

УДК 641.539:664

Г.В. Дейниченко, д-р техн. наук

Г.М. Постнов, канд. техн. наук

В.М. Червоний, канд. техн. наук

ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЧАСТОТИ ХВИЛЬ ТА ТРИВАЛОСТІ УЛЬТРАЗВУКОВОЇ ОБРОБКИ НА РОЗПОДІЛ РОЗМІРІВ КУЛЬОК ЖИРОВОЇ ФАЗИ В ЕМУЛЬСІЇ

Досліджено розподіл розмірів кульок жирової фази в емульсії від частоти хвиль та тривалості ультразвукової обробки. Отримано математичні моделі процесу ультразвукового емульгування для частотного ряду ультразвукових хвиль 15, 22, 35 кГц.

Исследовано распределение размеров шариков жировой фазы в эмульсии от частоты волн и продолжительности ультразвуковой обработки. Получены математические модели процесса ультразвукового эмульгирования для частотного ряда ультразвуковых волн 15, 22, 35 кГц.

The distribution of the size of fat globules in the emulsion phase of the frequency and duration of ultrasonic treatment. The mathematical model of the process of ultrasonic emulsification for the frequency range of ultrasonic waves 15, 22, 35 kHz.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Важливим для аналізу процесів отримання емульсій та апаратів для їхнього проведення є характеристика полідисперсних систем. Під характеристикою в цьому випадку мається на увазі розподіл часток за їхніми розмірами.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Питанню вивчення ультразвуку, його застосування для отримання емульсій присвятили праці вітчизняні та закордонні вчені І.Е. Ельпінер, Й.О. Рогов, В.М. Горбатов, Ю.Ф. Заяс, В.М. Хмелев, Б.Г. Новицький, О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович. Великий внесок у розвиток моделювання процесів харчових виробництв і показників якості харчових продуктів внесли І.М. Федоткін, Н.В. Остапчук, С.Л. Алексєєв.

За даними досліджень, які були проведені для вивчення процесу ультразвукового емульгування, існує невідповідність між результатами окремих дослідників. Відсутні остаточні результати або їхні кореляції, за допомогою яких було б можливим моделювання розподілу кульок за розмірами залежно від частоти хвиль та тривалості

ультразвукової обробки. Це питання стає дуже важливим для розвитку харчової промисловості, оскільки його рішення дозволить обґрунтувати раціональні параметри ультразвукової обробки харчових жирів для одержання високоякісних емульсій, а також сприятиме впровадженню ультразвукових технологій у харчову промисловість.

Мета та завдання досліджень – формулювання математичної моделі процесу емульгування для частотної низки ультразвукових хвиль 12, 22, 35 кГц, що надасть змогу отримати раціональні значення тривалості процесу.

Виклад основного матеріалу дослідження. У ході проведення експериментальних робіт постає питання визначення розподілу розмірів жирової фази в емульсії від частоти та тривалості ультразвукової обробки. Частота ультразвукової обробки була обрана 15, 22, 35 кГц. Вибір частоти ультразвукової обробки зумовлений тим, що найбільш ефективно процес отримання емульсії відбувається при частоті до 40 кГц [1]. Тривалість була обрана 45, 90, 135, 180 с із розрахунку того, що збільшення тривалості обробки призводить до різкого збільшення температури суміші, внаслідок чого стає неможливим отримання емульсії з високими показниками якості (стійкість, дисперсність) або емульсії взагалі. Частка жирової фази в суміші, яка буде піддаватися обробці не повинна перевищувати 30...40% [2–6], що дасть змогу отримувати емульсії без використання емульгаторів. Тому обробці піддавалась водно-жирова система з 20% жирової фази. Кількість оброблюваної речовини складає 500 мл.

Для проведення обробки було підготовлено спеціальну ємність, яка має високі властивості відбиття ультразвукових хвиль. Обробку проводили, використовуючи ємність із нержавіючої сталі Ст25 діаметром 65 мм, висотою 150 мм, товщина стінок ємності 2 мм. Значення діаметра обрано використовуючи матеріали праці [7], в якій доведено, що ефективний діаметр рідкого середовища, в якому відбувається ультразвукова обробка повинен бути не більше 70 мм. Значення висоти обрано для забезпечення необхідного об'єму при ультразвуковій обробці. Значення товщини стінок було обрано за умови отримання найбільшого коефіцієнта відбиття ультразвукових хвиль. Розрахунок базувався на використанні акустичних законів, де максимум коефіцієнта відбиття можна отримати за товщини матеріалу d , що розраховується за формулою

$$d = \frac{2n-1}{4} \lambda, \quad (1)$$

де $n=1, 2, 3$, λ – довжина ультразвукової хвилі, м.

Отримана проба підлягала мікроскопіюванню та фотофіксації результатів. На наступному етапі фотоматеріали завантажували в ЕОМ та за допомогою програми «UTHSCSA ImageTool» проводили процес отримання результатів вимірювання. Отриманні результати завантажували в програму «Microsoft Office Excel», в якій статистично обробляли результати.

