

УДК 637.134.001.57
© 2016

Н.О. ПАЛЯНИЧКА,
кандидат технічних наук

Таврійський державний
агротехнологічний університет,
Україна

E-mail: popna.2506@gmail.com

м. Мелітополь, пр. Б. Хмельницького, 18

ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЗНИЖЕННЯ ЕНЕРГОВИТРАТ ПРОЦЕСУ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Обговорюється вирішення проблеми зниження енергоємності процесу гомогенізації молока з використанням імпульсного гомогенізатора. У повнофакторному експерименті доведено залежність між енерговитратами на процес імпульсної гомогенізації, амплітудою коливань поршня-ударника, частотою коливань та подачею молока в імпульсний гомогенізатор.

Ключові слова: енерговитрати, гомогенізація, молоко, імпульсна гомогенізація, частота коливання, амплітуда коливання, подача молока, поршень-ударник.

Постановка проблеми. Одним із важливих технологічних процесів у молочній промисловості є гомогенізація молока. Якість продуктів з використанням гомогенізованого молока набагато вища. Тому гомогенізація стала нормативним процесом у більшості сучасних технологічних схем виробництва питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовлення сиру тощо [1].

Для гомогенізації молока і молочних продуктів в основному використовують клапанні гомогенізатори. Але аналіз конструкцій клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і масу, високу металоемність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапана і досить високу вартість обладнання (близько 30 тис. грн при продуктивності 5000 л/год). Інші види гомогенізаторів не дозволяють досягти такого ступеня дисперсності жирової фази, тому необхідним є подальше дослідження механізмів подрібнення жирової фази молока для розробки нових, більш ефективних способів гомогенізації або вдосконалення вже існуючих з метою зменшення енергоємності процесу гомогенізації та

збільшення ступеня диспергування молочного жиру [1].

Дослідженням процесу гомогенізації молока з метою підвищення якості кінцевого продукту та зниження енергоємності займалося багато вчених. Однак основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Отже, створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності, високою продуктивністю та невеликою енергоємністю все ще залишається актуальним [2, 3].

Мета дослідження полягає в пошуку шляхів зниження енергоємності процесу гомогенізації зі збереженням ступеня диспергування молочного жиру.

Результати дослідження та їх обговорення. Для проведення експериментальних досліджень був сконструйований пристрій для імпульсної гомогенізації (рис. 1) [2–5].

Пристрій складається з робочої камери імпульсного гомогенізатора 4 з поршнями-ударниками 5, які приводяться в коливальні рухи через шток 9 приводом 8. Основний поршень-ударник жорстко закріплений на штоку, а додатковий з'єднується з основним

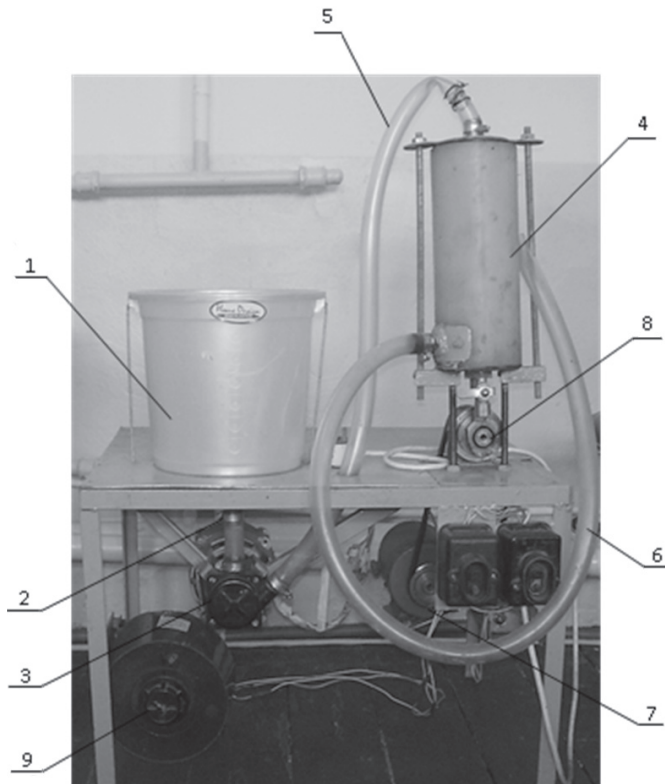


Рис. 1.
**Загальний вид пристрою
для імпульсної гомогенізації
молока:**

- 1 – технологічна ємність;
- 2 – перепускний вентиль;
- 3 – насос; 4 – робоча камера
гомогенізатора;
- 5, 6 – труби для підведення
вихідного і відведення
гомогенізованого молока;
- 7 – електродвигун постійного
струму;
- 8 – імпульсний привод;
- 9 – лабораторний
трансформатор

за допомогою пружини. Для можливості регулювання частоти коливання поршня-ударника використовується електродвигун постійного струму, для зміни амплітуди коливання поршня-ударника – регульований кривошип.

