

**ОДЕСЬКА НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ
ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ**

ЗБІРНИК ПРАЦЬ

VI МІЖНАРОДНОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ
КОНФЕРЕНЦІЇ

**«ІННОВАЦІЙНІ
ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ»**



ОДЕСА
2017

Публікуються доповіді, представлені на VI Міжнародній науково-практичній конференції «Інноваційні енерготехнології» (4 – 8 вересня 2017 р.) і присвячені актуальним проблемам підвищення енергоефективності в сфері АПК, харчових та хімічних виробництвах, розробки та впровадження ресурсо-та енергоефективних технологій та обладнання, альтернативних джерел енергії.

Редакційна колегія:

доктор техн. наук, професор

О.Г. Бурдо

Ю.О. Левтринська

Е.Ю. Ананійчук

О.В. Катасонов

МІЖНАРОДНИЙ НАУКОВИЙ ОРГКОМІТЕТ

- Єгоров**
Богдан Вікторович - голова, Одеська національна академія харчових технологій, ректор, д.т.н., професор
- Бурдо**
Олег Григорович - вчений секретар, Одеська національна академія харчових технологій, д.т.н., професор
- Атаманюк**
Володимир Михайлович – Національний університет «Львівська політехніка», д.т.н., професор
- Васильєв**
Леонард Леонідович – Інститут тепло- і масообміну ім. А.В. Ликова, Республіка Білорусь, д.т.н, професор
- Гавва**
Олександр Миколайович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Гумницький**
Ярослав Михайлович – Національний університет „Львівська політехніка”, д.т.н., професор
- Долинський**
Анатолій Андрійович –Інститут технічної теплофізики, почесний директор, д.т.н., академік НАНУ
- Зав’ялов**
Владимир Леонідович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Керш**
Владимир Яковлевич – Одеська державна академія будівництва та архітектури, д.т.н., професор
- Колтун**
Павло Семенович – Technident Pty. Ltd., Australia, Dr.
- Корнієнко**
Ярослав Микитович – Національний технічний університет України „Київський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Малежик**
Іван Федорович – Національний університет харчових технологій, д.т.н., професор
- Михайлов**
Валерій Михайлович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, д.т.н, професор
- Паламарчук**
Ігор Павлович – Вінницький національний аграрний університет, д.т.н., професор
- Снежкін**
Юрій Федорович –Інститут технічної теплофізики, директор, д.т.н., член-кор. НАНУ
- Сорока**
Петро Гнатович – Український державний хіміко-технологічний університет, д.т.н., почесний професор
- Тасімов**
Юрій Миколайович – Віце-президент союзу наукових та інженерних організацій України
- Товажнянський**
Леонід Леонідович – Національний технічний університет „Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Ткаченко**
Станіслав Йосифович – Вінницький національний технічний університет, г. Вінниця, д.т.н., професор
- Ульєв**
Леонід Михайлович – Національний технічний університет Харківський політехнічний інститут”, д.т.н., професор
- Черевко**
Олександр Іванович – Харківський державний університет харчування та торгівлі, ректор, д.т.н, професор
- Шит**
Михайл Львович – Інститут енергетики Академії Наук Молдови, к.т.н., в.н.с.

3. Паламарчук, І.П. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми конвеєрної вібромашини для обробки продукції «насіпом» [Текст] / І.П. Паламарчук, В.І. Драчишин, В.І. Паламарчук // Збірник наукових праць ВНАУ, № 2(85), 2014. – С. 185 – 192.
4. Bandura, V. Description of heat exchange in the similarity theory of vibrating drying process of sunflower [Text] / V. Bandura, I. Zozuliak, V. Palamarchuk // Ukrainian Journal of Food Science, 2014. Vol. 2. Issue 2. 305-311.
5. Паламарчук, І.П. Анализ динамики виброконвейерной технологической системы с кинематическим комбинированным вибровозбуждением [Текст] / І.П. Паламарчук, В.М. Бандура, В.І. Паламарчук // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2013. Vol. 15. No.4. 314-323.
6. Паламарчук, І.П. Обґрунтування параметрів пружної системи віброконвеєрної машини з кінематичним комбінованим вібровозбудженням [Текст] / І.П. Паламарчук, В.І. Паламарчук, В.І. Драчишин // Східно-Європейський журнал передових технологій, № 6/7(66), 2013. – С. 25 – 30.
7. Пат. 87767 України. Вібраційна конвеєрна сушарка з інфрачервоними випромінювачами / І.П. Паламарчук, В.М. Бандура, В.І. Паламарчук. – заявл. 28.02.2013; опубл. 25.02.2014, Бюл. № 4. — 4 с.

