

Рис. 6 – Порівняння собівартості

Цифри наступні: 27 коп. за  $\text{дм}^3$  вимороженої води і 70 коп. за  $\text{дм}^3$  бутльованої (дані від виробника), що говорить про економічну перевагу блочного виморожування при виробництві талої води навіть при порівнянні з бутльованою.

### Висновки

Технології блочного виморожування є новими та перспективними напрямками у водопідготовці. Осцилюючі режими установок блочного виморожування спроможні забезпечити харчові, хімічні, фармацевтичні та гальванічні технології якісною водою. Двоступеневе виморожування в осцилюючому режимі дає надчисту воду. Дослідні зразки талої води мають переваги за якісними, мікробіологічними, енергетичними та економічними показниками.

### Література

1. Бурдо О.Г. Холодильные технологии в системе АПК. – Одесса: «Полиграф», 2010. – 288 с.
2. Рябчиков, Б.Е. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования. – М.: ДеЛи принт, 2004. – 301 ст.
3. Rahman M. Shafiur, Mushtaque Ahmed. Freezing–melting process and desalination: review of present status and future prospects – Int. J. Nuclear Desalination, Vol. 2, No. 3, 2007. – 253 – 261 ст.
4. Lubosˇ Vrbka, Pavel Jungwirth. Brine Rejection from Freezing Salt Solutions: A Molecular Dynamics Study. – Physical review Letters, 2005. – 148501, 1 – 4 ст.

УДК 665.3.061.3

## КІНЕТИКА ПРОЦЕСУ ЕКСТРАГУВАННЯ В ЕЛЕКТРОМАГНІТНОМУ ПОЛІ

Бурдо О.Г., д-р. техн. наук, професор, Буйвол С.М., аспірант  
Одеська національна академія харчових технологій, м. Одеса  
Бандура В.М., доцент  
Вінницький державний аграрний університет, м. Вінниця

*Одним із важливих напрямків виробництва олії є інтенсифікація процесу екстрагування. В наш час при виробництві олії з рослинної сировини майже не використовують електромагнітний нагрів, який дає хороший результат. За рахунок впливу електромагнітного поля при екстракції можна отримати більший процентний вихід олії з найбільш цінними компонентами, скоротити тривалість технологічного процесу й інтенсифікувати його, а також знизити затрати енергії.*

*One of the important points in the production of oil is intensification of the extraction process. At present oil production from raw material does not use electromagnetic heating which gives a good result. Owing to the influence of the electromagnetic field we can get greater percent of the oil yield with more valuable components, to reduce time of the technological process, energy costs and intensify this process.*

**Ключові слова:** розчинник, екстрагування, інтенсифікація, масообмін, дифузія.

**Вступ.** Екстрагування є складним і трудомістким завданням. Харчові, хімічні і фармацевтичні виробництва використовують традиційну технологію екстракції рослинної і тваринної сировини, яка основана на масопереносі – дифузії. В якості екстрагента використовують воду, етанол, гексан, нефрас, спирт тощо. Контакт початкової сировини з екстрагентом за часом довготривалий. При цьому у відходах виробництва залишається багато біологічно активних речовин (БАР).

Біологічно активні речовини в невеликих кількостях містяться в різних рослинах, але їх роль у стабілізації важливих біохімічних і фізіологічних процесів людини значна. В сучасному арсеналі лікувальних засобів препарати рослинного походження складають 40 %.

**Сучасні способи інтенсифікування процесу екстрагування.** Ефективність екстракції речовини залежить перш за все від розчинності і швидкості переходу з однієї фази в іншу. Розчинність можна змінити, підбираючи розчинник, в який переходить потрібна речовина. Швидкість переходу речовини з твердої фази можна збільшувати, підвищуючи температуру розчинника. Однак підвищення температури веде, з одного боку, до інтенсифікації процесу дифузії, а з іншого – чинить довготривалу теплову дію, яка веде до витрат БАР внаслідок їх деструкції.

