

УДК 664.8.047.014

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ ТА КЛАСИФІКАЦІЇ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ АНТИОКСИДАНТНОЇ БУРЯКОВО-ЛИМОННОЇ СИРОВИНИ

Снєжкін Ю.Ф., д-р техн. наук, професор, Петрова Ж.О., к. т. н., ст. наук. співробітник,  
Пазюк В. М., к. т. н., ст. наук. співробітник.  
Інститут технічної теплофізики НАН України, м. Київ

*В статті наведені дослідження з подрібнення та класифікації функціональної рослинної сировини на основі буряку та лимону.*

*The article presents research on grinding and classification of functional plant material from beets and lemon.*

**Ключові слова:** функціональна сировина, подрібнення, збереження бетаніну.

Сучасні технології, хоча і дозволяють виготовляти харчові продукти на основі овочів та фруктів, але при цьому недостатньо використовують їх різноманітний та корисний хімічний склад. Недосконалість технологічних процесів, необізнаність із хімічним складом та лікувально-профілактичними властивостями даної рослинної сировини, нераціональне використання відходів виробництва обмежує її переробку. Наряду з існуючими технологіями переробки овочів та фруктів виробництва рослинної сировини в харчові порошки дозволяє впродовж року зберігати якісні характеристики вихідної сировини.

При цьому комплексне поєднання мікроелементів, вітамінів, каротиноїдів, бетаніну, пектину, органічних кислот та ін. за рахунок створення овочево-фруктових композицій та вживання їх людиною створює профілактично-оздоровчий ефект. Запобігає підвищенню ризику онкозахворювання, кровеносно-судинних та опорнорухаючих систем, тобто регулює всі фізіологічні та психічні процеси в організмі людини.

Основними вимогами до виробництва функціональних продуктів харчування – це порівняно невисокі витрати енергоносіїв за рахунок вдосконалення технології виробництва або введення в процес сучасного обладнання з низьким рівнем споживання енергії. Тобто, у кожному випадку треба вирішувати проблему зменшення витрат енергії, збереження якості сировини та одночасного дотримання критеріїв безпеки, термінів зберігання, технологічності у подальшому використанні.

Створення сучасних технологій виробництва функціональних харчових порошків передбачає наступні операції: попередньої підготовки сировини, сушіння, охолодження, подрібнення, класифікацію та пакування порошку. Дана робота присвячена висвітленню питання дослідження процесу подрібнення функціональної антиоксидантної буряково-лимонної сировини зі збереженням високого вмісту бетаніну буряку, який відповідає за забарвлення від червоного до фіолетового.

Дослідження процесів диспергування сухого буряково-лимонного композиційного рослинного матеріалу проведені на дезінтеграторі ДЕЗІ-1М. Подрібнення буряково-лимонної суміші проводились на дезінтеграторі при швидкості обертання ротору 30, 50, 70, 80 м/с. Порошки, отримані в наслідок диспергування сухих функціональних харчових продуктів, складаються з суміші часток різного розміру. Ці суміші необхідно розділити на фракції за величиною часток для виділення з них порошків, які застосовуються на харчові цілі. Функціональні порошки можна розділити на фракції 0,1-0,16 мм коли їх використовувати в якості барвників, 0,16-0,25 мм – в продуктах швидкого приготування [1, 2].

Функціональні харчові порошки, отримані внаслідок диспергування, складаються із великої кількості часток і підпорядковуються статистичним законам. Експериментальні дослідження цих процесів показали, що розподіл часток за діаметром в сукупності має в загальному випадку безперервний характер з наявністю екстремумів. Результати досліджень представлені у вигляді диференційних і інтегральних кривих розподілення, причому аргументом є розмір часток  $\delta$ , а функцією – вміст часток даного розміру, вираженого через масу.