УДК 532.528

МАСООБМІН ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ КАВИ АКТИВОВАНИМ ЕКСТРАГЕНТОМ

Вітенько Т.М., д-р техн. наук, професор, Городиський Н.І., аспірант
Тернопільський національний технічний університет імені І. Пулюя

MASS TRANSFER DURING THE EXTRACTION OF COFFEE USING ACTIVATED EXTRACTANT

Vitenko T. M., Doctor of Science, Professor
Horodyskyi N. I., post-graduate student
Ternopil Ivan Puluj National Technical University

Анотація Проаналізовано цільові компоненти розчинної кави основні чинники що впливають на кінетику їх екстрагування із мелених зерен кави, зокрема температура, ступінь помелу, гідромодуль, тривалість. Розглянуто перспективні напрямки отримання екстрактів, що передбачають використання фізико-хімічного впливу як на екстрагент так і на систему в цілому. Експериментально досліджено масообмін при екстрагуванні в системі мелена кава-вода за умов використання активованого у кавітаційному пристрої гідродинамічного типу і неактивованого екстрагента за різних технологічних параметрів ведення процесу. Проаналізовано зміни які відбуваються в екстрагенті під впливом ефектів гідродинамічної кавітації. Запропоновано та обґрунтовано механізм інтенсифікації процесу вилучення цільових компонентів з обсмаженої меленої кави на основі аналізу можливого масообміну процесу. Експериментальні результати узагальнені на основі математичної моделі, що дозволяє визначати масообмінні коефіцієнти внутрішнього і зовнішнього масообміну й дає змогу прогнозувати процес під час його реалізації на практиці. Проведено аналіз та порівняння масообмінних коефіцієнтів процесу. Обґрунтовано доцільність застосування запропонованого методу з використанням попередньої кавітаційної обробки екстрагента.

Abstract: The objective components of instant coffee and the main factors influencing the kinetics of their extraction from ground coffee beans, in particular, temperature, degree of grinding, water duty, duration, are analyzed. The promising directions of extracts obtaining, which provide the use of physical-chemical influence both on the extractor and on the system as a whole are considered. The mass transfer during the extraction in the system "ground coffee-water" under conditions of activated in hydrodynamic type device and nonactivated extractant under various process parameters were experimentally studied. The changes that occur in the extractant under the influence of the effects of hydrodynamic cavitation are analyzed. The mechanism of intensification of the process of extracting the target components from roasted ground coffee based on the analysis of the possible mass transfer of the process is proposed and substantiated. Experimental results are generalized on the basis of a mathematical model that allows to determine mass exchange coefficients of external and internal mass transfer and allows to predict the process specific character during its implementation in practice. The analysis and comparison of mass transfer coefficients was carried out. The

expediency of application of the proposed method with the use of preliminary cavitation processing of extractant is substantiated.

Ключові слова: екстрагування, кавітаційна активація, коефіцієнти дифузії, розчинна кава
Keywords: extraction, cavitation activation, diffusion coefficients, instant coffee

Натуральна розчинна кава являє собою висушений до порошкоподібного стану екстракт меленої натуральної смаженої кави і призначений для швидкого приготування напою або використання в якості смакової добавки при виробництві різних харчових продуктів. Для його виробництва використовують каву натуральну 1-го і 2-го сортів. Дані досліджень показують, що найкращу за якістю продукцію дає сушка сублімації екстрактів, при якій в продукті в максимальному ступені зберігаються ароматичні і смакові властивості натуральної кави.

У розчинній каві містяться білки, вуглеводи, вільні жирні кислоти, в значних кількостях присутні хлорогенова кислота, дубильні речовини. Відносно змісту загальної кількості летючих ароматичних речовин розчинна кава практично не поступається обсмаженій і меленій. Найбільшими виробниками кави є Бразилія (40%) і Колумбія (15%), великими імпортерами – США і Західна Європа. В даний час кава виду Арабіка - безумовний світовий лідер серед всіх видів цього напою. На нього припадає близько 70% всіх кавових плантацій [1].

Як ми всі знаємо - кава це унікальна суміш смаку і аромату. Ці компоненти напою починають проявлятися як раз в момент екстракції ароматичних і смакових компонент, розчинених в суміші кавового порошку і води. Дуже важливо зрозуміти і правильно використовувати знання саме цього моменту. Фактично час екстракції є основоположним чинником для приготування напою, який Ви хочете отримати.

Отже - існує кілька основних параметрів екстракції. Зупинимся на кожному з них. 1. Відсоток цільових компонентів у екстракті. За загальновизнаним правилом приготування якісного напою потрібно домогтися щоб близько 20 відсотків сухих розчинних речовин перейшли у екстракт. Звичайно ця цифра не є «непорушним правилом» - можна отримати і більше відсотків цільового компоненту у екстракті. Але необхідно слідкувати щоб поряд із цільовими компонентами не екстрагувались баласты. Зменшення відсотка вмісту екстракту дозволить отримати менш ароматний і менш насичений напій.

2. Температура для оптимального процесу екстракції повинна бути в межах 94 градусів. Можливі відхилення в 1-2 градуси. Цей режим є раціональним з точки зору вилучення компонентів і збереження аромату.

3. Ступінь помелу кавового зерна. Розрізняють декілька основних типів помелу кави. - Грубий помел, середній помел, тонкий помел. З точки зору екстрагування раціональним є середній помел. Оскільки крупний є не доцільний з точки зору екстрагування, а мілкий потребує складного розділення.

