

УДК 637.134.001.57

ВИЗНАЧЕННЯ СТУПЕНЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ ПРИ ІМПУЛЬСНІЙ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Гвоздєв О.В., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена визначенню ступеня гомогенізації молока при імпульсній гомогенізації.

Ключові слова – ступінь гомогенізації, жирові кульки, імпульсна гомогенізація, амплітуда коливання, частота коливання, поршні-ударники.

Постановка проблеми. Одним із найважливіших технологічних процесів в молочній промисловості є гомогенізація молока. Гомогенізація поряд з підвищенням харчової цінності молочних і комбінованих продуктів, покращує їх якість, а саме консистенцію і смак. Покращення смакових характеристик продуктів при гомогенізації пов'язано зі зменшенням розмірів часток дисперсної фази і відповідно збільшенням площі їх поверхні. Таким чином питання ефективності гомогенізації на сьогоднішній є досить актуальним [1].

Постановка завдання. Метою даної роботи є визначення ступеня гомогенізації молока при імпульсній гомогенізації.

Основна частина. В результаті аналітичних досліджень для імпульсної гомогенізації молока визнано доцільним характеризувати процес подрібнення жирової фази модифікованим критерієм Вебера, We^i , в основу якого покладено градієнт швидкості потоку молока

$$We^i = \frac{\rho_{пл} \cdot \left(\frac{dv}{dx}\right)^2 \cdot d_k}{\sigma_{ж-п}}, \quad (1)$$

де $\rho_{пл}$ – густина плазми молока, кг/м³;

$\frac{dv}{dx}$ – зміна градієнту швидкості потоку, м/с;

d_k – критичний діаметр частки, м;

$\sigma_{ж-п}$ – поверхневий натяг краплі, Н/м.

Якщо на вході в камеру з поршнем не створювати надлишковий тиск ($\Delta p = 0$), то подача продукту через поршні при їх вібрації буде відбуватися за рахунок:

– надлишкового тиску, що створюється під впливом ваги рідини над поршнями

$$\Delta p = \rho_c \cdot g \cdot H, \quad (2)$$

де H – висота ствола рідини над поршнем, м;

– різного коефіцієнта витрат для коноїдального та конусного типів отворів в поршнях-ударниках при русі рідини через них в прямому та зворотньому напрямках.

Насосний ефект буде тим більший, чим більша різниця між μ при зворотньому русі рідини [2, 3].

Для конічних отворів, що сходяться з кутом 45° $\mu = 0,857$ - в прямому русі, а в зворотньому $\mu = 0,62$. $\Delta\mu = 0,857 - 0,620 = 0,237$.

Для коноїдальних $\Delta\mu = (0,947...0,979) - 0,815 = 0,132...0,164$.

Отже для конічних отворів насосний ефект і продуктивність буде вищі ніж для коноїдальних.

Внаслідок значних швидкостей руху поршня у припоршневому просторі створюється тиск набагато більший, ніж тиск стовпа рідини над поршнем, тому значенням Δp за формулою (2) нехтуємо у подальших розрахунках [4].

При коливальному русі поршня при його русі вниз рідина під тиском проходить через отвори і щілину між поршнем та стінками камери (рис. 1).

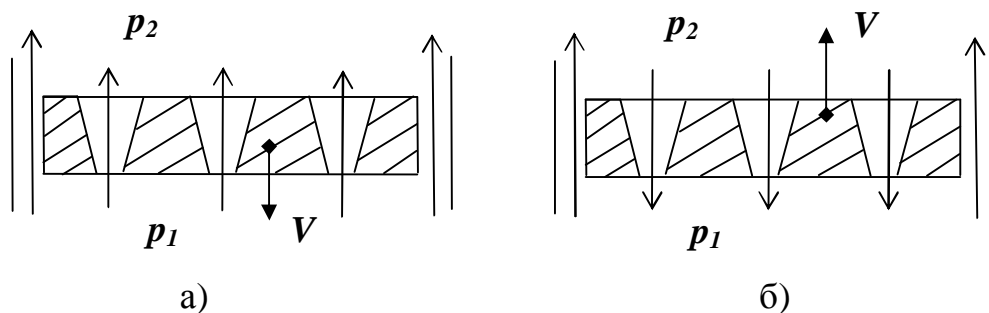


Рис. 1. Схема руху продукту крізь отвори поршня-ударника імпульсного гомогенізатора:

а) при коливальному русі поршня-ударника вниз;

б) при коливальному русі поршня-ударника вгору.

