — мембранна система перемішування; б — вібруючий контейнер, $A=10 \cdot 10^{-3}$ м; в — вібруючий контейнер, $A=20 \cdot 10^{-3}$ м

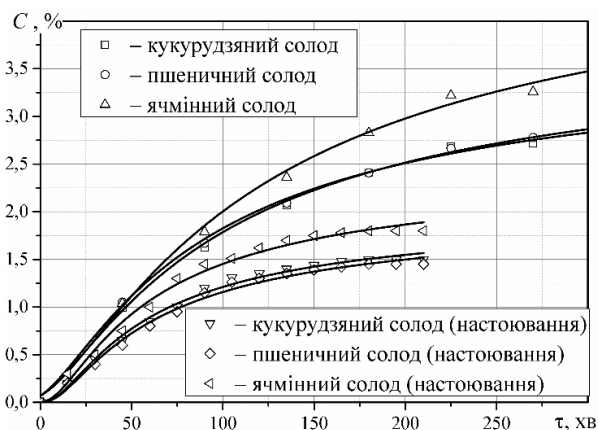


Рис. 5. Порівнювані зміни концентрації вилучених сухих речовин із сировини зернового походження в часі при застосуванні контейнерної системи віброперемішування

Висновки

1. Збільшення температури екстрагента від 25 °С до 85 °С забезпечує зростання інтенсивності віброекстрагування з листової чайної сировини на 54 відсотних відсотків або, за зміною вмісту сухої речовини в екстракторах, відповідно від 0,046 %/хв. до 0,1 %/хв.

2. Збільшення частоти коливань від 3 Гц до 9 Гц досліджених віброперемішувальних систем в тому числі мембранної та з вібруючим контейнером інтенсифікує процес екстрагування з чайної сировини в середньому на 37—74 відсотних відсотків, а, як приклад, зміна амплітуди коливань системи вібруючим контейнером від $10 \cdot 10^{-3}$ м до $20 \cdot 10^{-3}$ м (для однакових умов) несуттєво впливає на зростання інтенсивності процесу, — близько на 7 відсотних відсотків.

3. Отримані експериментальні залежності зміни вмісту сухої речовини в екстрактах в залежності від основних режимних та технологічних умов при періодичному віброекстрагуванні з листової чайної сировини та з солодів трьох видів зернової сировини можуть бути покладені в основу розроблення, зокрема, математичних моделей зовнішнього масообміну та його кінетичних характеристик.

Список використаних джерел

1. Зав'ялов В. Л. Дослідження дифузійних властивостей листової чайної сировини / В. Л. Зав'ялов, Н. В. Попова // Наукові праці ВДАУ. — Вінниця, 2006. — Вип. 1. — С. 14—19.



2. Popova N. Investigation of the extraction of flavoid compounds from high mountain Herbage / N. Popova, V. Zavialov, V. Bodrov, T. Misyura, Y. Zaporozhets // The second north and east European congress on food (May 26, 2013). — Kiev: NUFT, 2013. — P. 165.

3. Белоглазов И. Н. Твердофазные экстракторы / И. Н. Белоглазов. — Л.: «Химия». Ленинградское отделение, 1985. — 239 с.

Список джерел в транслітерації

1. Zavialov V. Doslidzhennia difuziynih vlastivostey listovoi chainoi sirovini / V. Zavialov, N. Popova // Naukovi pratsi VDAU. — Vinnitsa, 2006. — Vip. 1. — s. 14—19.

2. Popova N. Investigation of the extraction of flavoid compounds from high mountain Herbage / N. Popova, V. Zavialov, V. Bodrov, T. Misyura, Y. Zaporozhets // The second north and east European congress on food (May 26, 2013). — Kiev: NUFT, 2013. — P. 165.

3. Beloglazov I. Tverdogfaznie extractory / I. Beloglazov. — L.: «Химия». Ленинградское отделение, 1985. — 239 с.

ИССЛЕДОВАНИЕ МАССОБМЕНА В УСЛОВИЯХ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ВИБРОЭКСТРАГИРОВАНИЯ ИЗ РАСТИТЕЛЬНОГО СЫРЬЯ (ЧАСТЬ ПЕРВАЯ)

Аннотация. Представлены результаты исследований влияния низкочастотных механических колебаний, как источника создания пульсирующих

вибротурбулизирующих знакопеременных струй в системе твердое тело — жидкость, на интенсивность массообмена при периодическом экстрагировании из растительного сырья. Показано, проанализировано и сделано выводы относительно закономерностей изменения во времени концентраций извлеченных сухих веществ (на примере экстрагирования с растительного сырья) и относительно сравниваемых их изменений в виброэкстракторах периодического действия с различными перемешивающими системами.

Ключевые слова: массообмен, виброэкстрагирование, экстракционные кривые, режимные параметры, рабочая среда, пульсирующий поток.

STUDY OF MASS IN THE PERIODIC VIBRO EXTRACTION FROM PLANT MATERIAL (PART ONE)

Annotation. The results of studies of the effect of low-frequency mechanical vibrations, as a source of turbulence-creating pulsating vibration alternating jets in the solid - liquid, the intensity of the mass transfer in a batch extraction from plant material. Shown, analyze and draw conclusions about patterns of change over time concentrations of extracted solids (for example, the extraction of raw materials to the plant), and compared them with respect to changes in vibroekstraktorah batch with different mixing systems.

Key words: vibro extraction, mass transfer, extraction curves, operating parameters, the working environment, pulsating flow.