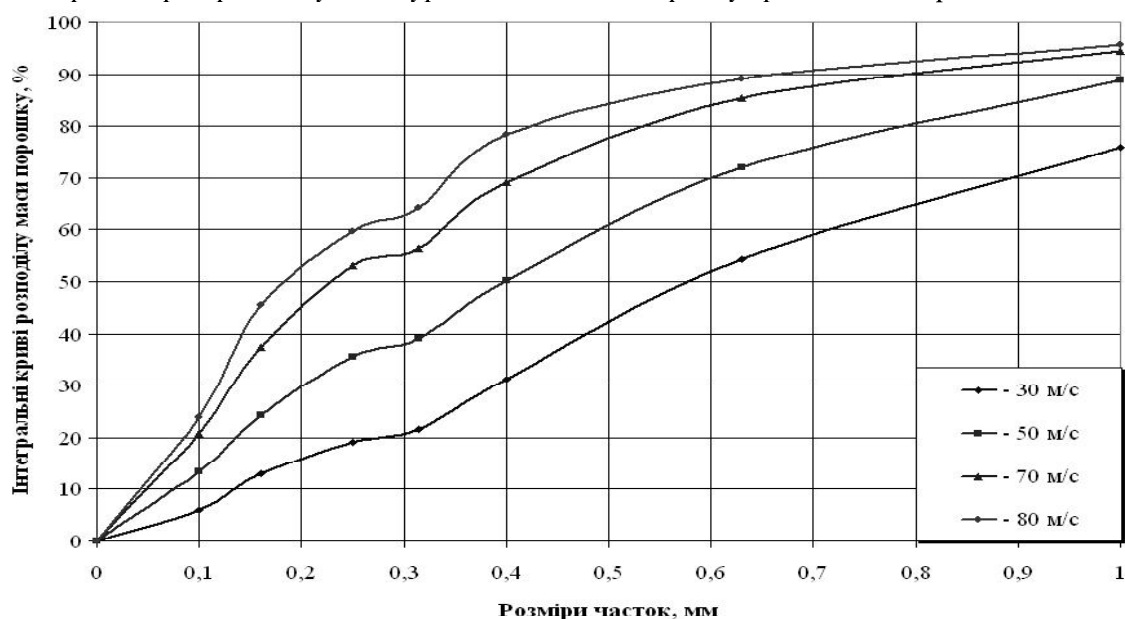
При побудові диференційних кривих розподілення маси на вісі абсцис відкладені значення діаметрів часток – від найменшого  $\delta_{\min}$  до найбільшого  $\delta_{\max}$ , а по вісі ординат – функція розподілення маси:

$$F(\delta) = \frac{\Delta m}{M_{\Sigma} \cdot \Delta \delta}, \quad (1)$$

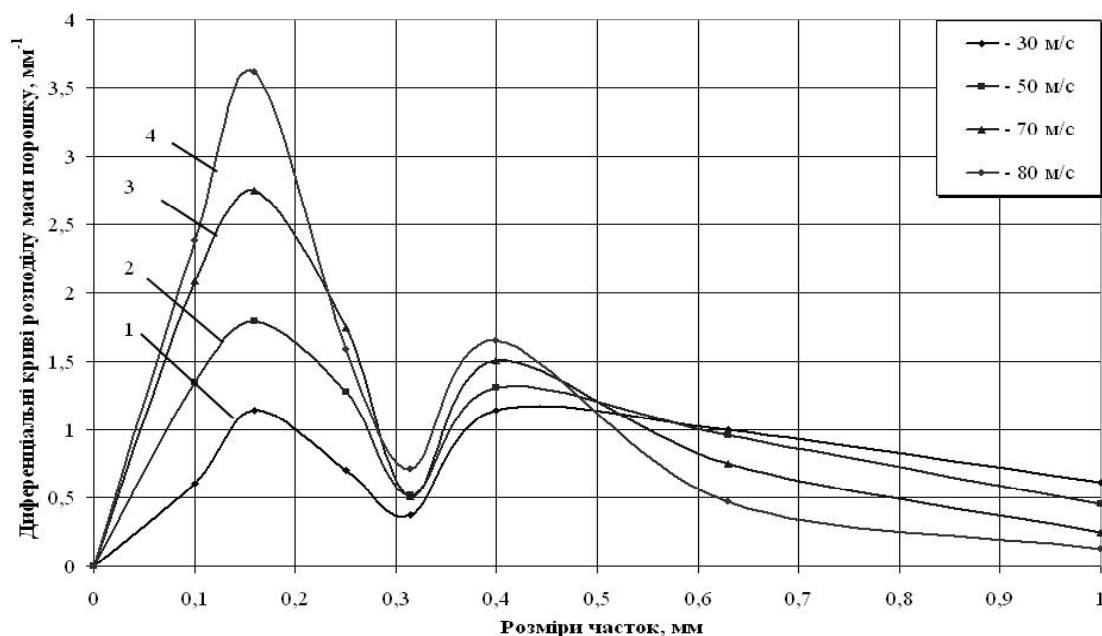
де  $M_{\Sigma}$  — загальна маса всіх часток, г;  $\Delta m$  — маса частинок в інтервалі розмірів від  $\delta$  до  $\Delta \delta$ , г.

