

УДК 637.134

АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ ГОМОГЕНІЗАТОРІВ МОЛОЧНОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

Дейниченко Г.В., д.т.н.,

Самойчук К.О., к.т.н.,*

Івженко А.О., інженер,**

Левченко Л.В., аспірант**

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(06192) 42-13-06

Анотація – у статті наведено огляд конструкцій основних типів гомогенізаторів, які використовуються у молочній промисловості. Наведені: принцип їх дії, особливості конструкції та використання, характеристики ступеня диспергування та перспективи подальшого удосконалення.

Ключові слова – гомогенізація, гомогенізатор, конструкція, аналіз.

Постановка проблеми. Основна сировина молочної промисловості - молоко є природною емульсією молочного жиру у плазмі з середніми розмірами дисперсної фази (жирових кульок) 2-5 мкм. Молочна емульсія схильна до мимовільного розділення у результаті відстоювання молочних вершків внаслідок спливання найбільш крупних жирових кульок. Таке розшарування у процесі виробництва (кисломолочна продукція) або в процесі зберігання (питне молоко та вершки, морозиво, тощо) погіршує якість молочних продуктів. Для запобігання цьому проводять гомогенізацію молока – подрібнення жирових кульок молочної емульсії до розмірів біля 1 мкм. У молока після гомогенізації покращуються сенсорні властивості, збільшується засвоєння молочного жиру, емульсія стає стійкою до розшарування протягом декількох діб.

Гомогенізатори молочної промисловості, крім загальних вимог до будь-якого обладнання галузі, повинні мати високий ступінь диспергування (75% жирових кульок з розмірами менше 1 мкм) і невисокі енерговитрати (до 3-5 кДж/т). Але сучасні гомогенізатори

© Дейниченко Г.В., д.т.н., проф., Самойчук К.О., к.т.н., доц., Івженко А.О., інженер, Левченко Л.В., аспірант

* Науковий консультант – д.т.н., проф. Дейниченко Г.В.

** Науковий керівник – к.т.н., доц. Самойчук К.О.

або дозволяють отримати високу якість емульсії при енерговитратах більше 7кДж/т (клапанні гомогенізатори), або емульсію з розмірами 1,2-1,8 мкм і більше при невисоких енерговитратах. Зниження енерговитрат процесу гомогенізації у сучасних умовах з високою конкуренцією серед виробників молочних продуктів та високих цінах на енергоносії є актуальним завданням.

Аналіз останніх досліджень. Для проведення процесів диспергування та отримання емульсій на виробництві переважно використовують клапанні, вакуумні, роторно-пульсаційні, відцентрові, ультразвукові, струминні та вихрові апарати [1-5]. Перші 3 типи отримали найбільше розповсюдження, інші – зустрічаються у складі технологічних ліній значно рідше.

Постановка завдання. Проаналізуємо існуючі промислово освоєні конструкції гомогенізаторів і диспергаторів, які застосовуються для гомогенізації молока.

Основна частина. Найбільш поширені гомогенізатори клапанного типу, в яких оброблювана суміш під високим тиском від 8 до 25 МПа, проходить через вузьку кільцеву щілину, утворену клапаном і клапанним сідлом. Головна їх перевага в тому, що при обробці продуктів можна отримати високодисперсні емульсії з середнім діаметром дисперсної фази 0,75 – 0,8 мкм. Однак їх істотним недоліком є швидке зношення ущільнень і клапанів. До того ж, вони мають велику енергоємність (до 8 кВт/т) і складність в обслуговуванні [1, 2, 3].

У відцентрових гомогенізаторах під дією обертання ротора рідина під тиском проходить через сопла або щілинні отвори. Відцентрові апарати простіше клапанних, вони менш металоємні, в них немає швидкозношуваних деталей. Основний їх недолік - значне спінювання продукту в ході його обробки, що стримує широке впровадження цих апаратів [1, 4].