У нижній частині камери розташований вентиль для відводу молока після гомогенізації в ємність 7.

Молоко в робочу камеру гомогенізатора з приймальної ємності 1 подається насосом 3. Вентиль 2 слугує для подавання молока під необхідним тиском у насос і робочу камеру гомогенізатора.

За імпульсивної гомогенізації енергія витрачається на силу тиску на поршень і силу подачі молока на поршень-ударник [1, 6]. Без урахування втрат у місцевих опорах в отворах поршня-ударника, енерговитрати на гомогенізацію E , можна представити у вигляді

$$E = R \cdot V, \quad (1)$$

де R – сила тиску на поршень;

V – швидкість руху поршня-ударника (подача).

Сила тиску на поршень визначається як

$$R = c \cdot \rho \frac{V^2}{2} \cdot S, \quad (2)$$

де c – коефіцієнт опору для круглої пластини;
 $c = 1,1-1,15$;

S – площа поршня, m^2 .

Оскільки в імпульсному гомогенізаторі надання руху здійснюється за допомогою кривошипа, то швидкість руху поршня-ударника (подача) визначатимемо за формулою

$$V = \omega \cdot r \cdot \sin \varphi \cdot (1 + \lambda \cdot \cos \varphi), \quad (3)$$

де ω – кутова швидкість; $\omega = \frac{\pi n}{30}$ об/хв;

r – радіус кривошипа; $r = 0,070$ м;

φ – кут повороту кривошипа;

λ – відношення радіуса кривошипа до довжини штоку, м.

$$V = 4,71 \cdot 0,07 \cdot \sin 71^\circ \cdot (1 + 0,34 \cdot \cos 71^\circ) = 0,35 \text{ м/с.}$$

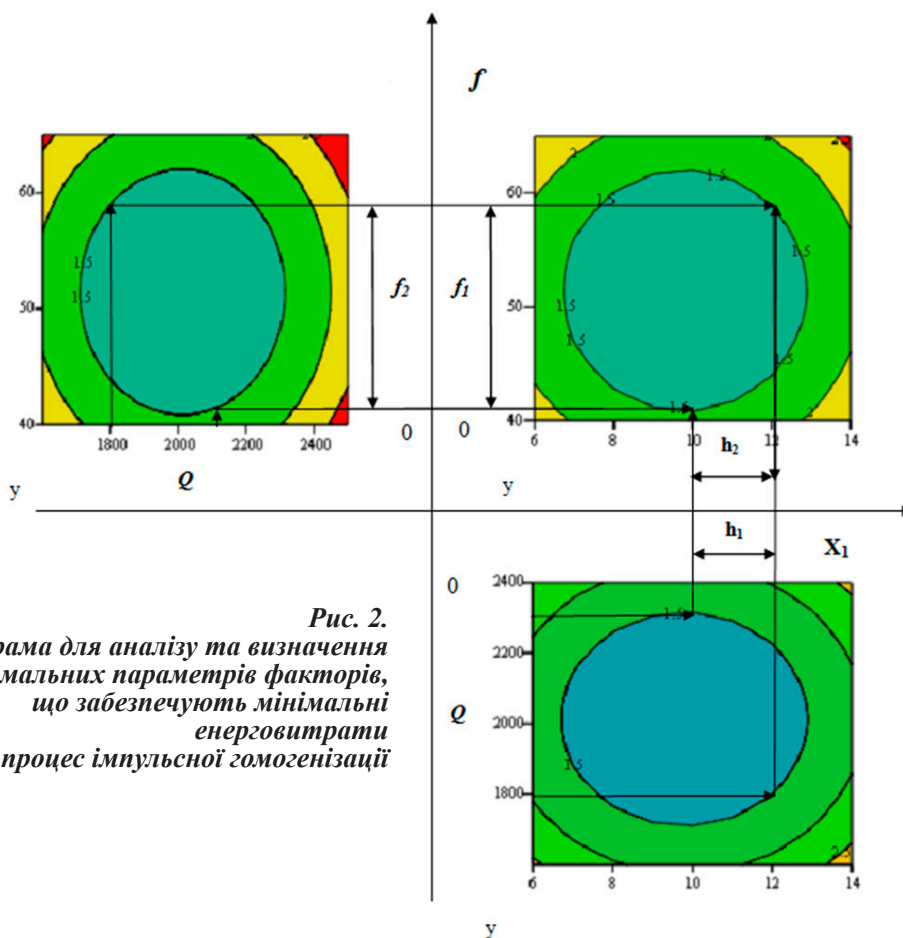


Рис. 2.
Номограма для аналізу та визначення
оптимальних параметрів факторів,
що забезпечують мінімальні
енерговитрати
на процес імпульсної гомогенізації