4. Тип зіткнення кавового порошку з водою в процесі екстракції. Не можна допускати нерівномірного розподілу кавового порошку в воді. Ці обидва компонента повинні бути добре перемішані.

5. Останній але не менш важливий параметр екстракція - це співвідношення ваги кавового порошку і обсягу використовуваної води.

Характерною особливістю екстрагування під час виробництва розчинної кави є його тривалість, що триває 7 - 8 год. Другою характерною особливістю є низький технологічний рівень їхнього оформлення. На превеликий жаль, на більшості підприємств процеси екстрагування ведуться в періодично діючих апаратах шляхом багатоступеневого протічечного настоювання (перколяції), а то і простого настоювання (мацерації). Третьою особливістю даних процесів є низький ступінь вилучення цільових компонентів з рослинної сировини. Тому часто у відходи потрапляє значна кількість біологічно активних речовин.

Одним із перспективних напрямків отримання екстрактів є використання активації екстрагента [2-6]. Авторами отримано [2-5] новий екстрагент (електроактивовану водну систему) шляхом оброблення пом'якшеної питної води у електродіалізних мембранних установках. У роботі [6] запропоновано проводити електрохімічну активацію води. Отримані позитивні результати щодо підвищення ефективності екстрагування фенольних сполук з *Laonurus cardiaca* та валеріанової кислоти з *Valerianae officinalis* шляхом застосування екстрагента активованого у гідродинамічних кавітаційних пристроях [7,8]. Запропонований метод має переваги перед такими методами екстрагування як: вихрове [9], застосування роторно-пульсаційних апаратів [10, 11, 12]. Недоліками зазначених методів є суттєве подрібнення сировини і вимивання високомолекулярних речовин із зруйнованих клітин. Зазвичай отримують вилучення з баластами та значним вмістом дрібнодисперсної фази (мутні). Такі екстракти потребують відстоювання протягом декількох діб або центрифугування, а наявні баласты зменшують термін їхньої придатності і утруднюють очищення. Слід зазначити й досить великі енергетичні витрати

та ерозійне руйнування елементів пристроїв. Вони є ненадійними, що притаманно пристроям і апаратам, у яких використовують елементи, що обертаються з великою швидкістю і вимагають точного балансування.

Тому метою роботи було експериментальне обґрунтування у доцільності кавітаційної активації рідкої фази та попереднє дослідження масообміну в системі тверде тіло (подрібнена кава) – рідина (вода) неактивованим та активованим у гідродинамічному кавітаційному пристрої екстрагентом.

Методика експериментального дослідження полягала в наступному. Подрібнені зерна кави сорту робуста, фракцією в діапазоні $4,5 \cdot 10^{-3} \dots 5,5 \cdot 10^{-3}$ м масою 30г засипали в скляну ємність і заливали активованим екстрагентом масою 300г (гідромодуль 1:10). В якості екстрагенту було використано дистильовану воду. Екстрагент попередньо обробляли в кавітаційному пристрої статичного типу [8] впродовж 5 хв. Режим обробки екстрагенту було вибрано виходячи з теоретичних досліджень гідродинамічних параметрів в кавітаційному модулі статичного типу проведених з допомогою програми SolidWorks модуля Flow Simulation.

Після чого проводили інтенсивне перемішування зерен кави з екстрагентом за допомогою магнітної мішалки марки ММ-5 частота обертання 400-1200 об/хв. Екстрагування з зерен кави проводили за різних температурних умов 18°C, 40°C, 60°C.

На рисунках 1 та 2 наведено результати вилучення цільових компонентів з зерен кави за умови використання екстрагенту попередньо активованого в кавітаційному пристрої статичного типу та без активації. Дослідження проведено для різних значень гідромодуля та температури.

Проаналізувавши результати досліджень за умови активованого та неактивованого екстрагента можна зробити висновок, що за рахунок використання екстрагенту попередньо активованого в кавітаційному пристрої вдається отримати більший вихід сухих речовин з сировини у порівнянні з екстрагуванням за звичайних умов. З результатів експериментів, наведених на рисунках, за умов використання активованого екстрагенту спостерігається швидший перехід криволінійної ділянки у прямолінійну. Це засвідчує про швидше досягнення рівноважної концентрації в системі й зменшення тривалості процесу.