При екстракції олії екстракція ведеться частіше всього в нерухомому або частково перемішувачому шарі. При екстракції в нерухомому чи частково перемішувачому шарі можливе злежування частинок і блокування їх поверхні іншими частинками, причому матеріал у вигляді крупки укладається більш щільно. Якщо частинки здатні стискатись, то зі збільшенням товщини шару чи під дією напору рідини проникність шару погіршується. В шарі матеріалу утворюються звивисті канали. Від їх неперервності та діаметра залежить проникнення розчинника в товщину частинок. Їх злежування погіршує умови руху розчинника через матеріал; мілкі частинки виносяться частинками, і їх скупчення в деяких місцях збільшує гідравлічний опір, ці ділянки гірше оброблюються розчинниками. Виходячи з вищесказаного, до чинників, які визначають швидкість екстракції, необхідно віднести в першу чергу структурно-механічні властивості екстрагованого матеріалу, які залежать від способу його підготовки. Зовнішня структура матеріалу характеризується розміром і формою частинок. Для максимального вилучення олії і високої швидкості процесу зовнішня структура матеріалу повинна відповідати низці умов. Передбачаються мінімальні розміри частинок для забезпечення максимальної питомої поверхні зіткнення матеріалу з розчинником.

Крім того, легкі частинки вимиваються потоком розчинника і збільшують величину відстоювання у міцелі, погіршують умови його фільтрування. Це обмежує ступінь подрібнення матеріалу при його підготовці до екстракції і змушує використовувати доцільний розмір його частинок, який визначається для кожного виду насіння.

Внутрішня структура частинок матеріалу, що екстрагується, також повинна відповідати низці умов: забезпечувати швидке проникнення розчинника всередину частинок, які не повинні мати вторинних перегородок і володіти великою внутрішньою пористістю.

Для інтенсифікації процесу екстрагування традиційні технології мають три підходи:

— максимальний контакт поверхні сировини з екстрагентом за рахунок механічного подрібнення сировини;

— упорядкування концентрації за рахунок ефективного перемішування;

— прискорення процесів дифузії за рахунок підвищення температури процесу екстрагування.

Доцільність двох перших підходів очевидна, вони практично легко реалізуються, а третій – викликає ускладнення, оскільки температура приводить, з одного боку, до інтенсифікації процесу дифузії, а з іншої – довготривалу теплову дію.

#### **Постановка задач досліджень.**

В роботі поставлена задача визначити вплив виду сировини та екстрагента, дисперсності сировини, гідромодуля, гідродинаміки процесу, типу та потужності енергетичної дії на кінетику процесу екстрагування.

**Методика досліджень.** Виходячи із загальних положень теорії екстрагування в системі «тверде тіло – рідина», для того щоб прискорити екстракцію, необхідно збільшити рушійну силу процесу та зменшити опір його протікання. При сталому значенні розміру частинок цього можна досягти регулюванням температури процесу та співвідношенням фаз, тобто гідромодулем. Однак, найбільш суттєвий результат очікується при залученні до переносу цільових компонентів потужного бародифузійного потоку із системи капілярів твердої фази [1]. Тому головним завданням експериментальних досліджень було визначити параметри НВЧ – обробки, при яких має місце найбільший вихід цільових компонентів. Передбачається, що за допомогою бародифузії з'явиться можливість максимально вилучити із мікрокаплярів сировини олію.

Використання НВЧ-нагріву дозволило інтенсифікувати процес теплової обробки сировини і екстрагування стійких розчинних речовин водного середовища. Позитивні результати використання електромагнітного імпульсного випромінювання були отримані: при виробництві харчових барвників з буряку,

плодово-ягідної сировини, у схемі прискореного дозрівання коньячних спиртів, при вилученні кедрової олії із насіння сосни сибірської, в лабораторних умовах для прискорення вилучення фунгіцидів із деревного матеріалу, при отриманні соєвої олії, при вилученні масел із листя м'яти, розмарину, чайного дерева та інших рослин, при екстрагуванні нікотину із табачної сировини [1].

