

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КАВІТАЦІЙНОГО МЕХАНІЗМУ ПРИ ПУЛЬСАЦІЙНОМУ ЕКСТРАГУВАННІ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ**

**Іваницький Г.К.<sup>1</sup>, д.т.н., пр.н.с., Шурчкова Ю.О.<sup>1</sup>, д.т.н., г.н.с., Ганзенко В.В.<sup>1</sup>, к.т.н., с.н.с.,  
Гоженко Л.П.<sup>1</sup>, м.н.с., Янюк Т.Г.<sup>2</sup>, к.т.н., доц., Янюк Т.О.<sup>2</sup>, аспірант, Бондар О.Ю.<sup>2</sup>, магістрант**

**1 - Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України, м. Київ**

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

*Представлені результати експериментальних досліджень впливу кавітаційного механізму в пульсаційному диспергаторі при екстрагуванні з цілісної та розмеленої сировини на прикладі насіння льону та екструдату з бобів сої.*

*The results of experimental studies of the effect of the cavitation mechanism in the pulsating dispersant during extraction with whole and crushed raw material for example flax seed and extruded soybeans are presented.*

Ключові слова: кавітація, диспергування, екстракція, реологія.

Головна особливість процесу екстрагування харчової та рослинної сировини полягає в тому, що фізичні властивості сировини значно змінюються в процесі екстрагування, і це суттєво впливає на всі стадії технологічного процесу. Технологія переробки рослинної сировини потребує максимального збереження біоактивних компонентів, що може забезпечити проведення екстрагування при невисоких температурах. При цьому рекомендується попереднє замочування, тривалість якого залежить від швидкості витіснення повітря з клітини. Використовуючи ультразвук, а саме утворений звукокапілярний ефект, досягається не тільки прискорення витіснення бульбашок повітря, але і спричинюються умови для його розчинення у воді. Під дією ультразвукових коливань відбувається активний вплив на тканини сировини, що забезпе-

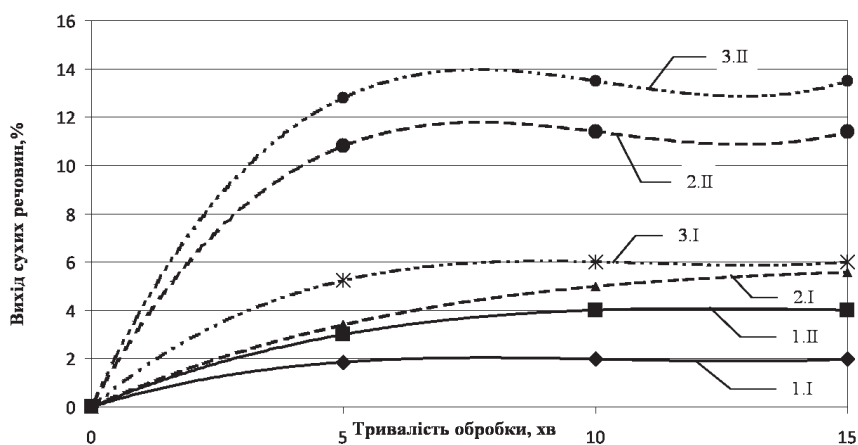
чуже більш швидкий перехід біоактивних компонентів з клітини в екстрагент і приводить до інтенсифікації процесу екстрагування.

В акустичному полі велике значення для інтенсифікації процесу екстрагування має процес диспергування. Вирішальним фактором прискорення процесів масопереносу, що протікають під дією акустичного поля є кавітаційний механізм [1].

В ІТТФ НАН України на основі впливу кавітаційного механізму створені і успішно використовуються в багатьох галузях промисловості ефективні технології перемішування, диспергування та екстракції із застосуванням різних типів струминних пульсаційних апаратів, які працюють за принципом дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) [2-4]. Апарати кавітаційної дії, в яких ініціюється потужний кавітаційний вплив на дисперсну фазу, що і забезпечує інтенсивне екстрагування біоактивних речовин перспективні у застосуванні при проведенні процесів екстрагування з цілісної сировини. В них є можливість обробки сировини незалежно від початкового розміру і форми твердої дисперсної фази, висока зносостійкість та відсутність частин, що труться і б'ються та відповідно більш висока продуктивність, порівняно з роторно-пульсаційними апаратами, де також можуть виникати кавітаційні ефекти [5].