Після перетворень отримуємо, що

$$E = c \cdot \rho_m \cdot \frac{V^3}{2} \cdot S; \quad (4)$$

$$E = 1,1 \cdot 1029 \cdot \frac{0,35^3}{2} \cdot 0,061 = 1,48 \text{ кДж/кг.}$$

Питомі енерговитрати на імпульсну гомогенізацію, визначаємо з виразу:

$$E_{\text{нм}} = \frac{E}{Q}; \quad (5)$$

$$E_{\text{нм}} = \frac{1,48}{1800} = 0,82 \text{ кДж/кг.}$$

Отже, підкреслимо, питомі витрати на процес імпульсної гомогенізації складають

0,82 кДж/кг, що набагато менше, ніж у клапанному гомогенізаторі.

З метою підтвердження достовірності розрахунків питомої енергоємності процесу гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі було проведено повнофакторний експеримент, за допомогою якого встановлено залежність між енерговитратами на процес імпульсної гомогенізації (Y), амплітудою коливань поршня-ударника (X_1), частотою коливань (X_2) та подачею молока в імпульсний гомогенізатор [1, 7].

Отримано рівняння регресії в кодованому вигляді

$$Y = 1,045 + 0,038X_1 + 0,032X_2 - 0,025X_3 + 0,19X_1^2 - 0,2X_2^2 - 0,2X_3. \quad (6)$$

ЗБЕРІГАННЯ ТА ПЕРЕРОБКА С.-Г. ПРОДУКЦІЇ

Визначення шляхів зниження енерговитрат
процесу гомогенізації молока

За допомогою комп'ютерної програми Mathcad побудовано номограму (рис. 2) для аналізу й дослідження рівняння регресії (6).

Шляхом поєднання інтервалів варіювання факторів було отримано, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800\text{--}2250$ кг/год і $h = 10\text{--}12$ мм та

$f = 43\text{--}59$ Гц енерговитрати на процес гомогенізації становлять 1,5 кВт, а питомі енерговитрати – 0,83 Дж/кг.

Відхилення теоретичних значень h та f від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів менше 9 %, що підтверджує адекватність отриманих даних.

Висновки

Результати проведеного дослідження підтвердили, що знизити енерговитрати на процес гомогенізації молока можливо, якщо використовувати імпульсний гомогенізатор. Запропонований гомогенізатор завдяки особливостям своєї конструкції дозволяє створити імпульсні коливання, що в свою

чергу приводять до подрібнення жирових кульок молока. Унаслідок цього енерговитрати на процес гомогенізації значно знижуються порівняно з енерговитратами в разі роботи з існуючими гомогенізаторами. Підкреслимо, що якість молока залишається достатньо високою.

Бібліографія

1. Паляничка Н.О. Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Н.О. Паляничка. – Донецьк, 2013. – 194 с.

2. Паляничка Н.О. Імпульсний спосіб гомогенізації молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв // Матеріали IV Міжнар. науково-практ. конф. студентів і молодих учених "Перспективна техніка і технології–2008". – Миколаїв: МДАУ, 2008. – С. 52–54.

3. Гвоздєв О.В. Пошук конструктивно-го рішення імпульсного гомогенізатора молока / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, В.М. Яворницький // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8, т. 7. – С. 28–32.

4. Пат. на корисну модель 31092 Україна, МПК₆ B01F 7/00, B01F 5/00. Гомогенізатор для рідких продуктів / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, Т.О. Штиганович, І.В. Ляшок; ТДАТУ (Україна). – № 200713188; за-

явл. 27.11.2007; опубл. 25.03.2008; Бюл. № 6.

5. Пат. на корисну модель 37355 Україна, МПК₆ B01F 7/00, B01F 5/00. Гомогенізатор для рідких продуктів / О.В. Гвоздєв, Н.О. Паляничка, А.О. Івженко; ТДАТУ (Україна). – № 200807808; заявл. 09.06.2008; опубл. 25.11.2008; Бюл. № 22.

6. Паляничка Н.О. Визначення енерговитрат на процес імпульсної гомогенізації молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздєв, К.О. Самойчук // Тези доповідей Міжнар. науково-практ. конф. "Состояние, достижения и перспективы переработки, стандартизации и сертификации лубоволокнистых материалов". – Херсон: ХНТУ, 2012. – С. 47–48.

7. Паляничка Н.О. Результати експериментальних досліджень процесу імпульсної гомогенізації молока / Н.О. Паляничка // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 13, т. 1. – С. 212–217.

Рецензент – доктор технічних наук,
професор А.А. Волошина