При цьому $p_1 > p_2$ і жирові кульки, проходячи крізь отвори і щілину, подрібнюються за тим самим механізмом, як це відбувається в клапанному гомогенізаторі. При виході з отворів струмені

вприскуються в оточуючий продукт і виникає градієнт швидкості, що руйнує жирові кульки.

Таким чином, в процесі диспергування молочної емульсії в імпульсному гомогенізаторі можна виділити два етапи: диспергування у отворах та каналах поршня і при виході струменів з отворів і з кільцевого каналу.

Для достатнього диспергування у отворах по типу клапанної гомогенізації необхідний тиск 15...25 МПа, що енергетично неефективно [5]. Тому основним етапом диспергування молочної емульсії буде етап дроблення струменя при виході його з отворів поршня і з щілини між поршнем і стінками.

При русі поршня вверх процес повторюється у зворотньому напрямку.

Таким чином емульсія рухається через отвори і щілину, проходячи так декілька разів (циклів).

Як відомо [6] багатоступінчаста обробка молока дозволяє знизити тиск гомогенізації і зменшити енерговитрати.

Руйнування жирових кульок в імпульсному гомогенізаторі відбувається за рахунок градієнта швидкості.

Ступінь гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі в загальному вигляді визначається залежністю

$$Hm = f(h, f, Q), \quad (3)$$

де h – амплітуда коливання поршня-ударника.

f – частота коливання поршня-ударника.

Q – подача молока в гомогенізатор.

З урахуванням формули (3) і за допомогою комп'ютерної програми Ansys Workbench були розраховані наступні залежності.

Залежність ступеня гомогенізації від амплітуди коливання графічно представлено на рис. 2.

Рівняння апроксимації залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника має наступний вигляд

$$Hm = -0,0435h^2 + 1,0653h - 1,63. \quad (4)$$

Якість гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі, як було раніше зазначено, головним чином визначається градієнтом швидкості потоку молока на виході з додаткового поршня-ударника. Роблячи висновок з графіку, можна сказати, що максимальний ступінь гомогенізації, а отже і градієнт швидкості потоку молока, досягається при значенні амплітуди коливань 10...14мм. При подальшому

підвищенні амплітуди коливань характер руху додаткового поршня-ударника призводить до зниження ступеня гомогенізації.

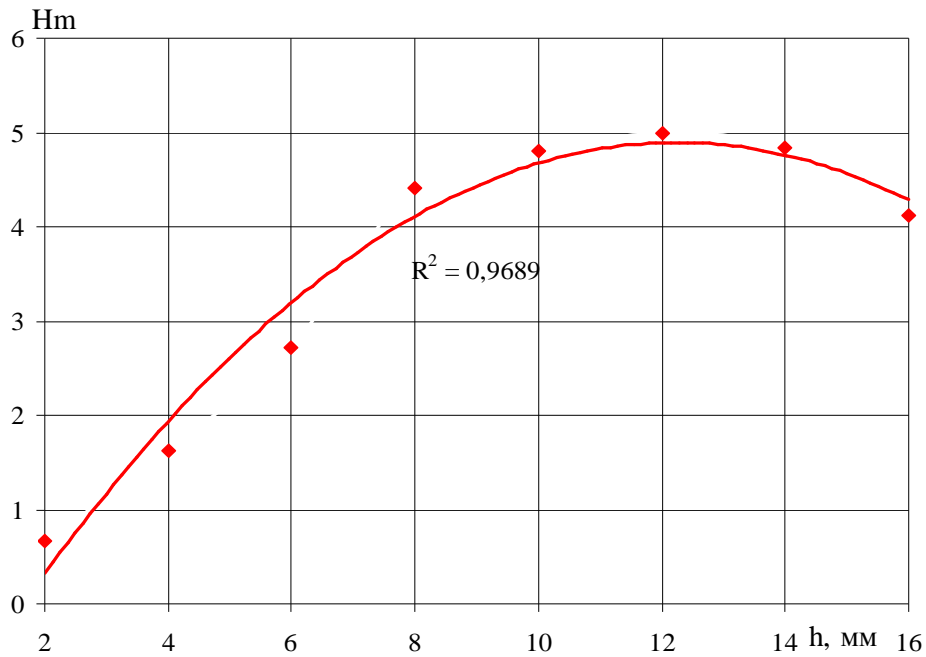


Рис. 2. Графік залежності ступеня гомогенізації від амплітуди коливання поршня-ударника імпульсного гомогенізатора