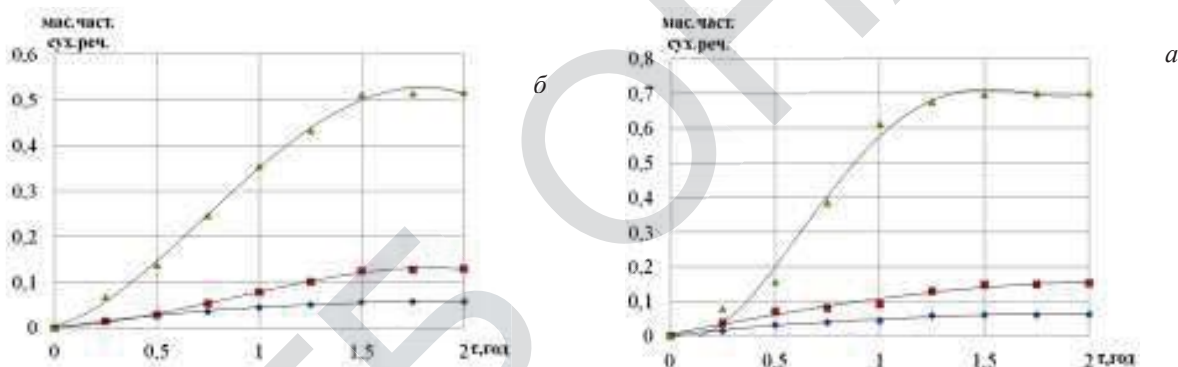


Рис. 1. Результати досліджень процесу екстрагування при гідромодулі 1:10 з а-неактивованим екстрагентом; б- з активованим екстрагентом

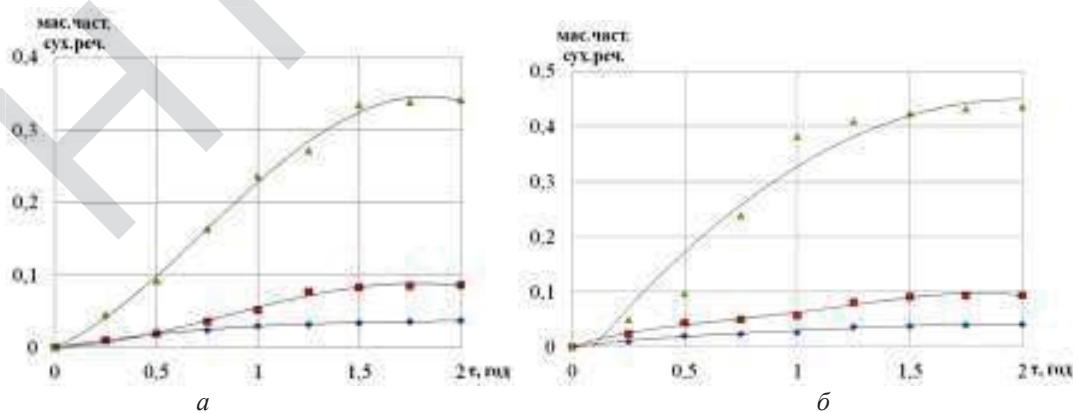


Рис. 2. Результати досліджень процесу екстрагування при гідромодулі 1:20 з а-неактивованим екстрагентом; б- з активованим екстрагентом

Такі результати пояснюються зміною властивостей екстрагента під час його кавітаційної обробки, що супроводжується зменшенням його в'язкості відносно початкової на 10%, поверхневого натягу, утворенням активних мономерних молекул (рис.3). Оскільки в'язкість обернено пропорційна коефіцієнту дифузії, то її зменшення сприятиме його зростанню й відповідно інтенсифікації внутрішнього масообміну. Зміна поверхневого натягу підтверджується результатами дослідів щодо вилучення валеріанової кислоти з капілярів різних розмірів обробленим і необробленим екстрагентом (рис.4). Активованій екстрагент заповнює капіляр швидше (крива 1 знаходиться на кривую 2).

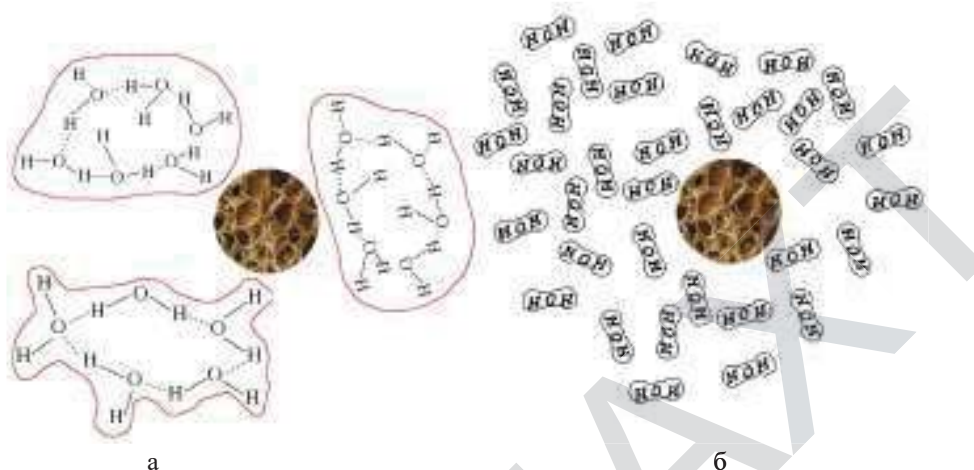


Рис.3. Зміна структури екстрагента внаслідок кавітаційної обробки:
а – до обробки; б – після обробки

