

УДК 637.134.001.57

ТЕХНОЛОГІЧНЕ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н. О., к.т.н.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – стаття присвячена аналізу технологічного обладнання для гомогенізації молока з метою встановлення найбільш раціонального з точки зору отримання високої якості продукту та зниження питомих витрат енергії на процес. Наведені результати проведених досліджень, які доказують доцільність використання імпульсного гомогенізатора молока для зниження енерговитрат на процес гомогенізації та підвищення якості готового молока.

Ключові слова – гомогенізація, гомогенізатор, молочна продукція, якість, енергозатрати, імпульсний гомогенізатор, ступінь гомогенізації.

Постановка проблеми. Гомогенізація – надання однорідної структури або однорідних властивостей сумішам, сполукам, розчинам або емульсіям шляхом механічного перемішування, усереднення, хімічного чи температурного впливу на них [1]. В харчовій промисловості гомогенізація застосовується при виробництві маргарину, майонезу, соків, дитячого харчування та при виробництві молочних продуктів.

В технологічній лінії виробництва молочної продукції гомогенізація є одним із найважливіших процесів. Гомогенізоване молоко має безліч переваг перед негомогенізованим таких як: поліпшення смакових та сенсорних якостей молока, підвищена стійкість при зберіганні та транспортуванні, відсутність залишків жиру на стінках тари при виливанні 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, виготовленні сиру тощо.

Аналіз останніх досліджень. Дослідженням процесу гомогенізації молока з метою підвищення якості кінцевого продукту

займалася велика кількість вчених. Основною технічною проблемою одержання тонкодисперсних емульсій є обмеженість можливостей гомогенізаторів. Тому створення пристроїв і способів одержання тонкодисперсних емульсій з можливістю варіювання дисперсності, високою продуктивністю та низькою енерговитратою має підвищену актуальність.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є дослідження пристроїв для гомогенізації молока з метою встановлення найбільш ефективного з точки зору отримання якісного продукту при найменших енерговитратах.

Основна частина. Для гомогенізації молока і молочних продуктів на сьогоднішній день в основному використовують клапанні гомогенізатори. Класична конструкція цих пристроїв включає плунжерний насос, за допомогою якого утворюють високий тиск, а також дві ступені гомогенізуючих клапанів, які притиснуті пружинами до відповідних сідел. Але аналіз конструкцій клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і масу, високу металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапана і досить високу вартість обладнання.

Для диспергування жирової фази молока також широко застосовують ультразвукові гомогенізатори, в яких гомогенізація основана на ультразвуковій кавітації [1, 2]. За допомогою ультразвуку можна отримувати не тільки емульсії, але й дрібнодисперсні суспензії [1, 2]. Руйнування часток проходить в дві стадії: спочатку при співударанні в частках виникають мікротріщини, а потім, на думку дослідників, кавітаційні ударні хвилі розширюють і поглиблюють тріщини, розколюючи частку. Для створення ультразвукових коливань використовують гідродинамічні та електромеханічні (електромагнітні, магнітострикційні, п'єзоелектричні) пристрої.

Ультразвукова гомогенізація має ряд переваг, і головна з них – можливість керувати процесом, регулюючи частоту і амплітуду коливань. Крім того, ультразвук знешкоджує молоко від мікроорганізмів, стерилізуючи його при кімнатній температурі, при цьому вітаміни і інші корисні речовини, які руйнуються при нагріванні, в ньому зберігаються.

Ще один тип гомогенізаторів, який широко використовують – є роторно-пульсаційний апарат (РПА) [1, 2]. Принцип роботи роторно-пульсаційного апарата полягає в наступному. Молоко під тиском подається в порожнину ротора і проходить через канали ротора і статора. При обертанні ротора його канали періодично перекриваються або співпадають з каналами статора. В першому випадку в порожнині ротора тиск підвищується, а в другому – за короткий проміжок часу скидається.

Однак молоко, яке гомогенізоване в роторно-пульсаційних апаратах відрізняється досить широким спектром розподілення жирових кульок і має доволі великі частки жиру, а це в свою чергу негативно впливає на виготовлення деяких видів продуктів харчування [1, 2].