Процес екстрагування проводили паралельно в диспергаторах ударного та кавітаційного типу. При проведенні експериментальних досліджень впливу кавітаційних ефектів на сировину в пульсаційних диспергаторах взято за об'єкти досліджень: насіння льону ціле та розмелене [6], екструдат бобів сої, окремо екструдат бобів сої з цілим насінням льону (для визначення впливу на структурно-механічні властивості після обробки). Гідромодуль складав 1:7. Температура екстрагента була 30 °С, яка підтримувалась протягом дослідження. В якості екстрагента використовували воду. Після екстрагування в одержаних зразках визначали: вміст сухих речовин згідно ГОСТ 28561-90, крохмаль за ГОСТ 10845-98, кислотність за ГОСТ 10844-74, кількість білка за нефелометричним методом, реологічні показники екстракту за допомогою ротаційного віскозиметра «Реотест-2».

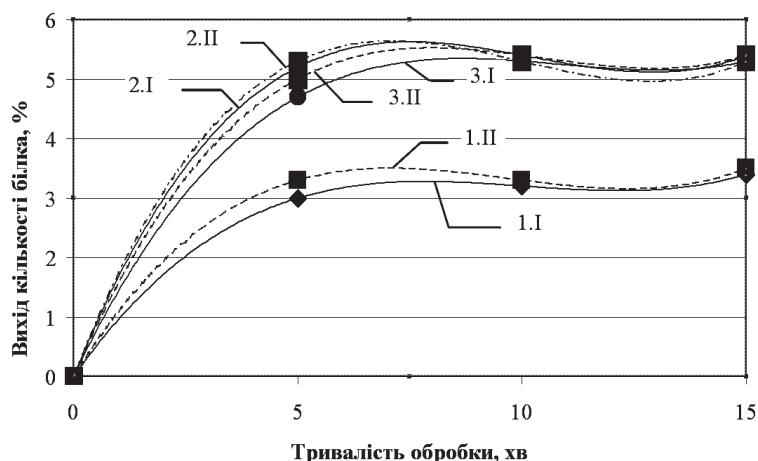
Результати кількості виходу сухих речовин в усіх об'єктах дослідження в залежності від тривалості обробки, представлено на рис.1. Видно, що для кожного виду насіння процес екстрагування інтенсивніше проходить в диспергаторі кавітаційного типу, на відміну від ударного. Для екструдату сої та розмеленого льону різниця показників кількості виходу сухих речовин, порівнюючи після обробки в апаратах, складає близько 5,8 та 7,5 % відповідно. Для цілого насіння льону різниця становить 2 %. Безумовно вплив кавітаційних ефектів кращий на розмелену сировину. Проте, одержані показники для цілісної сировини мають велике практичне значення.



1.I – цілий льон, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 1.II – цілий льон, обробка в диспергаторі ударного типу; 2.I – льон розмелений, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 2.II – льон розмелений, обробка в диспергаторі ударного типу; 3.I – екструдат сої, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 3.II – екструдат сої, обробка в диспергаторі ударного типу

**Рис. 1 – Залежність кількості виходу сухих речовин від тривалості обробки**

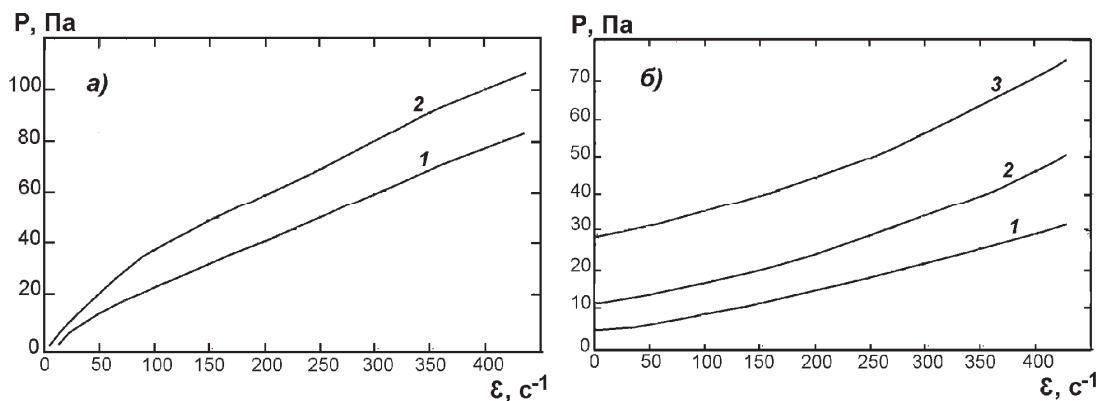
Наступним етапом з аналізу одержаних зразків було порівняння за виходом кількості білка (рис.2). Видно, що для кожного виду насіння вихід білка більший в диспергаторі кавітаційного типу на відміну від ударної дії. Різниця між виходом кількості білка розмеленого насіння льону та цілого в цих апаратах складає 1,8 і 2 % відповідно. Вихід білка також залежить від тривалості обробки. Загалом в пульсаційних диспергаторах досить 7-8 хв як для цілого так і розмеленого насіння льону.