Аналіз диференціальних кривих розподілення маси буряково-лимонного порошку від швидкості обертання ротору дезінтегратора представлено на рис. 1. На диференційних кривих спостерігаємо два максимальних значення розподілу маси буряково-лимонного порошку. Починаючи з 50 м/с максимальне значення при розмірі часток 0,16 мм різко збільшується і стає більше за розміри часток 0,4 мм, хоча в них також спостерігається не суттєве підвищення маси порошку.

Інтегральні криві розподілу маси буряково-лимонного порошку представлені на рис. 2.



**Рис. 1 – Диференціальні криві розподілення маси порошку з буряково-лимонної суміші від розміру часток при швидкості обертання роторів дезінтегратора 1- 30 м/с, 2 – 50 м/с, 3 – 70 м/с, 4 – 80 м/с та часу просіювання 5 хв.**



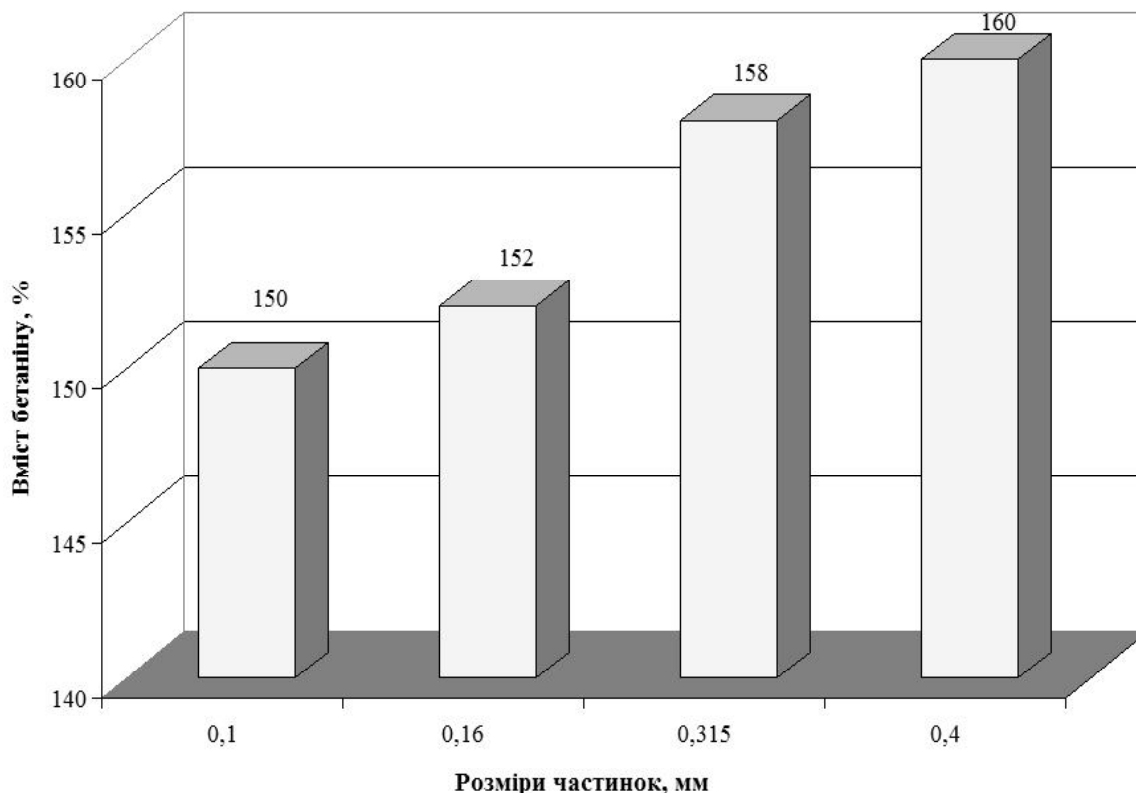
**Рис. 2 – Інтегральні криві розподілення маси порошку з буряково-лимонної суміші від розміру часток при швидкості обертання роторів дезінтегратора 1- 30 м/с, 2 – 50 м/с, 3 – 70 м/с, 4 – 80 м/с та часу просіювання 5 хв**