На даний час перспективними для впровадження у виробництво є нові пристрої для гомогенізації – ударно-струменеві, пульсаційно-струменеві та імпульсні гомогенізатори.

Принцип роботи ударних струменевих гомогенізаторів полягає у зіткненні струменя молока з пластиною, яку називають відбивачем. Подрібнення жирових кульок при цьому відбувається як в емульгуючому каналі за рахунок турбулентних пульсацій та завихрень, що зумовлюють появу градієнту швидкості потоку, так і на виході з емульгуючого каналу в результаті перепаду швидкостей при ударі о пластину [1, 2].

Молоко у форсунку може нагнітатися насосом або ж під дією відцентрової сили при обертанні ротора. В останньому випадку ротор, який всередині порожній закінчується на периферії соплами, а відбивач являє собою кільце [2]. Відбивач може мати як гладеньку поверхню, так і решітчасту або ступінчасту.

Диспергування жирових кульок молока буде також відбуватися, якщо молоко під тиском подавати у вигляді струменя під рівень іншої рідини, наприклад знежиреного молока або маслянки [2].

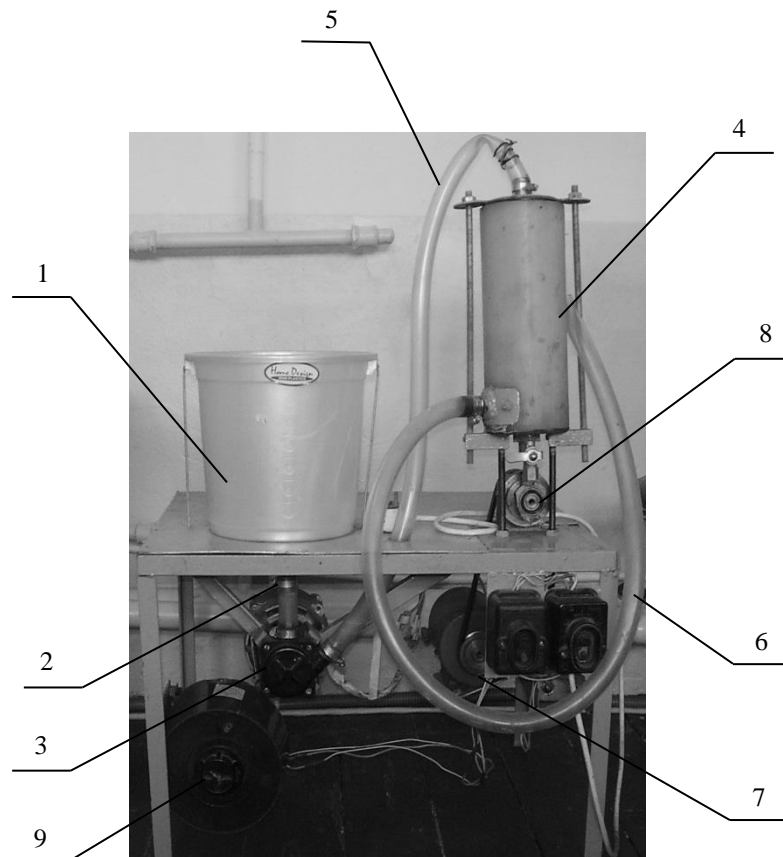
Протитечійно-струменевий гомогенізатор складається з двох співвісно розташованих форсунок, куди під тиском нагнітається молоко [1, 2, 3].

Диспергування жирової фази молока у протитечійно-струменевому гомогенізаторі відбувається у емульгуючому каналі при зміні швидкості потоку, при виході з каналу і при зіткненні струменів. При зіткненні струменів, що мають однакові показники швидкості та розміри факелів, з'являється досить великий градієнт швидкостей потоку продукту, що обумовлює появу напружень зсуву, які деформують та руйнують жирову кульку. В результаті при подібному механізмі руйнування при протитечійно-струменевій гомогенізації зменшуються витрати енергії.