При вакуумній гомогенізації досягаються додаткові переваги: знижується кислотність, підвищується термостійкість, відбувається дегазація, дезодорація молока, а також часткове пригнічення мікрофлори [5]. Сутність методу ґрунтується на тому, що двох-, трьохкратне адіабатне скипання молока в камерах призводить до дроблення жирових кульок молока. При вакуумній гомогенізації широта розподілу жирових кульок за розмірами порівнянна з клапанною, однак їх середній розмір істотно більше і складає 1,5-2,5 мкм [5, 6].

Принцип дії акустичних диспергаторів базується на використанні коливань звукового або ультразвукового діапазону для

руйнування крапель дисперсної фази. Як правило, це гідромеханічні та гідродинамічні генератори [7]. Акустичне емульгування дозволяє отримувати дисперсність утворюючих емульсій починаючи з розміру 1,2–1,5 мкм. Ці апарати значно менш енергоємні, ніж клапанні, компактні і зручні в обслуговуванні, при цьому одночасно з диспергуванням і емульгуванням спостерігається руйнування мікрофлори та клітин мікроорганізмів.

Гідродинамічні (струминні) диспергатори являють собою форсунку з звуженим соплом, реактивний струмінь якої відбивається близько розташованим відбивачем [8, 9]. Високі швидкості ковзання досягаються у протитечійно-струминних гомогенізаторах, що складаються з двох співвісно розташованих форсунок. Дисперсність жирової фази молока становить 0,7-0,8 мкм і порівняна з клапанними [10]. Незважаючи на низькі енерговитрати та високу якість обробки значне спінювання заважає широкому використанню таких апаратів [1, 11].

Існують апарати, де емульсія утворюється завдяки зворотно-поступальному руху поршня – так звані пульсаційні апарати [12, 13]. Зазвичай вони виконані у вигляді пластин або дисків, закріплених на вертикальних штангах, які здійснюють зворотно-поступальні рухи. Існують також пульсаційні апарати, які конструктивно виконані у вигляді зануреної в апарат камери з системою різноманітних сопел [14]. Для опису застосовують теорію гомогенізації Орешіної. Дисперсність емульсії перевищує показники клапанної гомогенізації завдяки створенню високих швидкостей ковзання жирової кульки [15].

Вихрові гомогенізатори сконструйовані для створення максимальних умов диспергування за теорією субкавітаційної гомогенізації. Дисперсність емульсії висока і сягає 0,77-1,05 мкм і енерговитрати на рівні протитечійно-струминної 3,8 кВт/т [16, 17]. В основі конструкції – вихрова труба, теорія роботи якої на даний час не розвинена [17].

Нині все більш широко починають використовувати апарати, що дозволяють інтенсифікувати технологічні процеси за рахунок проведення їх у нестационарних умовах, використання енергії звукових коливань і вторинних акустичних ефектів за рахунок здійснення дискретного уведення енергії в оброблюване середовище [18, 19]. До апаратів, які якнайповніше відповідають усім вищепереліченим вимогам, відносяться роторні апарати, що мають різні назви: роторний апарат з модуляцією потоку (РАМП); роторно-пульсаційний апарат (РПА); пульсаційний апарат роторного типу

(ПАРТ); гідродинамічний апарат роторного типу (ГАРТ); рідинні, гідроакустичні сирени, «ультратурракс»; гідромеханічний диспергатор [20]. Ці апарати відрізняються простотою конструкції, високою надійністю і ефективністю. Принципові конструктивні схеми у них однакові, проте за механізмом дії на оброблюване середовище ці апарати істотно відрізняються. Пов'язано це з вибором величини радіального проміжку між ротором і статором. У роторних апаратах типу РАМП, ПАРТ, гідромеханічних диспергаторів проміжок прагнуть виконати мінімальним, не більше 0,1 мм, а в РПА вказаний проміжок більше 0,2 мм і може досягати декількох міліметрів. Інтенсифікації процесів диспергування у роторних апаратах сприяють, у першу чергу, інтенсивна імпульсна акустична кавітація [21], висока турбулентність і високий градієнт швидкості в робочих об'ємах. У апаратах типу РПА основну дію на середовище чинять високі зсувні і зрізаючі зусилля у радіальному проміжку за відсутності акустичної імпульсної кавітації.