Інтегральні криві розподілу маси буряково-лимонного порошку від розміру часток показали (рис. 2), що отримання дрібнодисперсних порошоків при швидкості обертання ротору дезінтегратора 30 та 50 м/с

становить всього відповідно 20 та 35%. Збільшення швидкості до 70 – 80 м/с підвищує отримання дрібнодисперсного порошку на рівні 55 – 60%, що збільшує вихід фракції в 1,7 рази, а вихід харчової фракції < 0,5 мм становить 78 – 85%.

Диференційні криві буряково-лимонного порошку мають перегин при розмірі частинок 0,3 мм, який відобразився і на інтегральних кривих з такою ж розмірністю.

На рис. 3 приведені дослідження вмісту бетаніну в різних фракціях буряково-лимонного порошку.



**Рис. 3 – Вміст бетаніну в різних фракціях буряково-лимонного порошку**

Більша кількість бетаніну зосереджена біля оболонки клітин [3]. Тому вміст бетаніну в порошках фракції 0,315 та 0,4 мм зберігається на рівні 158 - 160 мг/%, а з дисперсністю 0,1 мм та 0,16 мм він складає 150 - 152 мг/%. Це пояснюється тим, що вискодисперсні порошки містять в своєму складі більше м'якоті, в якій до 60% розчинних вуглеводів, ніж оболонок. Бетанін від ступеню подрібнення буряково-лимонного порошку не зменшується, а відбувається його перерозподіл.

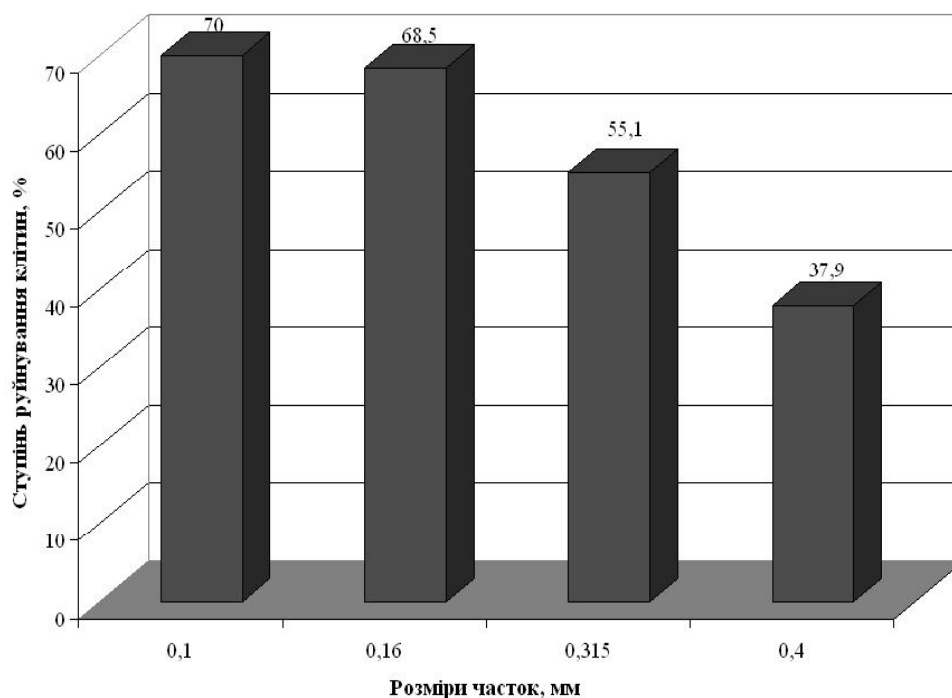
Для оцінки якості подрібнення сухої бетаніновмісної рослинної сировини застосований метод визначення ступеня руйнування рослинної тканини (ступінь розкриття структури клітини).