Залежність ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника в імпульсному гомогенізаторі графічно представлено на рис. 3.

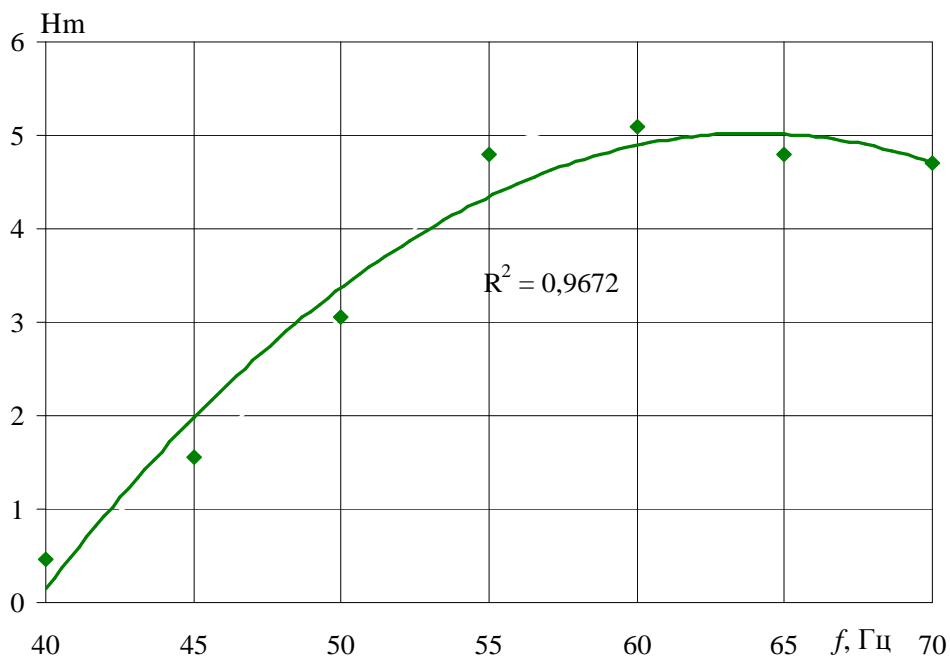


Рис. 3. Графік залежності ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника.

Залежність ступеня гомогенізації від частоти коливання поршня-ударника апроксимується рівнянням

$$Hm = -0,0085 f^2 + 1,0869 f - 29,724. \quad (5)$$

Дана залежність показує, що найвищий ступінь гомогенізації досягається за частоти коливань поршня-ударника 55...65 Гц. Подальше підвищення частоти коливань, як і у випадку з амплітудою, призводить до зниження якості гомогенізації.

На рис. 4 представлена залежність ступеня гомогенізації від подачі молока.

