

Міністерство освіти і науки України



## НАУКОВІ ПРАЦІ ОНАХТ

Випуск 36, том 2, 2009

Наукове видання

серія

Технічні науки

**Засновник:**

Одеська національна  
академія харчових  
технологій

Засновано в Одесі  
у 1937 р.

Відновлено з 1994 р.

Наукові праці ОНАХТ входять до Переліку наукових фахових видань, затвердженого ВАК України, в яких можуть публікуватися основні результати дисертаційних робіт (Бюлетень ВАК України, 1999, № 4)

**Головний редактор**

*Єгоров Б.В.*, д-р техн. наук, професор

**Заступник головного редактора**

*Капрельяну Л.В.*, д-р техн. наук, проф.

**Відповідальний редактор**

*Станкевич Г.М.*, д-р техн. наук, професор

**Редакційна колегія:**

*Амбарцумяну Р.В.*, д-р тех. наук, проф.

*Безусов А.Т.*, д-р тех. наук, проф.

*Бурдо О.Г.*, д-р тех. наук, проф.

*Віннікова Л.Г.*, д-р тех. наук, проф.

*Гапонюк О.І.*, д-р тех. наук, проф.

*Гладушняк О.К.*, д-р тех. наук, проф.

*Жуковський Е.Й.*, д-р тех. наук, проф.

*Іоргачова К.Г.*, д-р тех. наук, проф.

*Моргун В.О.*, д-р тех. наук, проф.

*Черно Н.К.*, д-р тех. наук, проф.

*Харківський Д.Ф.*, д-р екон. наук, проф.

Реєстраційне свідоцтво

КВ № 12577-1461 ПР

від 16.05.2007 р. Видано

Міністерством юстиції України

Усі права захищені.

Передрук і переклади дозволяються  
лише зі згоди автора та редакції

Рекомендовано до друку Ученою

радою Одеської національної

академії харчових технологій,

протокол № 10 від 16.06.2009 р.

Мова видання:

українська, російська, англійська

*За достовірність інформації  
відповідає автор публікації*

ББК 36.81 + 36.82

УДК 663 / 664

**Одеська національна академія харчових технологій**

Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій

Міністерство освіти і науки України. – Одеса: 2009. – Вип. 36. – Том. 2. – 321 с.

**Адреса редакції:**

вул. Канатна, 112, м. Одеса, 65039

© Одеська національна академія харчових  
технологій, 2009 р.

Національна бібліотека України  
імені В.І.Вернадського

УДК 664.34

## КАВІТАЦІЙНЕ ДИСПЕРГУВАННЯ БАГАТОКОМПОНЕНТНИХ ХАРЧОВИХ ЕМУЛЬСІЙ

Литвиненко О.А., доцент, Некоз О.І., Колногуз О.А.  
Національний університет харчових технологій, Київ

*В статті наведено результати експериментальних досліджень авторів з обробки багатокомпонентних харчових емульсій за допомогою гідродинамічної кавітації. З'ясовано переваги цього способу в порівнянні з традиційною технологією.*

*In article results of experimental data of authors on processing multicomponent food emulsions by means of hydrodynamic cavitation are induced. It is shown advantages of this method in comparison with traditional technologies.*

Ключові слова: гомогенізація, гідродинамічна кавітація, кавітаційні пристрої.

Як показує аналіз типових технологічних схем і відповідного обладнання, більшість процесів в хімічній, нафтохімічній, харчовій та інших галузях промисловості є енерговитратними та потребують вдосконалення. Водночас ефективність оброблення забезпечує необхідну якість кінцевих продуктів. Очевидно, що одним з найважливіших напрямків зменшення питомих енерговитрат на виробництво продукції є використання сучасних методів інтенсифікації технологічних процесів. До таких методів відносять явища, що супроводжують кавітацію. Кавітаційна дія на оброблювані середовища здійснюється в обладнанні спеціального призначення – кавітаційних пристроях, які за принципом дії та конструктивно розділяють на чотири основних типи [1]. В пристроях першого типу кавітація генерується гідродинамічним шляхом внаслідок вибору форми робочої камери, або розміщенням в останній кавітуючих елементів (кавітаторів).