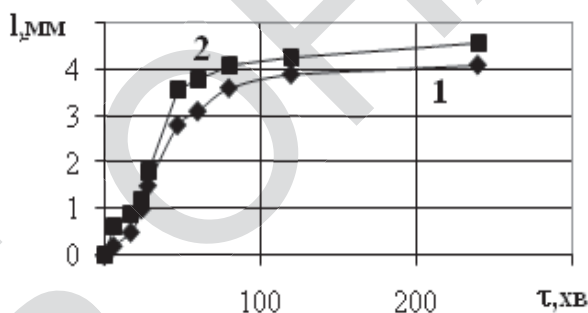


Рис. 4. Зміна межі розподілу суха – волога фази в капілярах розміром 0,5мм з часом:
1 – неактивованій екстрагент; 2 – активованій екстрагент

При математичній обробці отриманих експериментальних результатів було припущено, що найбільший опір переходу цільового компонента у основну масу екстрагента створює клітинна оболонка [13], а площа масообміну є рівною площі поверхні пор частинок рослинної сировини, а не площі зовнішньої поверхні і її можна визначити, як відношення площі зовнішньої поверхні частинки (F_0) твердої фази до порізності (ε).

Кількість цільової речовини, що екстрагується з твердої фази за проміжок часу t визначають за виразом:

$$-V \frac{dC}{dt} = k \frac{F_0}{\varepsilon} (C - C_1), \quad (1)$$

де k – коефіцієнт масопереносу; V – внутрішній об'єм клітини; C – плінна концентрація цільового компонента у клітинах твердої фази, C_1 – концентрація цільового компонента у екстрагенті.

Друге рівняння отримано з рівняння матеріального балансу:

$$W(C_1 - C_n) = V(C_0 - C), \quad (2)$$

де W – об'єм екстрагента; C_n – початкова концентрація екстрагента ($C_n=0$); C_0 – початкова концентрація цільового компонента у клітинах твердої фази.

Рішенням системи рівнянь 1 і 2, з урахуванням умов рівноваги $C=C_1=C_{1p}$ є вираз:

$$1 - \frac{C_1}{C_{1p}} = \exp\left(\frac{kF_0(1 + \beta)}{V\varepsilon}\right)t, \quad (3)$$

де C_{1p} – рівноважна концентрація цільового компонента у екстрагенті; $\beta = \frac{V}{W}$.

Рівняння (3) у логарифмічних координатах описує пряму лінію, за тангенсом кута нахилу якої можна визначити коефіцієнт масопереносу k . Отже одержані експериментально значення концентрацій цільового компонента у екстрагенті і рівноважних концентрацій підставляли у рівняння:

$$\lg\left(1 - \frac{C_1}{C_{1h}}\right) = -k^*t, \quad \text{де } k^* = \frac{0.434kF_0(1 + \beta)}{V\varepsilon} \quad (4)$$

Результати обчислень для процесів екстрагування у звичайних умовах та з використанням активованого екстрагента для частинок з розмірами $4,5 \cdot 10^{-3}$ - $5,5 \cdot 10^{-3}$ м зображено на рис. 5, 6.

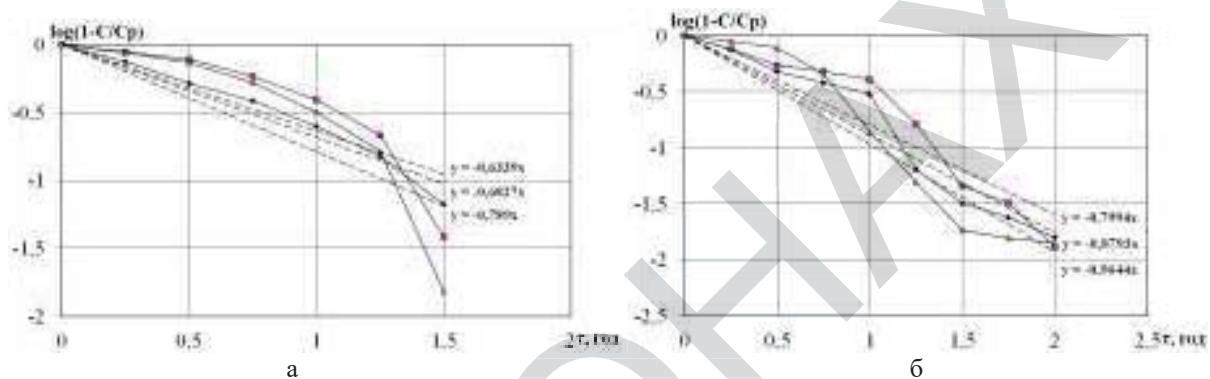


Рис. 5 Лінії регулярного режиму процесу екстрагування при гідромодулі 1:10 з а-неактивованим екстрагентом; б- з активованим екстрагентом