Однак, недоліком даного виду гомогенізації є піноутворення, яке виникає під час протитечійно-струменевої гомогенізації та промислова незасвоєність (особливо протитечійно-струменевих гомогенізаторів).

На основі висунутої гіпотези здування мікрочасток з поверхні жирової кульки був розроблений імпульсний гомогенізатор молока. Автором встановлено, що подрібнення часток дисперсної фази емульсії можливо при дії на них серії одиночних збурювань великої інтенсивності [1, 2, 3].

Імпульсний гомогенізатор складається з робочої камери імпульсного гомогенізатора 4 з поршнями-ударниками 5, які приводяться в коливальні рухи через шток 9 приводом 8 [4].



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 привід; 9 – лабораторний трансформатор.

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

Основний поршень-ударник жорстко закріплений на штоку, а додатковий з'єднується з основним за допомогою пружини. Для можливості регулювання частоти коливання поршня-ударника використовується електродвигун постійного струму. Для зміни амплітуди коливання поршня-ударника використовується регульований кривошип.

В нижній частині камери розташований вентиль для відводу молока після гомогенізації 6 в ємність 7.

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

Для створення коливальних рухів штока та поршнів-ударників в робочій камері гомогенізатора використовується імпульсний привід, який представляє собою регульований кривошипний механізм, що з'єднаний клинопасовою передачею з електродвигуном постійного струму.

В результаті проведених досліджень було встановлено, що основними факторами, що впливають на ступінь гомогенізації та енерговитрати на процес гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі є: амплітуда коливання поршня-ударника h , частота f та подача молока Q [5].

Для дослідження впливу на параметри оптимізації всіх змінних незалежних факторів за допомогою комп'ютерної програми Mathcad і розробленої методики, побудовано номограму, яка дає можливість побачити, як основні фактори впливають на технологічний процес.

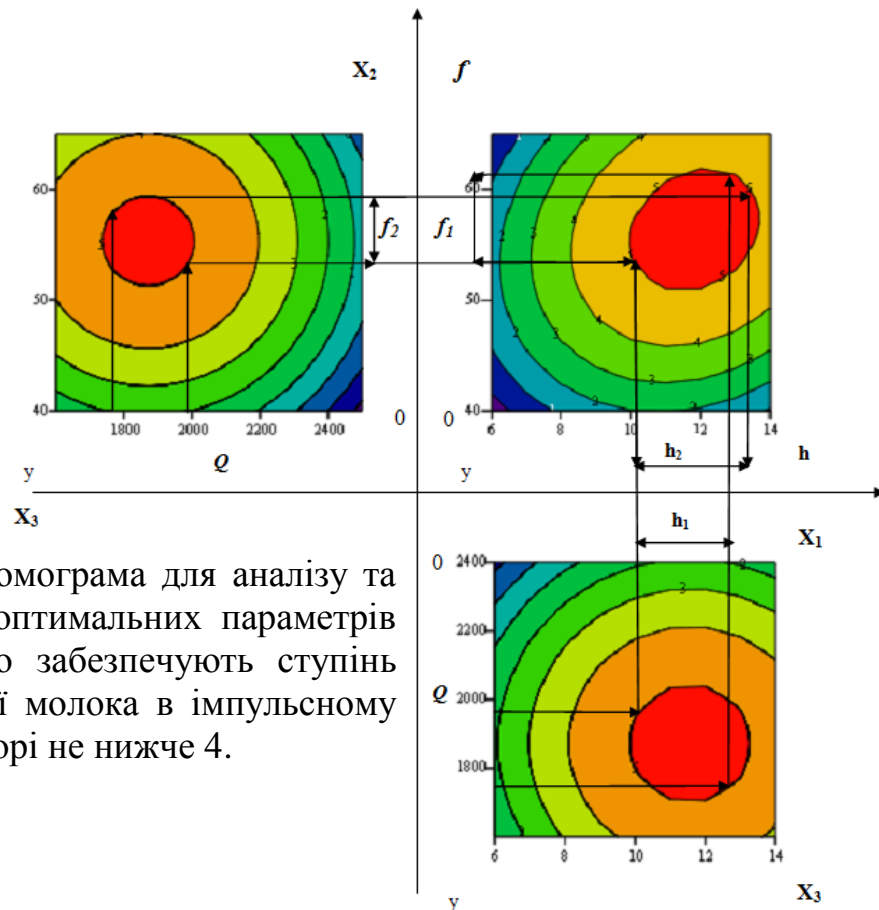


Рис. 2. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують ступінь гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі не нижче 4.

