

УДК 637.134.001.57

АНАЛІЗ НОВІТНІХ ПРИСТРОЇВ ДЛЯ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ МОЛОКА

Паляничка Н.О., к.т.н.,

Вершков О.О., к.т.н.,

Антонова Г.В., ст. викл.

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел. (0619) 42-13-06

Анотація – робота присвячена аналізу новітніх пристроїв для гомогенізації молока з метою встановлення найбільш ефективних та економічних механізмів для диспергування.

Ключові слова – молоко, гомогенізатор, диспергування, ступінь гомогенізації, жирові кульки, градієнт швидкості.

Постановка проблеми. Одним із найважливіх технологічних процесів в молочній промисловості є гомогенізація молока. Гомогенізація використовується при виробництві питного стерилізованого та пастеризованого молока, кисломолочних продуктів, морозива, молочних консервів, виготовленні сиру тощо. Гомогенізаторами прийнято називати обладнання, яке призначене для подрібнення дисперсних часток, що знаходяться в дисперсійному середовищі.

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 і високою продуктивністю має підвищену актуальність.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). Метою даної роботи є аналіз новітніх пристроїв для гомогенізації молока з метою встановлення найбільш ефективних та економічних механізмів для диспергування.

Основна частина. На сьогоднішній день для гомогенізації молока і молочних продуктів в основному використовують клапанні гомогенізатори [1, 2, 3]. 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.

До цього часу накопилось безліч технічних ідей по вдосконаленню клапанних гомогенізаторів [1, 2, 3]. Пропонується конструкція клапанного гомогенізатора з лабіринтним каналом руху продукту в міжклапанному просторі. Підвищення ефективності гомогенізації досягається, на думку авторів [1, 3], складною конфігурацією клапана і сідла з трохи різкими змінами напрямку руху продукту, що гомогенізується, яка призведе до серії ударів і турбулізації потоку, що здається дуже сумнівним з точки зору гомогенізуючого ефекту.

Однак аналіз клапанних гомогенізаторів показав, що вони мають істотні недоліки: значні габаритні розміри і масу, високу металоємність, високі енерговитрати, швидкий знос робочих поверхонь клапану і досить високу вартість обладнання. Слід зауважити, що закордонні аналоги по цим показникам несуттєво відрізняються [1, 2, 3].

По типу клапанних гомогенізаторів працюють і гвинтові. У них продукт проходить по різьбовій поверхні з регульованими зазорами. Клапанна щілина в гвинтових гомогенізаторах або розтягнута за рахунок її гвинтової форми, або продукт проходить крізь декілька послідовних зазорів, утворених гвинтовою і циліндричною поверхнями [1, 2, 3].

В гомогенізаторах з протяжною гвинтовою поверхнею, що створює один зазор великої протяжності, складністю є організація зазору між витками [1, 2]. Для стабілізації зазору між витками розраховується крок витків таким чином, щоб жорсткість пружини була однаковою по всій довжині, що технічно досить складно виконати. Ефективність гомогенізації в даних видах гомогенізаторів складає 48%.

Принцип роботи фільтрального гомогенізатора полягає у тому, що продукт продавлюється крізь паралельно розташовані отвори з постійним або регульованим перерізом [1, 2, 3]. При роботі цих апаратів без зазору ефективність гомогенізації складає близько 17%, а при обробці протягом 20 хв – 20%.

У відцентрових гомогенізаторах продукт під дією відцентрової сили на периферії колеса проходить через вузьку щілину, тобто принцип їх дії не відрізняється від клапанних гомогенізаторів [1, 2, 3]. Ефективність гомогенізації в цих апаратах залежить від тиску, під дією якого рідина, яка обробляється, виходить з сопел або щілинних отворів ротора, що обертається і ударяється в пристосування для зниження швидкості продукту.

Недоліком даних машин є те, що для отримання високого ефекту гомогенізації необхідно створити більший тиск рідини на виході її з сопел або щілинних отворів ротора, а це не завжди можливо.

На основі результатів вивчення диспергування багатокомпонентних сумішей при адіабатному скипанні, був створений новий клас гомогенізуючого обладнання – вакуумні гомогенізатори [1, 2]. Принцип дії вакуумного гомогенізатора полягає в тому, що молоко підігрівається до температури 80°C і подається в робочу камеру, в якій за допомогою вакуумного насосу підтримується тиск $0,01 - 0,02$ МПа. Вода, яка входить до складу молока, потрапляючи в вакуумну камеру, стає перегрітою відносно температури насичення, яка відповідає тиску в робочій камері, і скипає. При цьому в молоці утворюються, інтенсивно ростуть і лавиноподібно руйнуються пухирці пару. Ці процеси супроводжуються сильною турбулізацією скипаючого потоку, розтіканням жирових кульок по поверхні парових пухирців в тонкі плівки, в результаті руйнування яких і утворюються жирові кульки менших розмірів.

При обробці молока у вакуумних гомогенізаторах неможливо отримати середній діаметр жирових кульок менше $2,0$ мкм. Однак, разом з цим дані апарати мають ряд переваг: при гомогенізації у вакуумних гомогенізаторах знижується кислотність продукту, підвищується термостійкість, дегазація, дезодорація і зменшується кількість бактерій.