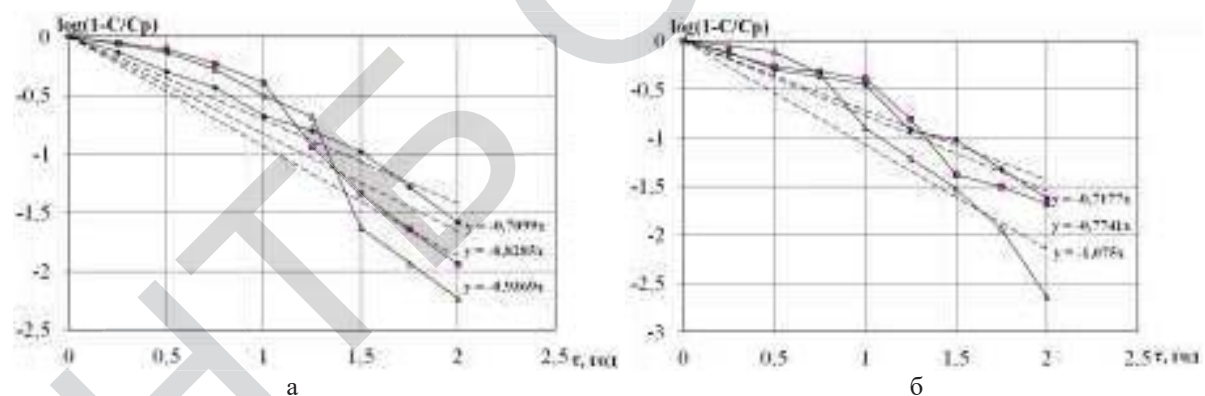


Рис. 6 Лінії регулярного режиму процесу екстрагування при гідромодулі 1:20 з а-неактивованим екстрагентом; б- з активованим екстрагентом

Подальшу обробку отриманих результатів виконували приймаючи до уваги, що порізність – це відношення об’єму порот у частинці твердої фази до її повного об’єму $\varepsilon = \frac{U_0}{U}$, а β у рівнянні (4) з врахуванням умов рівноваги визначали, як: $\beta = \frac{C_{1p}}{C_0 - C_{1p}}$.

Оскільки частинки твердої фази мають малий розмір, то можна припустити, що вони мають кулясту форму. Тоді для однієї частинки справедливим є відношення

$$\frac{F_0}{\varepsilon_{II}} = \frac{5,33\pi^2 \cdot R_{cp}^5}{U_0} \quad (5)$$

А для всієї маси сировини, що підлягає екстрагуванню, можна записати рівняння

$$\frac{F_0}{\varepsilon_{II}} = \frac{5,33\pi^2 \cdot R_{cp}^5 \cdot G}{U_0 \cdot g} \quad (6)$$

де G – маса твердої фази завантаженої на екстрагування, кг; g – маса однієї частинки, кг; R_{cp} – середній радіус частинки твердої фази.

Тоді рівняння для визначення коефіцієнта масопереносу k матиме вигляд

$$k = \frac{k^* \cdot W \cdot U_0 \cdot g \cdot \beta}{22,8R_{cp}^5 \cdot G \cdot (1 + \beta)} \quad (7)$$

Результати розрахунків наведені у табл. 1.

Таблиця 1 Значення коефіцієнтів масовіддачі активованого екстрагента

Гідромодуль 1:10	Неактивований	k^*	k
	18°C	$1,76 \cdot 10^{-4}$	$4,71 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$1,9 \cdot 10^{-4}$	$3,83 \cdot 10^{-10}$
	60°C	$2,19 \cdot 10^{-4}$	$2,1 \cdot 10^{-9}$
	Активований	k^*	k
	18°C	$2,22 \cdot 10^{-4}$	$4,94 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,44 \cdot 10^{-4}$	$1,34 \cdot 10^{-8}$
Гідромодуль 1:20	Неактивований	k^*	k
	18°C	$1,98 \cdot 10^{-4}$	$6,68 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,3 \cdot 10^{-4}$	$6,22 \cdot 10^{-9}$
	60°C	$2,6 \cdot 10^{-4}$	$3,28 \cdot 10^{-9}$
	Активований	k^*	k
	18°C	$1,99 \cdot 10^{-4}$	$5,92 \cdot 10^{-9}$
	40°C	$2,15 \cdot 10^{-4}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$
	60°C	$2,99 \cdot 10^{-4}$	$9,22 \cdot 10^{-8}$

Отримані результати в цілому підтверджують доцільність застосування активованого екстрагента для збільшення вилучення цінних компонентів з подрібнених зерен кави. Водночас слід зазначити що для використання на виробництві запропонованого методу та опису механізму інтенсифікації масообміну необхідно провести серію додаткових досліджень у широкому діапазоні технологічних параметрів, що відповідають технічним умовам.

Висновки

Проведені експериментальні дослідження масообміну екстрагування із мелених зерен кави з використанням активованого екстрагента дали змогу визначити коефіцієнти масопереносу за різних режимів кавітаційної активації. Результати порівняння ефективності екстрагування активованим у гідродинамічному кавітаційному пристрої екстрагентом засвідчили збільшення вилучення цільових компонентів та інтенсифікацію процесу порівняно з екстрагуванням за базових умов.