Ступінь руйнування рослинної тканини визначається відношенням кількості бетаніну, який знаходиться в сировині, і кількості бетаніну, що переходить в розчинник при змішуванні твердої і рідкої фази за 1 хв. При визначенні загального вмісту бетаніну в сировині, екстракція відбувається до повного знебарвлення сировини, а не на протязі фіксованого часу.

В результаті цих досліджень була визначений ступінь руйнування буряково-лимонного порошку при різних дисперсностях за вищенаведеною методикою (рис. 4).

При дисперсності буряково-лимонного порошку 0,1 мм ступінь руйнування клітин становить 70 %, це свідчить про високий ступінь руйнування. При дисперсності порошку 0,16 та 0,315 мм ступінь руйнування клітин становить 68,5 та 55,1% відповідно. Найменший ступінь руйнування клітини, з наведених розмірів часток порошку, спостерігається при дисперсності 0,4 мм і досягає 37,9%.

Бетанін, знаходиться в вакуолях під час подрібнення оболонки вакуолів руйнуються і бетанін виходить в міжклітинних простір. Тому, чим більш тонко подрібнений матеріал, тим більш повно вилучається бетанін.



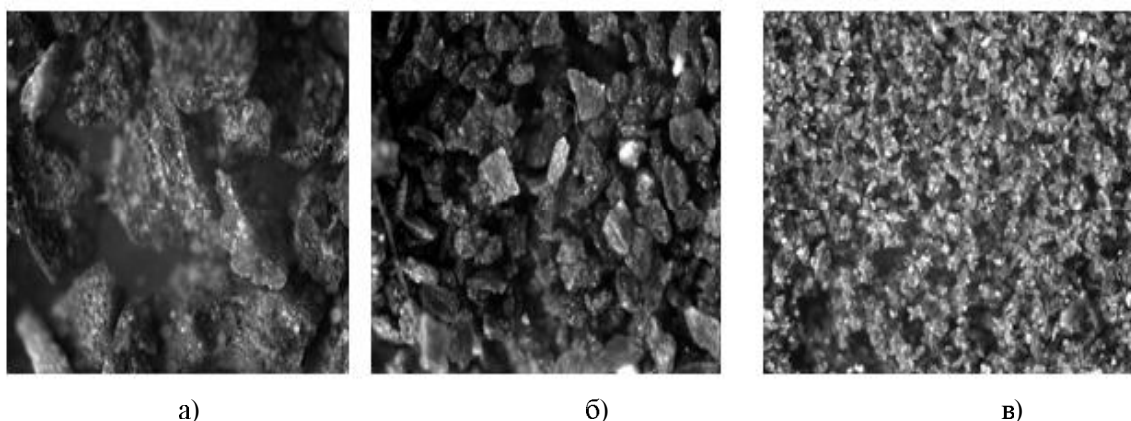
**Рис. 4 – Ступінь руйнування клітин від дисперсності буряково-лимонного порошку**

Проведені спостереження загальної структури буряково-лимонного порошку на електронному мікроскопі «Semrtun» (виробництво Китай) підтверджують дані лабораторних досліджень (рис. 5).