Для створення направленого із центру градієнта температур і тиску можна використовувати лише НВЧ-нагрів. Із відомих видів енергетичної дії на сировину в ході технологічної обробки мікрохвильовий підвід енергії володіє унікальною здатністю.

1. Об'ємний характер поглинання енергії. Інтенсивність енергопідводу залежить лише від електрофізичних властивостей сировини і характеристик електромагнітного поля, що знижує температурний рівень обробки.

2. Селективний характер поглинання мікрохвильової енергії. Вода поглинає електромагнітну енергію в мікрохвильовому діапазоні частот набагато інтенсивніше, ніж інші діелектрики, утворюючи структуру сировини рослинного походження. В результаті різного вологовмісту утворюється основа для формування різних комбінацій полів температури, тиску, концентрації всередині продукту. При цьому температура і тиск всередині матеріалу будуть вищі, ніж в екстрагенті з високими діелектричними властивостями, наприклад у спирті, що дає активний ефект термо- і бародифузії.

3. Вплив імпульсного електромагнітного поля. За рахунок часткового поглинання розчинником НВЧ - енергії проходить вирівнювання внутрішньої і зовнішньої температури, що приводить до зниження темпу процесу екстрагування.

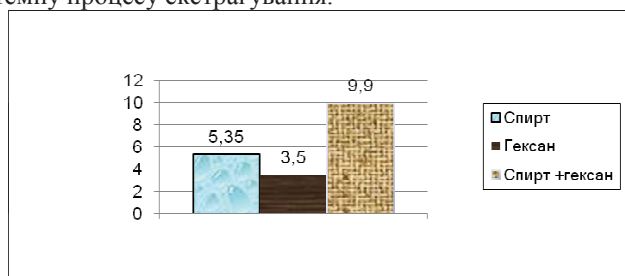


Рис.1 – Вихід олії із наважки амарантової муки

Рисунок 1 свідчить, що при застосуванні розчинника гексан вихід олії становить 3,5 %, а при екстракції спиртом 5,35 %. Екстракція двома розчинниками (спирт+гексан) дозволила значно інтенсифікувати процес та виділити майже 10 % олії.

Процес із періодичним циклом «нагрів – охолодження» повторюється неодноразово до повного вилучення продукту (рис 2). При НВЧ-нагріві тривалість рівномірного прогріву рідини в частинках мала в порівнянні із загальною тривалістю процесу. Тому можна вважати, що при температурі рідини в твердій частинці, близькій до температури кипіння, відбувається частковий перехід від молекулярного переносу до конвективного.

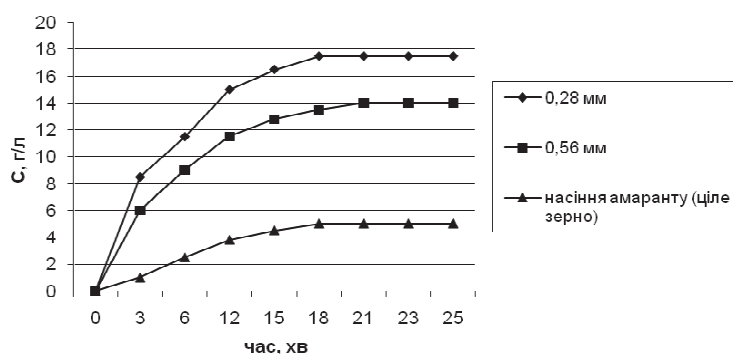
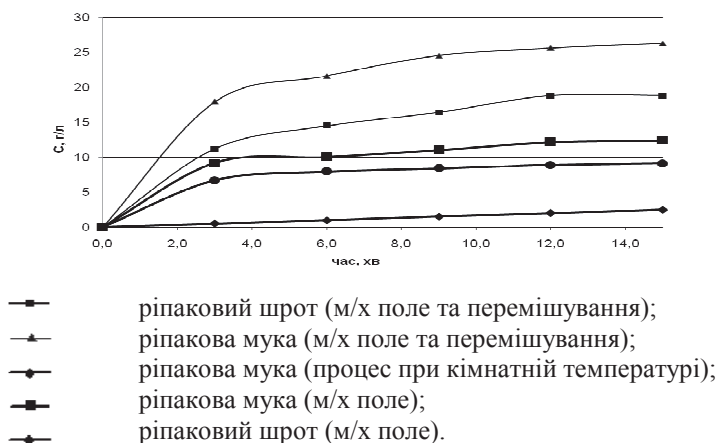