1.I – цілий льон, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 1.II – цілий льон, обробка в диспергаторі ударного типу; 2.I – льон розмелений, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 2.II – льон розмелений, обробка в диспергаторі ударного типу; 3.I – екструдат сої, обробка в диспергаторі кавітаційного типу; 3.II – екструдат сої, обробка в диспергаторі ударного типу

**Рис. 2 – Залежність виходу кількості білка від тривалості обробки**

Сировина, напівфабрикати, готова продукція мають різноманітні структурно-механічні властивості, що залежать від багатьох факторів, а саме: температури, тиску, вологості, якості вихідної сировини, механічної взаємодії, транспортування, способів і терміну зберігання та інших умов. Експериментальні дослідження, пов'язані з вивченням фізико-хімічними, біологічними і механічними процесами дають можливість оптимізувати організацію об'єктивного контролю якості готової продукції. Харчова промисловість пов'язана з процесами переробки структурованих дисперсних систем, які характеризуються такими механічними та реологічними властивостями як в'язкість, пружність, повзучість, пластичність, міцність, релаксація та ін. На рис.3 зображено криві в'язкості одержаних зразків після обробки під впливом кавітаційного механізму.



а – насіння льону ціле, б – екструдат бобів сої з цілим насінням льону.  
Тривалість обробки, хв: 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15

**Рис. 3 – Реологічні властивості одержаних сумішей після кавітаційної обробки**

На рисунках 3-аб представлені, як приклад, експериментальні дані по залежності напруження зсуву  $P$  від швидкості зсуву  $\varepsilon = \Delta v / \Delta r$ , одержані на ротаційному віскозиметрі «Реотест-2» для двох зразків обробленої суміші. Проведені реологічні дослідження показали що усі суміші після екстрагування мають властивості неньютонівської рідини. Екстракт цілого льону, як видно з рис.3-а, має характерні властивості псевдо пластичної рідини – ефективні в'язкість  $\eta = dP/d\varepsilon$  зменшуються із зростанням швидкості зсуву. Такий же реологічний характер спостерігається і в обробленій суміші розмелено льону. Принципово інші реологічні властивості у суміші екструдату бобів сої з цілим насінням льону. Дані рис.3-б свідчать

про те, що цей продукт має типовий характер бінгамовської в'язкопластичної рідини. ( $P = P_k - \eta \dot{\epsilon}$  і  $\eta = d(P - P_k)/d\dot{\epsilon}$ ). Значення кінцевого напруження  $P_k$  зростають з часом обробки: При тривалості обробки 5, 10 та 15 хвилин кінцеве напруження дорівнює відповідно 5, 11 і 28 Па. Для всіх досліджених в роботі сумішей неньютонівський характер в'язкості проявляється більш чітко при підвищенні часу обробки.

На кафедрі технологій хлібопекарських і кондитерських виробів НУХТ випечено хліб з додаванням одержаного лляного екстракту за відповідно підбіраною рецептурою. Досліджені критерії органолептичної оцінки якості хліба за пробним лабораторним випіканням.

#### Література

1. Вітенько Т. М. Механізм та кінетичні закономірності інтенсифікуючої дії гідродинамічної кавітації у хіміко-технологічних процесах. : автореф. дис. ... д-ра техн. наук : 05.17.08 / Вітенько Тетяна Миколаївна ; Нац. ун-т «Львівська політехніка» – Т., 2010. – 40 с.
2. Долинский А.А., Иваницкий Г.К. Тепломассообмен и гидродинамика в парожидкостных дисперсных средах. Теплофизические основы дискретно-импульсного ввода энергии. – Киев: Наукова думка, 2008.–381 с.
3. Долинский А.А., Басок Б.И., Гулый И.С., Накорчевский А.И., Шурчкова Ю.А. Дискретно-импульсный ввод энергии в технологиях. – К.: Изд. ИТТФ НАНУ, 1996. –208 с.
4. Чайка О. І., Малецька К. Д., Матюшкін М. В., Гоженко Л. П. Експериментальні дослідження екстрагування з рослинної сировини методом дискретно-імпульсного введення енергії // Наукові праці ОНАХТ. – 2012. - №.41, Т.1 – с. 48-51.
5. Чайка О. І., Гоженко Л. П., Іваницький Г. К. Інтенсифікація диспергування низинного торфу із застосуванням пульсаційного диспергатора // Пром. Теплотехніка. – 2013. - №5, т.35.- с. 20-26.
6. Оленников Д.Н. Исследование процесса экстракции полисахаридов семян льна (*Linum usitatissimum* L.) / Д.Н. Оленников, Л.М. Танхаева // Химия растительного сырья. – 2007. - № 4 – с. 79-83.