Необхідна кількість інтервалів розбивки визначено за умов допустимості похибки апроксимації кривої розподілу для випадку квантування половини кривої нормального закону розподілу.

У ході досліджень було визначено кількість кульок жирової фази в заданих інтервалах з кроком $h = 1 \cdot 10^{-6}$ м. На основі експериментальних даних розподілу жирових кульок від діаметра було побудовано диференціальну функцію розподілу. Моделюючи диференціальну функцію згладженою монотонною функцією, чисельно отримуємо інтегральну функцію за формулою $F(x) = \int_{-\infty}^x f(r)dr$. У цьому випадку $f(r)dr$ визначає ймовірність того, що розмір кульки буде перебувати в інтервалі $(r \pm \Delta r)$, тобто $-\Delta r \leq r_0 \leq r + \Delta r$. Таким чином, отримуємо інтегральну функцію $F(d)$, що визначає ймовірність того, що діаметр жирової кульки не буде перевищувати величину d , тобто $F(d) = F(R < r)$, де $r \in R$. Функція розподілу матиме вигляд:

$$F(d) = 1 - e^{a_1 d^* + a_2 d^{*2} + a_3 d^{*3}} \quad (2)$$

де d^* – середнє значення окремого інтервалу, м.

Значення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3 наведено в таблиці.

Таблиця – Значення коефіцієнтів a_1, a_2, a_3 для функції розподілу (2) за різних значень частот ультразвукової обробки

Коефі- цієнт	Частота ультразвукової обробки, кГц								
	15			22			35		
	Тривалість експозиції, с								
	90	135	180	90	135	180	90	135	180
a_1	0,402	0,855	0,783	0,394	0,865	0,860	0,384	0,398	0,416
a_2	-0,018	-0,077	-0,096	-0,011	-0,065	-0,093	-0,045	-0,041	-0,051
a_3	0,003	0,005	0,008	0,001	0,004	0,006	0,005	0,004	0,005

Отримані залежності для частоти ультразвукової обробки 15, 22, 35 кГц наведені на рис. 1 – 3 відповідно.

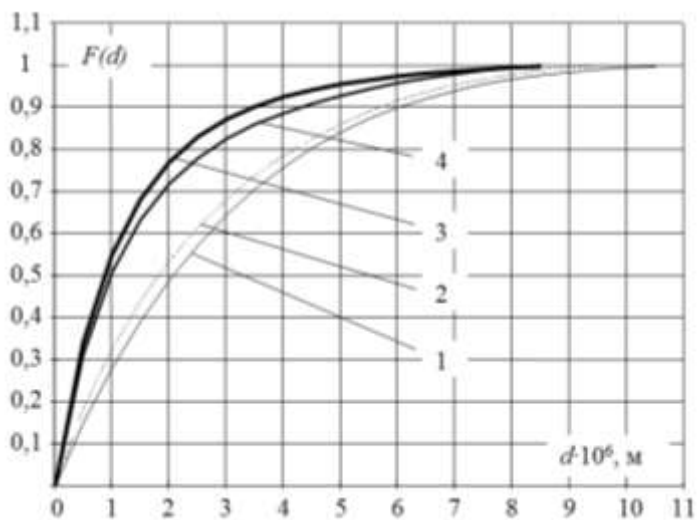


Рисунок 1 – Интегральная функция распределения $F(d)$ размеров кулек дисперсной фазы d в эмульсии за частоты 15 кГц та тривалості ультразвукової обробки s : 1 – 45; 2 – 90; 3 – 135; 4 – 180

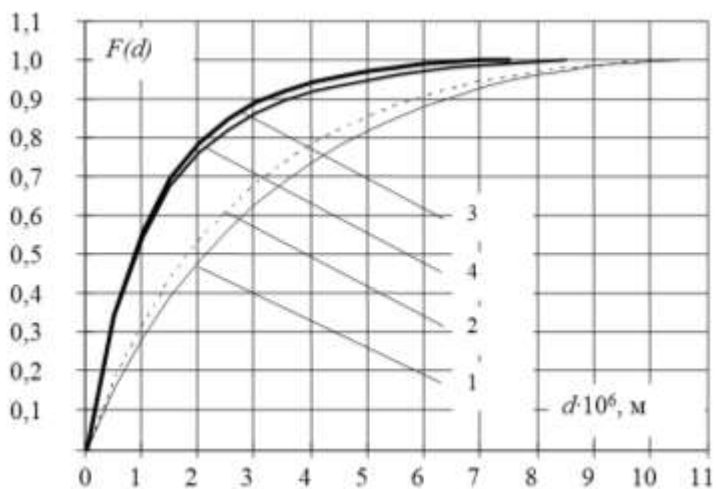
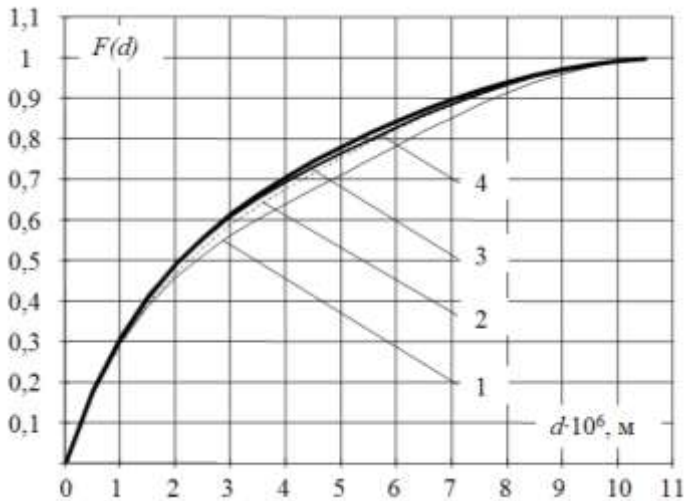