Для диспергування жирової фази молока широко застосовують ультразвукові гомогенізатори, в яких гомогенізація основана на ультразвуковій кавітації [1, 2, 3]. За допомогою ультразвуку можна отримувати не тільки емульсії, але й дрібнодисперсні суспензії [1, 2]. Руйнування часток проходить в дві стадії: спочатку при співударянні 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.

Було також запропоновано конструкцію ультразвукового гомогенізатора проточного типу, який представляє собою кільцевий ультразвуковий перетворювач, виконаний на сучасних п'єзоелементах.

Установка працює наступним чином. Рідина, що обробляється подається в реактор і одночасно вмикається ультразвуковий генератор. Пружні коливання ультразвукової частоти випромінювачів в рідині в середині циліндра збуджують поле звукової хвилі в режимі ка-

вітації. З реактора рідина надходить в накопичувальну ємність і може використовуватись по призначенню. Якщо ж недостатній ступінь обробки, рідина знову направляється до реактора, де вона піддається ультразвуковому впливу до необхідного рівня гомогенізації.

Принцип роботи вихрових гомогенізаторів пов'язаний з вихровими рухами рідини.

Вихровий гомогенізатор [1, 2, 3, 4] складається з вихрової гомогенізуючої головки конічної форми з конічним клапаном в середині. Молоко подається тангенціально в кільцевий зазор між корпусом і клапаном, що звужується. На думку авторів, ефект гомогенізації утворюється в результаті тертя струменів, що паралельно завихрюються з прискоренням в зазорі між конічною частиною корпусу і конічним клапаном, і підсилюється в результаті виникнення ультразвукових коливань, які збуджують явище кавітації.

На основі висунутої гіпотези скловання жирових кульок молока при субкавітаційному диспергуванні був розроблений і експериментально досліджений вихровий гомогенізатор молока [1, 4]. Пристрій працює наступним чином. Молоко надходить за допомогою насоса у всмоктуємий канал, із робочої порожнини блоку продукт під тиском 13,5 МПа через сопло розміщене тангенціально по відношенню до циліндричної стінки вихрової камери потрапляє в вихрову гомогенізуючу головку, завдяки тангенціально розміщеному соплу, створюється вільний вихор з зоною наднизького тиску в центральній його частині. Слід зазначити, що розробникам так і не вдалося досягти високого ступеня диспергування в порівнянні з клапанними гомогенізаторами, хоча у вихрових машинах умови, які утворюються для субкавітаційного диспергування набагато кращі, ніж у клапанних.

Для диспергування жирової фази молока широко використовуються роторно-пульсаційні апарати (РПА) [1, 2, 5]. 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, 5].

В соплових гомогенізаторах передбачають інтенсифікацію гомогенізації за рахунок кавітації, яка виникає на виході із сопла, або ж в самому соплі.

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, 3].

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

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, 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, 6].

Випробування імпульсного гомогенізатора показали, що він створює в гомогенізованому середовищі збурювання тиску інтенсивністю 1,5 МПа з частотою 50 Гц, а середній діаметр жирових кульок після обробки в даному апараті становить 0,5 мкм.

Висновки. Отже, проведений аналіз показав, що на сьогоднішній день досить багато пристроїв для гомогенізації молока, однак більшість з них не дозволяють отримати достатню ступінь диспергування при мінімальних затратах енергії. Найбільш перспективним на нашу думку є імпульсний гомогенізатор, який дає можливість отримати високу ступінь гомогенізації молока, при досить невеликих затратах енергії. Тому подальші дослідження будуть проводитися в цьому напрямку по даному типу гомогенізатора.

Література:

1. *Паляничка Н. О.* Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока: дис. канд. техн. наук: 05.18.12 [Текст] / *Н. О. Паляничка.* – Донецьк, 2013. – 194 с.
2. *Самойчук К. О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 [Текст] / *К. О. Самойчук.* – Донецьк, 2008. – 155 с.
3. *Нужин Е.В.* Гомогенизация и гомогенизаторы: монография [Текст] / *Е. В. Нужин, А. К. Гладушняк.* – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.
4. *Фиалкова Е.А.* Гомогенизация. Новый взгляд: монография–справочник [Текст] / *Е. А. Фиалкова.* – СПб: ГИОРД, 2006. – 392 с.
5. *Промтов М. А.* Машины и аппараты с импульсными энергетическими воздействиями на обрабатываемые вещества [Текст] / *М. А. Промтов.* – М.: Машиностроение-1, 2004. – 136 с.
6. *Орешина М. Н.* Ультратонкое диспергирование в технологиях многокомпонентных пищевых систем: монография [Текст] / *М. Н. Орешина, Г. В. Семенов.* – М. : МГУПБ, 2009. – 184 с.

АНАЛИЗ НОВЕЙШИХ УСТРОЙСТВ ДЛЯ ГОМОГЕНИЗАЦИИ МОЛОКА

Паляничка Н.А., Вершков А.А., Антонова Г.В.

Аннотация – работа посвящена анализу новейших устройств для гомогенизации молока с целью установления наиболее эффективных механизмов для диспергирования.

ANALYSIS OF NEW DEVICES FOR MILK HOMOGENIZATION

N. Palianychka, O. Vershkov, G. Antonova

Summary

The work is devoted to the analysis of the latest devices for homogenization of milk in order to establish the most effective and economical mechanisms for dispersing.