Роторні апарати відрізняє простота в їх виготовленні. Їх енергетична ефективність обумовлена тим, що рідке середовище являється одночасно і джерелом і об'єктом коливань і, таким чином, механічна енергія оброблюваного плинного середовища безпосередньо перетворюється на корисну – необхідну для диспергування.

При дослідженні дисперсності емульсій, приготовлених на РПА, встановлено, що, в цілому, середній діаметр частинок дисперсної фази не перевищує 1 мкм [17], але дисперсний склад відрізняється нерівномірністю і містить підвищену кількість неподрібнених жирових часток.

Висновки. На молокозаводах завдяки високому ступеню диспергування та універсальності для гомогенізації молока переважним чином використовуються клапанні та роторні (роторно-пульсаційні) гомогенізатори [1]. Інші типи машин для диспергування молочного жиру: вакуумні, ультразвукові, вихрові, струминні і т.п., незважаючи на енерговитрати в 2–8 разів менші, не знайшли широкого використання на виробництві. За даними Девіса, Долинського та Іваницького [22, 23], які узагальнили велику кількість експериментальних даних по дробленню крапель емульсій різними типами пристроїв, встановлено, що в РПА отримання високодисперсних емульсій відбувається при значно менших енерговитратах у порівнянні з іншими типами диспергаторів.

При аналізі теорій гомогенізації встановлено, що визначальними факторами руйнування жирових кульок у РПА є

високі швидкості ковзання жирової кульки, які створюються при пульсаційному русі оброблюваного середовища та градієнтах швидкостей. Поєднання обох цих факторів використовується тільки в конструкціях РПА.

Проте, у дисперсному складі обробленої молочної емульсії зустрічаються жирові частки з розмірами 5-10 мкм і вище, що знижує якість кінцевого молочного продукту [17, 19]. Тому РПА використовуються, більшою мірою, для обробки в'язких середовищ з дисперсністю вище 5 мкм [1]. Незважаючи на цей недолік, РПА є найбільш перспективними для подальшого вдосконалення.

Література:

1. *Нужин Е.В.* Гомогенизация и гомогенизаторы / Е.В. Нужин, А.К. Гладушняк. Монография – Одесса: Печатный дом, 2007. – 264 с.
2. *Чернец М.* Повышение износостойкости и долговечности элементов гомогенизаторов давления. (Монография) / М. Чернец, К. Лукасик, А. Некоз. – Дрогобыч: КОЛО, 2004. – 268 с.
3. *Орлов П.В.* Аппаратурное оформление процессов диспергирования в пищевой промышленности/ П.В. Орлов, А.В. Лымарь // Научный журнал НИУ ИТМО, СПб.: Вып. 1(15). – 2013. – С. 126-134.
4. *Борисенко Е.В.* Физико-химические основы производства эмульсий /Е.В. Борисенко// Пищевые ингредиенты: сырье и добавки. – Саратов.– 2002, №2. – С. 26-32.
5. *Долинский А.А.* Диспергирование жировых шариков при вакуумной гомогенизации / А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, В.К. Буримский [и др.] // Молочная промышленность. – 2003. – № 2. – С. 55–56.
6. *Долинский А.А.* Оптимизация тепломассообменных и гидродинамических процессов в технологии термовакuumной обработки молока/ А.А. Долинский, Ю.А. Шурчкова, Г.К. Иваницкий, Б.Я. Целень// Наука та інновації. – 2010. Т. 6. № 1. – С. 59 – 68.
7. *Новицкий Б.Г.* Применение акустических колебаний в химико–технологических процессах / Б.Г. Новицкий – М.: Химия, 1983. – 191 с.
8. *Гордезиани В.С.* Производство заменителей цельного молока. / В.С. Гордезиани – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.
9. *Драгун Н.А.* Струйный эмульгатор для заменителей цельного молока / Н.А. Драгун, Т.С. Клятвина и др. // Молочная промышленность. – 1986. – № 3. – С.3 – 4.

10. *Самойчук К.О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого гомогенізатора молока [Текст] : автореферат... канд. техн. наук, спец.: 05.18.12 - процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв / К.О.Самойчук. – Донецьк : МОН Укр. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2008. — 20 с.