Рис. 2 Залежність концентрації від часу у процесі екстрагування олії спиртом при гідромодулі 1:3 при впливі електромагнітного поля

Подрібнення твердих частинок приводить до збільшення поверхні контакту фаз, зменшення внутрішнього дифузійного опору і таким чином прискорення процесу екстрагування. Разом з тим із зростанням ступеня подрібнення зменшується пористість шару частинок, погіршується гідродинамічна обстановка в апараті, підвищується взаємне блокування поверхонь частинок, ростуть затрати на подрібнення і ускладнюється розділення рідкої і твердої фаз після завершення екстрагування. Тому надмірно висока дисперсність матеріалу може привести до зменшення швидкості процесу і погіршення його техніко-економічних показників.

Друга серія експериментів мала визначити кінетичні залежності екстрагування системи «спирт – шрот ріпака» та «спирт – мука ріпака», її наведено на рис. 3.



**Рис. 3 – Залежності концентрацій від часу при екстрагуванні олії зі шроту і муки ріпака спиртом**

Видно, що електромагнітне поле на порядок скорочує час екстрагування та вдвічі підвищує вихід цільових компонентів. Визначено вплив перемішування на інтенсивність процесу екстрагування. Саме вплив мікрохвильового поля та перемішування дає змогу підвищити концентрацію олії в розчині на 45-50 %.

#### Висновок

Проведені експерименти дають змогу стверджувати, що отримання екстрактів з рослинної сировини (насіння амаранту та ріпака) з допомогою мікрохвильової енергії мають велику перспективу. Застосування процесів у мікрохвильовому полі дозволяє значно інтенсифікувати технологічні процеси харчових продуктів, підвищувати якість продукту та знижувати затрати енергії.

#### Література

1. Бурдо О.Г., Ряшко Г.М. Экстрагирование в системе «кофе вода». Одесса, 2007. – 176 с.
2. Бурдо О.Г., Светлічний П.І., Буйвол С.М. Екстрагування олії з насіння амаранту в електромагнітному полі. «Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы»: Вып 7-8. Министерство агрополитики Украины, Южный филиал отделения промышленной радиоэлектроники МАИ; Киев – Одесса, 2009, С. 33-38.

УДК. 664.126.4.054-4

## ДОСЛІДЖЕННЯ КРИСТАЛОУТВОРЕННЯ В УМОВАХ ПРОМИСЛОВОЇ КРИСТАЛІЗАЦІЇ ЦУКРУ У ВАКУУМ-АППАРАТАХ

Ушан О.Є., інженер, Савич А.Н., канд. техн. наук, доцент  
Український науково-дослідний інститут цукрової промисловості

*Розглянуто питання кристалотворення при одержанні цукру у вакуум-апаратах при використанні різних видів затравочного матеріалу.*

*The problem of sugar crystallogenesis with different seed materials in sugar manufacturing process is described.*

Ключові слова: затравочний матеріал, кристалотворення, сироп, пересичення.

Процес кристалотворення – один з найважливіших етапів для отримання утфелю потрібної якості. Від технології заведення кристалів залежить кінцевий розмір кристалів, чи з'являтимуться «кристалічна