В кавітаційних пристроях другого типу (гідродинамічні випромінювачі роторного та проточного типу) кавітація створюється при періодичній зміні тиску рідини гідродинамічним шляхом.

До третього типу кавітаційних пристроїв належить обладнання, в якому кавітація виникає внаслідок пульсацій тиску від коливань акустичного випромінювача в ультразвуковому спектрі частот.

Четвертий тип пристроїв використовує високовольтний розряд в рідині (електрогідравлічний ефект), внаслідок електропробою якої, в зоні оточення каналу розряду виникають високі імпульсні тиски, що генерують кавітацію.

Аналіз конструкцій пристроїв та досвід їх використання в промисловості свідчить, що найбільш ефективним та зручним способом генерування кавітації в потоці рідини є гідродинамічний, а пристрої проточного типу з нерухомим кавітатором в робочій камері є найбільш зручним в експлуатації.

Основним робочим органом гідродинамічних кавітаційних апаратів (ГКА) є проточна робоча камера з встановленим кавітуючим елементом (кавітатором). За ним утворюється бульбашкове кавітаційне поле, що є джерелом інтенсивної дії на оброблюване середовище. При цьому ефективність кавітаційного впливу визначається кратністю оброблення в ГКА.

Одним із шляхів вдосконалення конструкцій кавітаційних апаратів є послідовне встановлення в проточній камері кількох кавітаторів. Це дозволяє зменшити тривалість оброблення, питомі енерговитрати і максимально повно використати енергію технологічного потоку.

Використання запропонованих конструкцій при приготуванні водно-олійних емульсій з вмістом дисперсної фази 10...15 % показало їх високу ефективність [2].

При приготуванні багатокомпонентних харчових продуктів, наприклад, майонезів, для забезпечення необхідних споживних властивостей важливе значення має не тільки рівномірний розподіл компонентів в об'ємі продукту, але і його якісна гомогенізація. Чим вища дисперсність жиру, тим більша стабільність емульсій [3].

В промисловому технологічному процесі з цією метою використовуються гомогенізатори типу ОГМ, які випускаються серійно. Вони, як відомо, становлять собою плунжерні насоси, де гомогенізація відбувається за рахунок пропускання рідини, яка обробляється, під тиском (12...20) МПа крізь щілини клапанів [4]. Ця операція відрізняється значними питомими енерговитратами, а обладнання – високою металемністю та низькою надійністю. В роботах [5,6] відмічено, що ультразвукові коливання і виникаючі при цьому кавітаційні ефекти можна використовувати для ефективного перемішування компонентів майонезу. При цьому встановлено, що на ефективність кавітаційної обробки впливають інтенсивність і частота коливань, температура, тривалість обробки, концентрації компонентів.

Використане обладнання має невелику продуктивність і не зовсім придатне для роботи з харчовими середовищами. Це пояснюється високими питомими енерговитратами, неможливістю регулювання інтенсивності впливу на середовище, низькою ефективністю обробки багатокомпонентних продуктів, наприклад, суспензій, в яких ерозійна активність кавітаційних бульбашок зменшується, а також з причиною кавітаційно-ерозійного руйнування металевго випромінювача.

Відомо про використання для приготування майонезів роторно-пульсаційних апаратів (РПА). Але вони потребують підтримання сталого зазору між роторами, який становить (1...1,5) мм, а також не забезпечують рівномірність обробки продукту [7].