Література:

1. Блинникова О. М. Товароведение и экспертиза вкусовых товаров. : учебное пособие. – Мичуринск : МичГАУ – 2007. – 234 с.
2. Гулый И.С., Бобровник Л.Д., Купчик М.П. и др. Электромембранная обработка водных сред т ее применение в производстве пектина. – Пищевая промышленность. – 1993. - №11. – 19 -20 с.
3. Донченко Л.В. , Карпович Н.С., Симхович Е.Г.; Производство пектина – Кишинев: – 1993. – 182с.
4. Нелина В.В. , Донченко Л.В., Карпович Н.С. Экотехнология пектина и пектинопродуктов из вторичных сырьевых ресурсов. – Хранение и переработка сельхозсырья. – 1994.- №3. – 15 -16с.
5. Купчик М., Чук В, Купчик Л, Картель М. Комплексоутворююча здатність пектинопродуктів одержаних з використанням електрохімії. – Харчова і переробна промисловість. – 2003. - №6. – .20 – 21с.
6. Купчик М.П., Чук В.В., Богданов Є.С. Виробництво пектинопродуктів з використанням електротехнології підготовки гідролізуючого агента. – Харчова промисловість. – Додаток до журналу

№3. – Опубліковано за матеріалами Міжнародної науково-технічної конференції Розроблення та виробництво продуктів функціонального харчування, інноваційні технології та конструювання обладнання для перероблення сільгоспсировини, культура харчування населення України – Київ НУХТ.-2003.- 20-21с.

7. Вітенько Т.М. Дифузійні константи процесу екстрагування валеріани при попередній кавітаційній обробці. – Днепропетровск: «Вопросы химии и химической технологии» – 2007, – №3, 147–150с.

8. Вітенько Т.М. Інтенсифікація масообміну в системі капілярно-пористе тіло – рідина. – Днепропетровск: «Вопросы химии и химической технологии» – 2006, – №3, 153-156 с.

9. Melichar M., Rusek V., Solich Y., Ceskosl. Farmac., 3(10), 336-341 (1954)

10. Леквешвили М. В., Балабудкин М.А. и др. Хим.-фарм. журн. – 17(3), 354-356 (1983).

11. Соснина Н.А., Миронов В.Ф., Коновалов А.И. и др. Экстрагирование пектиновых веществ амаранта в суперкавитирующем аппарате роторно-пульсационного типа. – Хранение и переработка сельхозсырья. – 1999. - №6.- 32-35с.

12. Запорожец Е.П., Богус А.М., Яхутль М.Ю. Экстрагирование пектина из растительного сырья механическим способом в кавитационном аппарате. – Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. – 1998. - №1.- 84-85с.

13. Дячок В.В. Математична модель процесу екстрагування із рослинної сировини. – Хімічна промисловість України – 2001. – №4. – 52-55 с.

УДК 66.063.94:045

БАЛАНСОВІ МОДЕЛІ ТА ФАЗОВІ РІВНОВАГИ ПРИ КРІОКОНЦЕНТРУВАННІ ГРАНАТОВОГО СОКУ

Бурдо А.К.¹, Давар Ростами Пур²,
Стоянова О. М.¹, Драгні О. І.¹

¹ ОНАХТ, м. Одеса, Україна ² DRP Group, Тегеран, Іран

BALANCE MODELS AND PHASE EQUILIBRIUMS AT CRYOCONCENTRATION OF POMEGRANATE JUICE

Burdo A.K.¹, Davar Rostami Pur²,
Stoyanova A. M.¹, Dragani O. I.¹

¹ONATH

² DRP Group, Tehran, Iran

Анотація. Робота присвячена дослідженню статичних моделей апаратів блокового виморожування. Дана методика розрахунку балансових моделей процесів кристалізації та сепарування блоку льоду. Наведена методика експериментального дослідження умов фазової рівноваги при кріоконцентруванні гранатового соку. В результаті отримано кріоскопічну лінію для гранатового соку в діапазоні концентрацій сухих речовин 3 – 50%.

Abstract. The work is devoted to the research of static models of block freezing devices. This methodology for calculating the balance models of crystallization processes and separation of the ice block is given. The method of experimental study of the conditions of the phase equilibrium in the cryoconcentration of pomegranate juice is given. As a result, a cryoscopic line for pomegranate juice was obtained in the range of concentrations of dry matter of 3 - 50%.

Ключові слова: кріоконцентрування, балансові моделі, блокове виморожування, кріоскопічна лінія, гранатовий сік.

Key words: cryoconcentration, balance models, block freezing, cryoscopic line, pomegranate juice.

Вступ. На ринках харчових продуктів зростає попит на різноманітні соки. Крім соків прямого віджимання збільшується сектор відновлювальних соків. Такі соки виготовляють із концентрованих шляхом додавання до них питної води. Виробників концентрований сік приваблює тим, що він довго зберігає свій харчовий потенціал, потребує менших об'ємів при зберіганні та зменшує витрати при транспортуванні.