Поєднуючи отримані інтервали варіювання факторів, одержуємо, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800 \dots 2000 \text{ кг/год}$ і ступенем гомогенізації 5 необхідно забезпечувати наступні технологічні параметри процесу гомогенізації: $h = 10 \dots 13 \text{ мм}$ та $f = 53 \dots 62 \text{ Гц}$.

Відхилення теоретичних значень h та f від експериментальних у всьому діапазоні зміни параметрів знаходиться в межах 11%, що підтверджує адекватність отриманих даних.

З метою визначення питомої енергоємності процесу гомогенізації молока в імпульсному гомогенізаторі за допомогою комп'ютерної програми Mathcad побудовано номограму (рис.6) для аналізу й дослідження основних факторів, що впливають на процес гомогенізації в імпульсному гомогенізаторі.

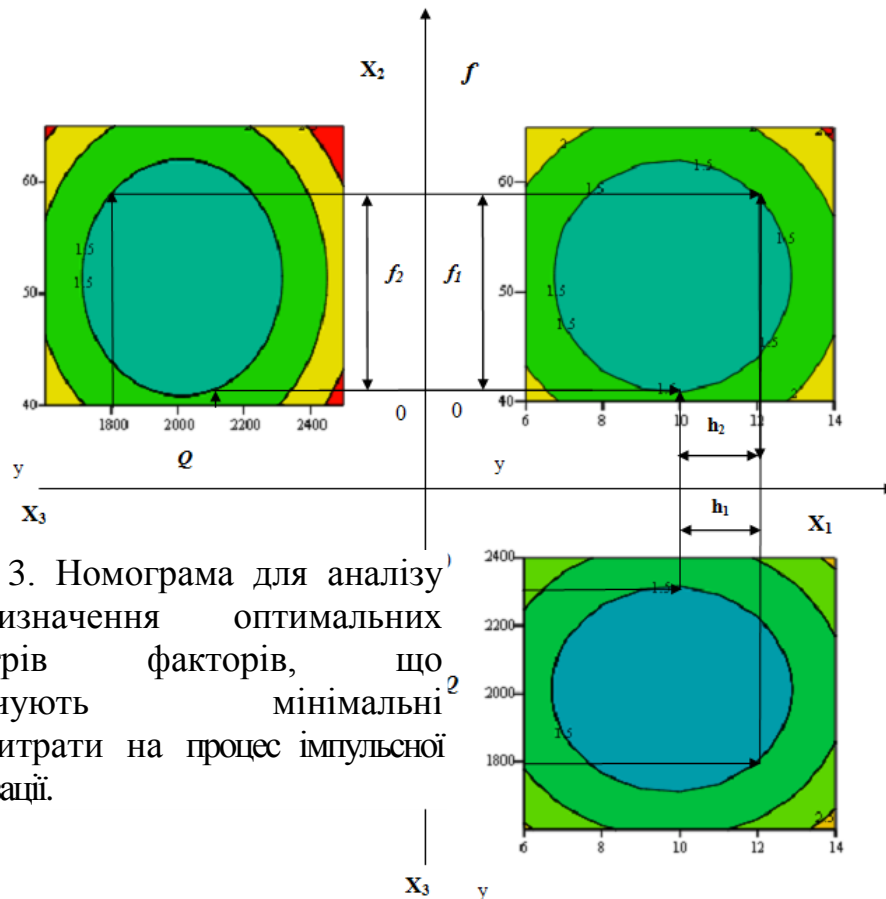


Рис. 3. Номограма для аналізу та визначення оптимальних параметрів факторів, що забезпечують мінімальні енерговитрати на процес імпульсної гомогенізації.