11. *Самойчук К.О.* Зниження піноутворення при протитечійно-струменевій гомогенізації молока / К.О. Самойчук // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. - Мелітополь: ТДАТУ. - 2010. – Вип. 10., т.1. - С. 99-106.

12. *Паляничка Н. О.* Вдосконалення процесу імпульсної гомогенізації молока [Текст] : автореферат... канд. техн. наук, спец.: 05.18.12 - процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв / Н.О. Паляничка. — Донецьк : МОН Укр. Донецький нац. ун-т економіки і торгівлі ім. М. Туган-Барановського, 2013. — 20 с.

13. *Орешина М.Н.* Разработка импульсного гомогенизатора на основе исследования дробления жировых шариков молока: дис. канд. техн. наук : 05.18.12 / М.Н. Орешина. – Орёл, 2001. – 126 с.

14. *Кодряну К.П.* Наша техника / К.П. Кодряну // Масложировая промышленность. – 2000. –№ 1. – С. 38-39.

15. *Паляничка Н.О.* Експериментальне обґрунтування параметрів імпульсного гомогенізатора молока / Н.О. Паляничка, О.В. Гвоздев // Збірник наукових праць Одеської національної академії харчових технологій. – Одеса, 2011. - Вип.39, т.2. - С. 177–181.

16. *Петрачков Б.В.* Разработка вихревого гомогенизатора на основе теоретических и экспериментальных исследований процесса низкотемпературной кавитационной гомогенизации: дис... канд. техн. наук: 05.18.12 / Б.В. Петрачков – Вологда-Молочное, 2006. – 163 с.

17. *Фиалкова Е.А.* Гомогенизация. Новый взгляд: Монография–справочник / Е.А. Фиалкова – Спб.: ГИОРД, 2006. – 392с.

18. *Червяков В.М.* Теоретические основы методов расчета роторных аппаратов с учетом нестационарных гидродинамических течений: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня д-ра техн. наук.: 05.02.13 "Машины, агрегаты и процессы" Тамбов, 2007. – 35с.

19. *Stankiewicz, A.* Process intensification / A. Stankiewicz, I.A. Moulijn // Ind. Eng. Chem. Res. - 2002. - V.41. - P. 1920 - 1924.

20. *Промтов М.А.* Машины і апарати з імпульсними енергетичними діями на оброблювані речовини/ А.М. Промтов. - М.: Видавництво «Машиностроение-1», 2004. - 136 с.

21. *Promptov, M.A.* Dynamic of cavitation bubbles in rotor impuls apparatus //M.A. Promptov, M.X. Monastirsky // J. of Qingdao Just, of Chem. Techn. - 2000. -V.21,№4.-P.318-321.

22. *Davies J.T.* A physical interpretation of droop sizes in homogenizers and agitated tanks, including the dispersion of viscous oils // Chem. Engng. Sci. - 1987. -42.-№47.-P.1671-1676.

23. *Долинский А.А.* Принципы разработки новых энергоресурсосберегающих технологий и оборудования на основе методов дискретно-импульсного ввода энергии / А.А. Долинский, Г.К. Иваницкий // Пром. теплотехника. - 1997. - Т.19.-№ 4-5. - С.13-25.

АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ ГОМОГЕНИЗАТОРОВ МОЛОЧНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Дейниченко Г.В., Самойчук К.О., Ивженко А.А., Левченко Л.В.

Аннотация - в статье приведен обзор конструкций основных типов гомогенизаторов, которые используются в молочной промышленности. Приведены: принцип действия гомогенизаторов, особенности конструкции и использования, характеристики степени диспергирования и перспективы дальнейшего совершенствования.

ANALYSIS OF CONSTRUCTIONS OF HOMOGENIZERS OF MILK INDUSTRY

G. Deinychenko, K. Samoichuk, A. Ivzhenko, L. Levchenko

Summary

Constructions of basic types of homogenizers which are used in milk industry are reviewed in the article. Operation principle of homogenizers, design and use peculiarities, description of dispersion degree and further improvement prospects are resulted.