Цих недоліків позбавлені проточні кавітаційні пристрої, в яких кавітація утворюється за рахунок раптової зміни геометрії течії технологічного потоку. Для вивчення гомогенізуючого ефекту гідродинамічної кавітації та підбору оптимальних режимів обробки майонезів були проведені промислові дослідження при приготуванні майонезу «Провансаль». Напівпродукт, що обробляли, являє собою суміш компонентів попередньо перемішаних за допомогою механічної мішалки. Принципову схему експериментальної дослідно-промислової установки наведено на рисунку. Установка має технологічну ємність 1 місткістю 1000 л і механічну мішалку 2 з електродвигуном 3. Суміш пропускали крізь кавітаційний гомогенізатор 4, створюючи необхідний швидкісний напір насосом 5. Для регулювання продуктивності та режиму гідродинамічної кавітаційної обробки використовували вентилі 6, 7. Тиск в апараті 4 визначали за допомогою манометрів 8, 9. Температуру середовища підтримували сталою в діапазоні (35...40) °С та контролювали за допомогою термометра. Зразки готового продукту після кожного досліду відбирали через пробовідбірник 10.

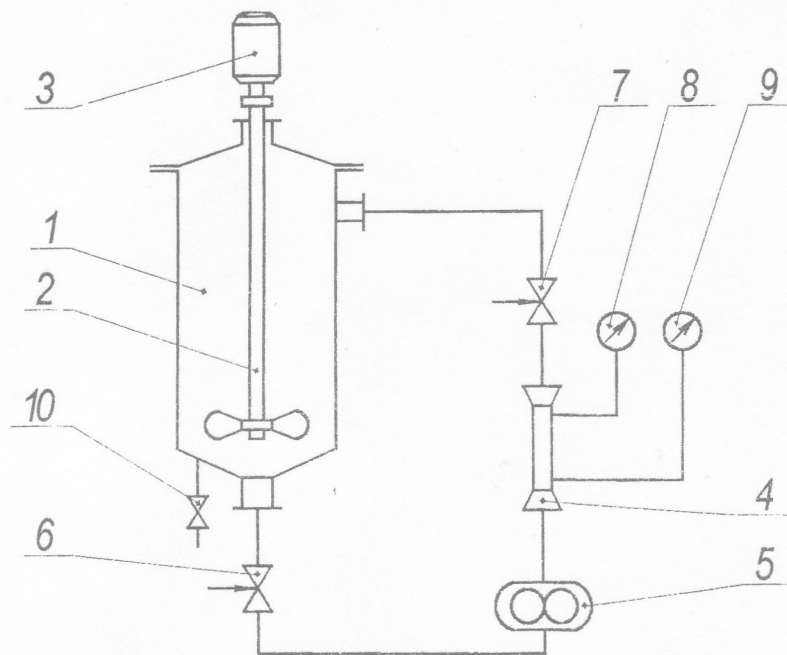
Кавітаційний гомогенізатор 4 являє собою апарат з проточною камерою, в якій послідовно встановлено кавітатори. Конструкція кавітатор дозволяє змінювати його розміри в поперечному перерізі і, таким чином, регулювати характеристики кавітаційного поля, яке виникає. Це дає можливість регулювати інтенсивність впливу на середовище [8].

Послідовність проведених дослідів полягала в наступному: компоненти суміші завантажували в технологічну ємність 1 і перемішували протягом (1...1,5) хв за допомогою мішалки 2 для їхнього рівномірного розподілу, потім насосом 5 середовище прокачували крізь гомогенізатор 4 в режимі циркуляції через ємність 1. Регулювання інтенсивності кавітаційного впливу здійснювали за допомогою вентилів 6, 7, змінюючи витрату середовища і робочий тиск в гомогенізаторі 4. Тиск та тривалість обробки підбирали таким чином, що поряд з гомогенізацією (чи після неї) може відбуватися коалесценція. В цьому випадку вирішальним фактором є тривалість обробки, тобто кратність кавітаційного впливу на продукт. Дослідями встановлено, що для отримання необхідного технологічного результату оптимальна кратність кавітаційного впливу в гомогенізаторі дорівнює двом, що відповідає чотирикратній обробці технологічного потоку в кавітаційному гомогенізаторі при швидкості в зазорі (14,0...14,8) м/с в місці розміщення першого кавітатора. При натіканні технологічного потоку на наступний кавітатор суміш перерозподіляється, що сприяє забезпеченню необхідної якості продукту.