ІННОВАЦІЙНІ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЇ ХАРЧОВИХ ВИРОБНИЦТВ

СПОСОБИ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ВОЛОГОВИДАЛЕННЯ ПРИ ЗНЕВОДНЕННІ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ	
Снежкін Ю.Ф., Гусарова О.В., Шапар Р.О.	182
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОЕ ПРОИЗВОДСТВО ФИТОЭСТРОГЕННЫХ РАСТИТЕЛЬНЫХ ПОРОШКОВ	
Петрова Ж. А., Слободянюк Е. С.	186
СВЯЗЫВАНИЕ ИОНОВ ТЯЖЕЛЫХ МЕТАЛЛОВ ФУНКЦИОНАЛЬНЫМИ ПРЕБИОТИЧЕСКИМИ ПОРОШКАМИ	
Петрова Ж. О.	192
ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ОТРИМАННЯ РОСЛИННИХ ЕКСТРАКТІВ	
Гоженко Л. П., Коник А. В., Радченко Н. Л., Целень Б. Я., Недбайло А. Є.	195
ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ИСПЫТАНИЯ МАКЕТА МИКРОВОЛНОВОГО ПРОТИВОТОЧНОГО ЭКСТРАКТОРА КОФЕ	
Левтринська Ю.О., Терзиев С.Г.	200
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЕФЕКТИВ ГІДРОДИНАМІЧНОЇ КАВІТАЦІЇ НА ЕЛЕКТРОХІМІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ВОДИ	
Авдєєва Л. Ю., Макаренко А. А.	209
ВПЛИВ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГІДРОДИНАМІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ АЕРАЦІЙНО-ОКИСНЮВАЛЬНОЇ УСТАНОВКИ РОТОРНОГО ТИПУ НА ПРОЦЕС ЗНЕЗАЛІЗНЕННЯ ПИТНОЇ ВОДИ	
Ободович О.М., Сидоренко В. В.	211
ВИКОРИСТАННЯ ПОПЕРЕДНЬОГО БЛАНШУВАННЯ СИРОВИНИ В ПРОЦЕСІ ЕКСТРАГУВАННЯ	
Чорний В. М., Прищепя Ю. Ю., Лапіна Н. В., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.	215
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ КИЗИЛУ	
Степанчук М.С., Лапіна Н.В., Чорний В.М., Мисюра Т.Г., Попова Н.В.	219
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ НАСТОЮВАННЯ ПЛОДІВ ЖУРАВЛИНИ	
Бараловська О. В., Прищепя Ю. Ю., Чорний В. М., Мисюра Т. Г., Попова Н. В.	223
КІНЕТИКА СУШІННЯ НАСІННЯ СОЛЯШНИКУ ТА СОЇ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ	
Бандура В.М., Маренченко О. І., Пилипенко Є. О., Катасонов О. В.	226
СУШАРКИ НАСТУПНОГО ПОКОЛІННЯ	
Яровий І.І., Катасонов О.В.	232
ЭКСПЕРЕМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕПЛООБМЕНА ПРИ КИПЕНИИ ПИЩЕВЫХ РАСТВОРОВ	
Зыков А.В., Резниченко Д.Н., Безбах И.В.	242
БАЛАНСОВІ, ЕНЕРГЕТИЧНІ, КІНЕТИЧНІ ТА ФАЗОВІ МОДЕЛІ ПРОЦЕСІВ ВИМОРОЖУВАННЯ СОКІВ	
Бурдо О.Г., Мординський В.П., Давар Ростами Пур	244
СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ КОНСТРУКТИВНОЇ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ КОНВЕСЕРНИХ ВІБРАЦІЙНИХ СУШАРОК ПРИ ОБРОБЦІ СИПКОЇ СИРОВИНИ	
Паламарчук І. П.	250
МАСООБМІН ПРИ ЕКСТРАГУВАННІ КАВИ АКТИВОВАНИМ ЕКСТРАГЕНТОМ	
Вігенько Т.М., Городиський Н.І.	254
БАЛАНСОВІ МОДЕЛІ ТА ФАЗОВІ РІВНОВАГИ ПРИ КРІОКОНЦЕНТРУВАННІ ГРАНАТОВОГО СОКУ	
Бурдо А.К., Давар Ростами Пур, Стоянова О. М., Драгні О. І.	260
МАШИНА ДЛЯ ПРЕДВАРИТЕЛЬНОГО ОБЕЗВОЖИВАННЯ ПЕРА ПТИЦЬ	
Всеволодов А.Н., Романов С.О.	266
ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНАЯ ВАКУУМНАЯ СУШИЛКА	
Бурдо О. Г., Мордынский В. П., Светличный П. И., Ананийчук Э. Ю.	270
ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ ОДИНИЧНИХ КРАПЕЛЬ КРОХМАЛЬНОЇ ПАТОКИ ИГ-30 ЯК ОБ'ЄКТУ РОЗПИЛЮВАЛЬНОГО СУШІННЯ	
Шаркова Н. О., Турчина Т. Я., Жукотський Е. К., Декуша Г. В., Костянець Л. О.	275
ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИННОВАЦИОННОГО ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОЙ И МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ ПЛОДОВОГО СЫРЬЯ	279