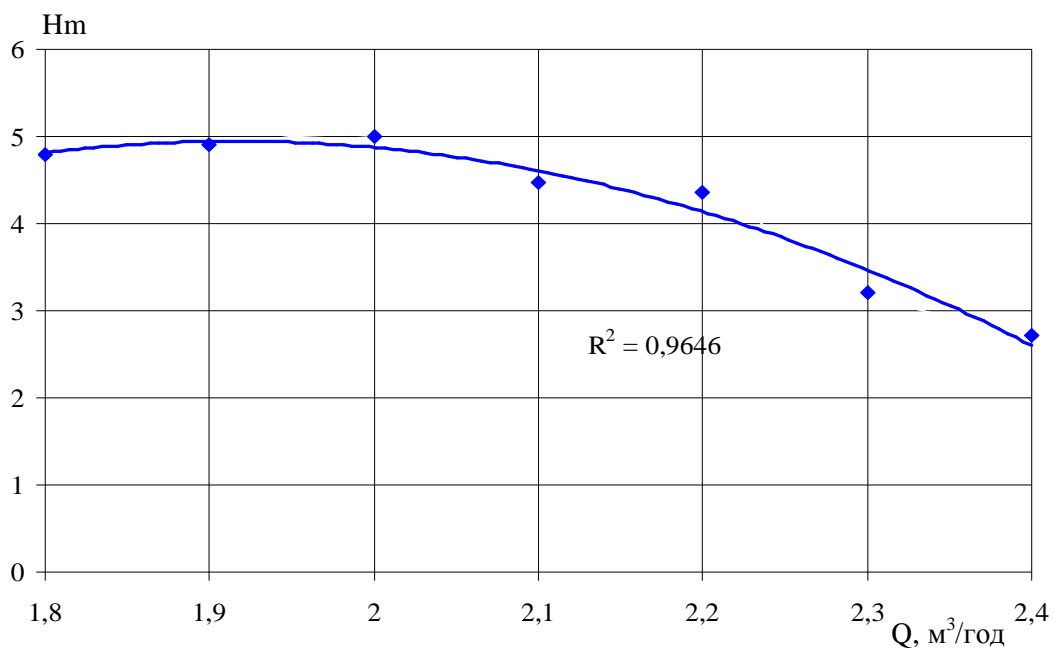


Рис. 4. Графік залежності ступеня гомогенізації від подачі молока в імпульсний гомогенізатор.

Рівняння залежності має наступний вигляд

$$Hm = -10,012Q^2 + 38,363Q - 31,814. \quad (6)$$

Аналізуючи графік, можна зробити висновок, що найвищий ступінь гомогенізації буде досягатися при подачі молока 1,8...2,0 м³/год.

Висновки. Отже внаслідок проведеного аналізу було встановлено, що для отримання високого ступеня гомогенізації $Hm = 4...5$ в імпульсному гомогенізаторі необхідно створити певні умови: амплітуда коливання поршня-ударника 10...12 мм, частота коливань 55...65 Гц, подача молока в імпульсний гомогенізатор 1800...2000 кг/год.

Література:

1. *Гвоздєв О.В.* Комп'ютерне моделювання імпульсного гомогенізатора молока з використанням програмного забезпечення Ansys Workbench / О.В. Гвоздєв, К.О. Самойчук, Н.О. Паляничка // Обладнання та технології харчових виробництв: тематичний збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУЕТ. Вип. 28. – 2012. – С. 294 – 300.
2. *Альтшуль А. Д.* Гидравлика и аэродинамика / А. Д. Альтшуль, Л. С. Живоговський, Л. П. Иванов. – М.: Стройиздат, 1987. – 414 с.
3. *Справочник по гидравлике / В. А. Большаков, Ю. М. Константинов, В. Н. Попов [и др.]; под ред. В. А. Большакова.* - 2-е изд. – К.: Вища шк., 1984. – 343 с.
4. *Паляничка Н. О.* Експериментальне обґрунтування ефективності використання імпульсної гомогенізації молока / Н. О. Паляничка, О.В. Гвоздєв, К. О. Самойчук // Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку: тези доповідей VII міжнародної науково-практичної конференції. – Донецьк: ДонНУЕТ, 2011. – С. 163–166.
5. *Гвоздєв О.В.* Пошук конструктивного рішення імпульсного гомогенізатора молока / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, В.М. Яворницький // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. Вип.8, Т.7. – 2008. – С. 28 – 32.
6. *Нужин Е.В.* Гомогенизация и гомогенизаторы: монография / Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк. – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ СТЕПЕНИ ГОМОГЕНИЗАЦИИ ПРИ
ИМПУЛЬСНОЙ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА**

Паляничка Н.А., Гвоздєв А.В.

Анотация – работа посвящена определению степени гомогенизации молока при импульсной гомогенизации.

**DETERMINATION OF DEGREE OF HOMOGENIZATION IS
DURING IMPULSIVE HOMOGENIZATION OF MILK**

N. Palyanichka, O.Gvozdev

Summary

Work is sanctified to determination of degree of homogenization of milk during impulsive homogenization.