**Рис. 5 – Електронний мікроскоп «Semrtun» (виробництво Китай)**

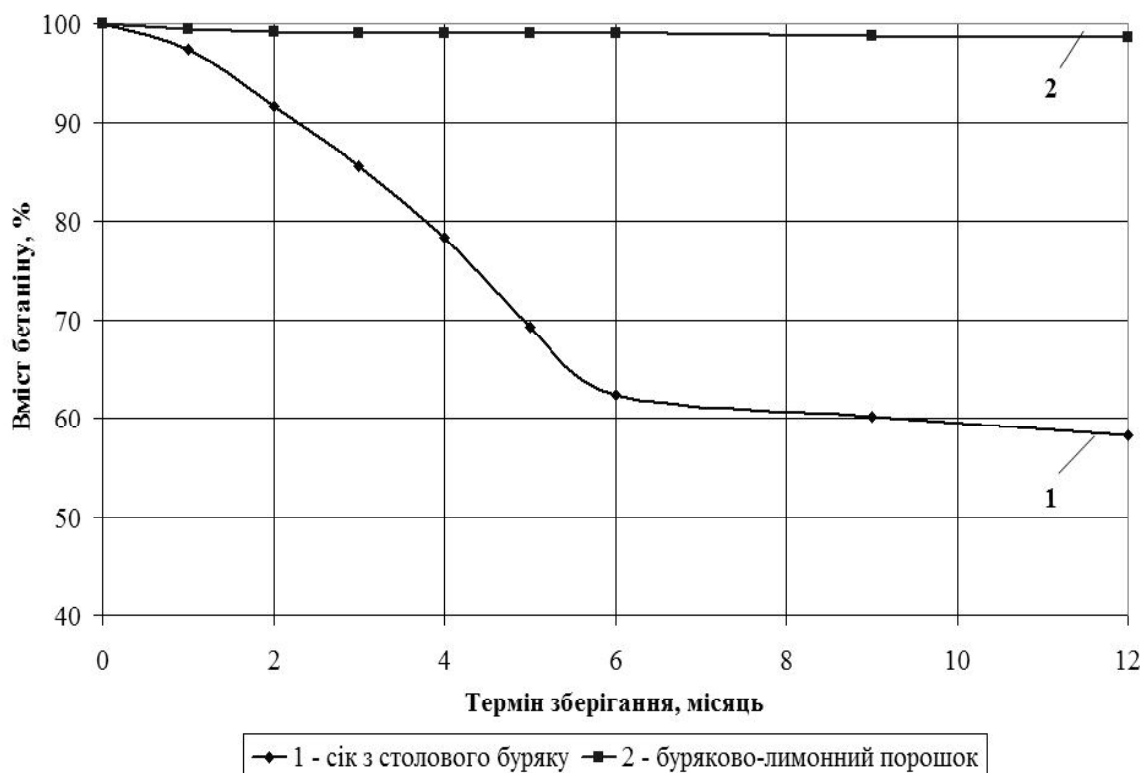
З фотографій видно, що фракції 0,63-1 мм та 0,16-0,25 мм мають інтенсивне бордове забарвлення (рис.6 (а,б)), відповідно там більший вміст бетаніну. При дисперсності менше 0,16 мм буряково-лимонна суміш має однорідну структуру, що свідчить про високий ступінь подрібнення.



**Рис. 6 – Фотографії буряково-лимонного порошку на електронному мікроскопі при збільшенні 400:1; розміри фракцій: а) 0,63 – 1 мм; б) 0,16 – 0,25 мм; в) менше 0,16 мм.**

В цих порошках також важливо контролювати вміст бетаніну в процесі зберігання. Контроль вмісту бетаніну проводили в процесі зберігання на протязі 12 місяців.

Для порівняння використовували також стерилізований, консервований сік з буряку. Визначення бетаніну проводили в інтервалі через місяць протягом 6 місяців і в подальшому через 3 місяці (рис. 7).



**Рис. 7 – Зміна вмісту бетаніну в процесі зберігання бетаніновмісних продуктів**

При зберіганні соку із столового буряку відбувається руйнування бетаніну протягом 12 місяців майже на 58%. Порошок із столового буряку з лимоном завдяки низькому вмісту вологи та лимонній кислоті лимону зберігає свої барвні речовини майже на 98%.

Антиоксидантні порошки на основі столового буряку є складними полікомпонентними системами, які мають високий вміст бетаніну, органічних кислот, розчинних вуглеводів. Завдяки цьому складу вони стабільні під час зберігання на протязі 12 місяців.