Такий самий напівпродукт обробляли в гомогенізаторі ОГМ-5М відповідно до діючої технології. Зразки готового майонезу, отримані за допомогою кавітаційного гомогенізатора і гомогенізатора ОГМ-5М, паралельно оцінювались на відповідність ДСТ Р 501173-92 та за діючими методиками. Встановлено, що зразки мають схожість за зовнішнім виглядом, консистенцією, органолептичними показниками. Розмір жирових частинок в зразках однаковий і становить (2...3) мкм, що було визначено за допомогою мікроскопу порівняння МС-51. Проте, кавітаційний гомогенізатор за техніко-економічними показниками значно перевищує гомогенізатори типу ОГМ, які випускаються серійно (табл. 1).

Таблиця 1 – Порівняльні техніко-економічні показники гомогенізаторів

Показники	Гомогенізатор ОГМ-5М	Кавітаційний гомогенізатор
Продуктивність, м <sup>3</sup> /год	5000	10000
Робочий тиск, МПа	12,5	1,2
Потужність електродвигуна насоса, кВт	30	10
Питомі витрати енергії на 1т майонезу, кВт/т	6	1
Габаритні розміри, мм		
довжина	1280	490
ширина	1000	160
Маса, кг	1300	7,5 (без насоса)



1 – ємність; 2 – мішалка; 3 – електродвигун; 4 – кавітаційний гомогенізатор; 5 – насос;  
6, 7 – вентилі; 8, 9 – манометри; 10 – пробовідбірник.

Рис. 1 – Схема експериментальної дослідно-промислової установки

#### Висновки

Отримані результати вказують на можливість використання гідродинамічної кавітаційної гомогенізації у виробництві майонезів. При необхідності, гомогенізацію та окремі операції змішування можна поєднати і, таким чином, спростити технологічний процес.

А також, для зменшення питомих енерговитрат, спрощення технологічного процесу і його прискорення доцільним є використання гідродинамічних кавітаційних пристроїв з послідовними зонами оброблення. Для продуктів з іншою рецептурою і фізико-хімічними властивостями необхідно проводити попередні дослідження, на підставі яких і розробляти відповідні рекомендації.

#### Література

1. Федоткин И.М., Жарик Б.Н., Погоржельский Б.И. Интенсификация технологических процессов пищевых производств. – Киев.: Техніка, 1984. – 176 с.
2. Кавітаційні пристрої в харчовій, переробній та фармацевтичній промисловості / О.А. Литвиненко, О.І. Некоз, П.М. Немирович, З. Кіндрат. – К.:РВЦ УДУХТ, 1999. – 87 с.: іл..
3. Козин Н.И. Пищевые эмульсии. – М.: Пищепромиздат, 1950. – 116 с.
4. Мухин А.А., Кузьмин Ю.Н., Гисин И.Б. Гомогенизаторы для молочной промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1076. – 64 с.
5. Клейтон В. Эмульсии, их теория и технические применения. – М.: Иностранная литература, 1950. – 679 с.
6. Беззубов А.Д., Гарлинская Е.И., Фридман В.М. Ультразвук его применение в пищевой промышленности. – М.: Пищевая промышленность, 1964. – 196 с.
7. Киладзе Г.Г. Исследование гидродинамических характеристик и параметров процесса гомогенизации пищевых дисперсных систем в гидродинамических РПА : Автореф. дис. ...канд. техн. наук. – Л., 1975. – 23 с.
8. А.с. 1747133 СССР. Кавитационный смеситель / О.В. Козюк, А.А. Литвиненко, Ю.И. Скрипко. – Опубл. 15.07.92, Бюл. №26.