Шляхом поєднання інтервалів варіювання факторів було отримано, що для імпульсного гомогенізатора з подачею молока $Q = 1800...2250$ кг/год і $h = 10...12$ мм та $f = 43...59$ Гц енерговитрати на процес гомогенізації становлять 1,5 кВт, а питомі енерговитрати – 0,83 Дж/кг.

У результаті суміщення оптимумів двох номограм можна зробити висновок, що для одержання максимального ступеня гомогенізації $N_m = 5$ при мінімальних питомих енергозатрат $E_{\text{пит}} = 0,83$ Дж/кг необхідно створити наступні умови: амплітуду коливань поршня-ударника $h = 10...12$ мм, частоту коливань $f = 55...59$ Гц та подачу молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800...2000$ кг/год.

Висновки. Отже, в результаті проведеного аналізу існуючих гомогенізаторів було встановлено, що для зниження енерговитрат на процес гомогенізації та одержання максимального ступеня гомогенізації краще використовувати імпульсний гомогенізатор. Проведені дослідження показали, якщо створити наступні умови: амплітуду коливань поршня-ударника $h = 10...12$ мм, частоту

коливань $f = 55...59$ Гц та подачу молока в імпульсному гомогенізаторі $Q = 1800...2000$ кг/год, то можливо отримати ступінь гомогенізації $N_m = 5$ при мінімальних питомих енергозатрат $E_{пит} = 0,83$ Дж/кг, що на 15% менше ніж в інших існуючих гомогенізаторах.

Література:

1. *Нужин Е. В., Гладушняк А. К.* Гомогенизация и гомогенизаторы. Монография. Одесса: Печатный дом, 2007. 264с.
2. *Фиалкова Е. А.* Гомогенизация. Новый взгляд: монография–справочник. СПб: ГИОРД, 2006. 392 с.
3. *Самойчук К. О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12. Донецьк, 2008. 155 с.
4. *Гвоздєв О. В.* Пошук конструктивного рішення імпульсного гомогенізатора молока // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Мелітополь: ТДАТУ. Вип.8, Т.7. 2008. С. 28–32.
5. *Паляничка Н. О.* Експериментальне обґрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. Одеса, 2011. Вип. 39, т. 2. С. 177–181.

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА

Паляничка Н. А.

Аннотація – стаття посвящена аналізу технологического оборудования для гомогенизации молока с целью установления наиболее рационального с точки зрения получения высокого качества продукта и снижения удельных затрат энергии на процесс. Приведены результаты проведенных исследований, которые доказывают целесообразность использования импульсного гомогенизатора молока для снижения энергозатрат на процесс гомогенизации и повышения качества готового продукта.

TECHNOLOGICAL EQUIPMENT FOR MILK HOMOGENIZATION

N. Palyanichka

Summary

The article is devoted to the analysis of technological equipment for homogenization. In the food industry, homogenization is used in

the production of margarine, mayonnaise, juices, baby food and the manufacture of dairy products. The main technical problem of obtaining fine dispersed emulsions is the limited ability of homogenizers. Therefore, the creation of devices and methods for the production of fine dispersed emulsions with the possibility of varying dispersion, high productivity and low energy consumption has increased relevance.

For homogenization of milk and dairy products to date, mainly use valve homogenizers. But the analysis of the designs of valve homogenizers showed that they have significant disadvantages: significant overall dimensions and mass, high metal content, high energy consumption, rapid wear of the working surfaces of the valve and a fairly high cost of equipment.

The most promising in terms of obtaining finely dispersed emulsions with the ability to vary the dispersion is impulsive milk homogenizer. It consists of a working chamber of a pulse homogenizer with piston-shockers, which are driven into oscillatory movements through a stem by means of an actuator.

The conducted studies showed that if the following conditions were created: the oscillation amplitude of the piston-shock hammer $h = 10 \dots 12$ mm, the frequency of oscillations $f = 55 \dots 59$ Hz and the supply of milk in impulsive homogenizer $Q = 1800 \dots 2000$ kg / h, it is possible to obtain the degree of homogenization of $H_m = 5$ with minimum specific energy consumption $E_{pit} = 0,83$ J / kg, which is 15% less than in other existing homogenizers.