## Література

1. Снежкин Ю.Ф., Боряк Л.А. Исследование процессов диспергирования сухих растительных материалов.- Промышленная теплотехника, 1982, т. 4, С. 43 – 45.
2. Снежкин Ю.Ф., Боряк Л.А., Акинфиева Л.Л., Демченко В.В. Влияние параметров диспергирования и сепарации на дисперсный состав пищевых порошков из растительного сырья .- Пищевая промышленность, 1985, № 11, С. 33 – 34.
3. Тележенко Л.Н. Биологически активные вещества фруктов и овощей и их сохранение при переработке / Л.Н. Тележенко – Одеса: Издательство «Optimum», 2004. – 268 с.

УДК 663.938-027.332:664.047

## РОЗРОБКА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОГО ЕКСТРАКТОРУ ОЛІЇ КАВИ

Бурдо О.Г., Терзісв С.Г., Ружицька Н.В.  
Одеська національна академія харчових технологій

*У статті розглянуто процес екстрагування олії зі шלאму кави. Запропоновано принципову схему та методику розрахунку екстрактора з мікрохвильовим інтенсифікатором для екстрагування олії зі шלאму кави.*

*The process of extraction coffee oil from coffee ground is considered in current paper. The scheme based on principle and methods of calculation of the extractor with microwave intensifier for extraction of oil from coffee ground are proposed.*

**Ключові слова:** шлам кави, бародифузія, олія кави, екстрагування, мікрохвильове поле.

**Keywords:** coffee ground, barodiffusion, coffee oil, extraction, microwave field.

Шлам кави – це відхід виробництва розчинної кави. Він являє собою порошокподібну масу вологістю 79-82%, темно-коричневого кольору, з вираженим ароматом кави. Утворюється після екстрагування водорозчинних речовин з подрібнених зерен кави.

На 1 т готової розчинної кави припадає 1,5...2 т шלאму [1]. Відповідно, шלאму в Україні утворюється близько 1,5 – 2 тис. т на рік. Неутилізований шлам спричиняє негативний вплив на навколишнє середовище [2].

Після екстрагування шлам кави містить до 4% екстрактивних речовин [3]. Найбільш цінними компонентами шלאму кави, доцільними для подальшої переробки є: кавова олія (7 – 17%), целюлоза та лігнін (60 – 75%), суміш смако-ароматичних речовин (кофеоль) – (3 – 5%), білок (5 – 7%) [1, 2]. Також у кавовому шламі містяться макро- та мікроелементи і вітаміни В2 і РР [3].

Олія зелених зерен кави використовується у косметичній промисловості завдяки пом'якшувачій дії, зумовленій жирними кислотами та здатності блокувати шкідливу дію сонячного проміння на шкіру людини. Її вміст у зернах складає близько 10 – 15% і ринкові ціни на даний продукт постійно ростуть.

Олія обсмажених кавових зерен також широко використовується як джерело аромату у харчових продуктах та парфумерії. А завдяки зниженому рівню дитерпенових сполук, ця олія є значно більш стабільною при зберіганні.

Для фармацевтичної промисловості кавова олія представляє інтерес завдяки антиканцерогенній та протизапальній дії, притаманній кафеолу і кафеолу.

Одним з найсучасніших методів інтенсифікації процесу екстрагування з рослинної сировини є застосування мікрохвильового поля.

Мікрохвилі – неіонізуючі хвилі частотою від 300 МГц до 300 ГГц і у електромагнітному спектрі розташовуються між рентгенівським та інфрачервоним промінням [4]. Принцип нагріву мікрохвилями базується на їх безпосередній взаємодії з полярними матеріалами та розчинниками і керується двома явищами: іонною провідністю та обертанням диполів, які у більшості випадків відбуваються одночасно.

Під дією мікрохвильового поля виникає обертальний рух полярних молекул води та, у разі використання полярного розчинника (спирт), розчиннику у капілярах шלאму. Стінки капілярів є радіопрозорими, тобто енергія мікрохвиль витрачається лише на нагрівання води та полярного розчинника. У капілярах утворюються парові бульбашки, внаслідок чого виникає градієнт тиску і рідина з капіляру періодично викидається у потік. При цьому можливе часткове руйнування стінок капіляру. Таким чином, окрім по-

токів  $J_1$ ,  $J_2$  и  $J_3$  виникає ще один потік  $J_4$  [5].