

УДК 637.134

РОЗРОБКА ЛАБОРАТОРНОГО ЗРАЗКА СТРУМИННОГО ГОМОГЕНІЗАТОРУ З РОЗДІЛЬНОЮ ПОДАЧЕЮ ВЕРШКІВ

Самойчук К.О., к.т.н.,

Ковальов О.О., аспірант*

Таврійський державний агротехнологічний університет

Тел.(0619) 42-13-06

Анотація – у статті проведено аналіз існуючих конструкцій апаратів для гомогенізації, розроблено та обґрунтовано параметри конструкції лабораторного зразка струминного гомогенізатору з роздільною подачею вершків.

Ключові слова – конструкція, вершки, гомогенізатор, струминний, лабораторний зразок.

Постановка проблеми. Останні тенденції на ринку виробництва молочної продукції на Україні заключаються в загальному падінні споживчого попиту та відданні переваги споживачем більш дешевій продукції. Це змушує виробників працювати на межі рентабельності. Одним з рішень може стати зниження енергоємності складаючих технологію процесів. Оскільки гомогенізація є одним з нормативних технологічних процесів обробки молока важливим є завдання зниження його енергоємності. Відомо, що процес роздільної гомогенізації, як такий має низку переваг над повною гомогенізацією, зокрема: зниження енергоємності процесу, забезпечення заданої концентрації молочного жиру, підвищення стабільності дисперсної фази та білків.

Аналіз останніх досліджень. Існує ряд гіпотез гомогенізації, що суперечать одна одній. Жодна з них вичерпно не показує на сутність процесів, що відбуваються. Основна причина суперечностей в тому, що процес гомогенізації є важкодоступним для дослідження завдяки великим швидкостям процесу та малим розмірам часток.

Основними з гіпотез гомогенізації є:

- руйнування під впливом дії повздовжнього градієнта швидкості потоку при вході у клапанну щілину (М.В. Барановського);
- руйнування під впливом поперечного градієнту швидкості потоку у клапанній щілині (Ребіндера і Вітінга);
- руйнування за рахунок відцентрової сили при обертальному русі жирової кульки у градієнтному полі швидкостей (В.Д. Суркова);
- руйнування здуванням мікрочасток з поверхні жирової

© Самойчук К.О., к.т.н., Ковальов О.О., аспірант

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

кульки (М.М. Орешіної);

– гіпотеза субкавітаційної гомогенізації (Є.А. Фіалкової) [1].

Кожна з гіпотез базується на певному фізичному явищі, тому для здійснення гомогенізації та отримання емульсії використовують клапанні, відцентрові, ультразвукові, вакуумні, електрогідравлічні, роторно – пульсаційні та інші апарати.

Основна частина. Для підвищення якості готової продукції важливе забезпечення високої стабільності емульсії, невеликого розміру часток (не більше 1 мкм) та високої засвоюваності молочного жиру. Але механічний вплив на молоко в процесі його отримання та обробки на підприємствах молочної промисловості (перекачування насосами, транспортування, сепарування, центрифугування) неминуче змінюють властивості молочної продукції.

Такі впливи характеризуються зміною показників дисперсності та стабільності жирової фази емульсії. Наприклад: при перекачуванні молока відбувається диспергування жирових кульок розмірами (4-6 мкм та більше) з одночасним зменшенням кількості дрібних кульок <2мкм, збільшенням числа кульок середніх розмірів та часткова дестабілізація жиру.

Неодноразове перемішування та переливання молока в процесі тривалого зберігання до надходження на молочні заводи знижують стабільність жирової емульсії. В процесі зберігання молока на фермах порушується структура ліпідних і білкових компонентів, що погіршує властивості молока. Так, молочний жир переходить з рідкого стану до твердого, що підвищує його в'язкість, лужність збільшується на 0.5-2°Т. При механічній обробці може виникати піна, що знижує стійкість низькодисперсної фази молока. [2]

Все вищесказане обумовлює необхідність гомогенізації, за якої на рівні біохімічних процесів відбувається зменшення діаметру жирових кульок, різко зростає загальна поверхня жирових кульок, збільшується кількість розчиненого кальцію, що добре впливає на швидкість засвоєння жиру гомогенізованого продукту.

Клапанні конструкції гомогенізаторів забезпечують високий ступінь дисперсності при подрібненні та високий ефект гомогенізації. Але вони відрізняються складністю обслуговування високою енергоємністю та металоємністю, наявністю швидкозношуваних деталей та у більшості випадків досягли меж вдосконалення.