Рисунок 2 – Интегральная функция распределения $F(d)$ размеров кулек дисперсной фазы d в эмульсии за частоты 22 кГц та тривалості ультразвукової обробки s : 1 – 45; 2 – 90; 3 – 135; 4 – 180



**Рисунок 3 – Интегральная функция распределения $F(d)$ размеров
кулек дисперсной фазы d в эмульсии за частоты 35 кГц
та тривалості ультразвукової обробки с:
1 – 45; 2 – 90; 3 – 135; 4 – 180**

Регресійні залежності корелюють із експериментальними значеннями з коефіцієнтом кореляції $k = 0,95...0,99$, що говорить про однозначний функціональний зв'язок між досліджуваними величинами.

За результатами досліджень виявлено, що за частоти 35 кГц отримано незадовільні результати в порівнянні з частотами 15 та 22 кГц. Так, за частоти 22 кГц в інтервалі розмірів жирових кульок до 3 мкм були отримані результати на 18...20% вище, ніж при 35 кГц за тих самих умов. Однак, важливим чинником є те, що частота 15 кГц є верхньою граничною частотою коливань, які здатне відчувати людське вухо, тому їх використання на харчових підприємствах є малоймовірним.

Висновки. Таким чином, отримані графічні залежності дають змогу оцінити ефективність проведення процесу ультразвукового емульгування за частот 15, 22, 35 кГц та охарактеризувати отриманий продукт як мікрогетерогенний. Проте, ці дані не дають змоги класифікувати отриманий продукт за ступенем дисперсності за різної тривалості обробки.

Список літератури

1. Новицкий Б. Г. Применение акустических колебаний в химико-технологических процессах / Б. Г. Новицкий. – М. : Химия, 1983. – 192 с.

2. Козин Н. И. Применение эмульсий в пищевой промышленности / Н. И. Козин. – М. : Пищевая промышленность, 1966. – 250 с.

3. Файвишевский М. Л. О переработке и использовании жиров убойных животных / М. Л. Файвишевский // Мясные технологии. – 2009. – № 12. – С. 52–53.

4. Федоткин И. М. Интенсификация технологических процессов пищевых производств / И. М. Федоткин, Б. Н. Жарик, Б. И. Погорельский. – К. : Техника, 1984. – 176 с.

5. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О. А. Литвиненко, О. І. Некоз, П. М. Немирович, З. Кіндрат. – К. : УДУХТ, 1999. – 87 с.

6. Заяс Ю. Ф. Ультразвук и его применение в технологических процессах мясной промышленности / Ю. Ф. Заяс. – М. : Пищевая промышленность, 1970. – 292 с.

7. Хмелёв В. Н. Многофункциональные ультразвуковые аппараты и их применение в условиях малых производств, сельском и домашнем хозяйстве : монография / В. Н. Хмелёв, О. В. Попова. – Барнаул : АлтГТУ, 1997. – 160 с.

Отримано 30.03.2012. ХДУХТ, Харків.

© Г.В. Дейниченко, Г.М. Постнов, В.М. Червоний, 2012.

УДК 664.834.2

В.О. Потапов, д-р техн. наук, проф.

М.М. Цуркан, канд. техн. наук, доц.

ДОСЛІДЖЕННЯ УМОВ РІВНОМІРНОГО НАГРІВАННЯ ХАРЧОВОЇ СИРОВИНИ У ФУНКЦІОНАЛЬНІЙ ЄМНОСТІ НВЧ-СУШАРКИ

Розглянуто питання визначення умов рівномірного нагріву зневоднюваної сировини у функціональній ємності НВЧ-сушарки, що є одним з основних факторів підвищення енергоефективності процесу НВЧ-сушіння.

Рассмотрен вопрос определения условий равномерного нагрева обезвоживаемого сырья в функциональной емкости СВЧ-сушилки, что является одним из основных факторов повышения энергоэффективности процесса СВЧ-сушки.

The question of determination of terms of the even heating of the dehydrated raw material is considered in the functional capacity of MV-dryer, that is one of basic factors of increase of energyefficiency of process of MV-drying.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Як відомо, процеси сушіння різної харчової сировини є досить енергозатратними, як і подібні процеси у всіх промислових галузях. Визначення шляхів