Відцентрові гомогенізатори за конструкцією простіші за клапанні, менш металоємні, однак його конструкція потребує вдосконалення з метою зниження витрат енергії та підвищення ефекту гомогенізації, що є доволі низьким. Недоліком таких апаратів є значне піноутворення в процесі обробки продукту.

Ультразвукові гомогенізатори забезпечують високий ступінь дисперсності та стійкість при тривалому зберіганні. Металоємність та енергоємність ультразвукового гомогенізатору менше від 5 до 7 разів,

порівняно з клапанним. Проте недостатньо вивчено вплив ультразвуку на зміну фізико – хімічних властивостей молока та його компонентів. Так, при обробці може з'явитись присмак топленого молока, значно зменшується в'язкість молока, що свідчить про деструкцію білка [3].

За вакуумної гомогенізації широта розподілу жирових кульок наближається до клапанної, але їх середній розмір у 2 – 3 рази більше і складає 1,5 – 2,5 мкм. Ці конструкції мають меншу енергоємність і в 3 рази меншу металоємність порівняно з А1 – ОГМ [4].

Конструкції, що працюють за рахунок електрогідролічного ефекту можуть мати можливість поєднання стерилізації та гомогенізації характеризуються простотою конструкції та низькою енергоємністю. Але при обробці відбувається не тільки диспергування, а й коалесценція, завдяки чому кінцева ступінь диспергування невелика.

Роторно – пульсаційні апарати при простоті конструкції та відносно малому енергопостачанні забезпечують достатньо високий ефект (середній діаметр часток дисперсної фази не перевищує 1 мкм). Однак гомогенізоване в таких апаратах молоко відрізняється широким спектром розподілення жирових кульок і має доволі великі частки жиру, що негативно впливає на виготовлення деяких видів продуктів [5].

Альтернативні конструкції (гідродинамічні гомогенізатори, емульгатори, вібратори та емульсори різних конструкцій), що використовують для подрібнення жирових кульок є менш ефективними за розглянуті за показниками якості процесу.

Останнім часом частіше знаходять застосування більш прості струминні апарати, в яких гомогенізація відбувається в гідродинамічному потоці [6]. Відомими конструкціями струменевих гомогенізаторів є: ударні струменеві, струменево – вихрові та протитечійно – струменеві. Гомогенізація відбувається за рахунок енергії струменю, частково кавітація та створення інтенсивних турбулентних пульсацій.

Аналізуючи вищезазначені теорії і конструкції апаратів можливо стверджувати, що головним фактором в процесі диспергування жирової фази молока є різниця швидкостей між жировою кулькою та оточуючою дисперсійною фазою (Δv).

Сила опору F при русі жирової частинки викликає перепад тиску Δp_k , Па, між внутрішній та зовнішніми фазами кульки, що деформує та розриває її:

$$\Delta p_k = \frac{F}{\omega}, \quad (1)$$

де ω - площа миделеєвого перерізу, тобто проекції краплі на площину, перпендикулярну до напрямку швидкості, м² [7]

$$\omega = \frac{\pi d_k^2}{4}, \quad (2)$$

Тоді

$$\Delta p_k = \frac{1}{2} N_e \rho_{\text{пл}} u^2, \quad (3)$$

При низькому перепаду тиску Δp_k крапля деформується, але не розривається завдяки поверхневому натягу σ , Н/м, який обумовлює спрямований всередину перепад тиску Δp_σ , Па, який для жирової кульки буде дорівнювати [8]

$$\Delta p_\sigma = \frac{4\sigma}{d_k} \quad (4)$$

Якщо Δp_k перевищує Δp_σ відбувається руйнування жирової кульки:

$$\Delta p_k \geq \Delta p_\sigma, \quad (5)$$

Збільшувати Δu намагались шляхом створення високого поперечного градієнту швидкостей потоку молока наприклад в роторному апараті. Але не вдалося досягти якості клапанної гомогенізації. Основна причина цих невдач полягає у високому втягуванні жиру потоком плазми, що викликане малою різницею густини молочного жиру і плазми. Тому підвищити енергоефективність гомогенізаторів можливо створюючи конструкції, які спрямовані на досягнення максимального Δu а не на створення максимального градієнту швидкості потоку. Прикладом такого конструктивного рішення є схема, представлена на рис. 1.

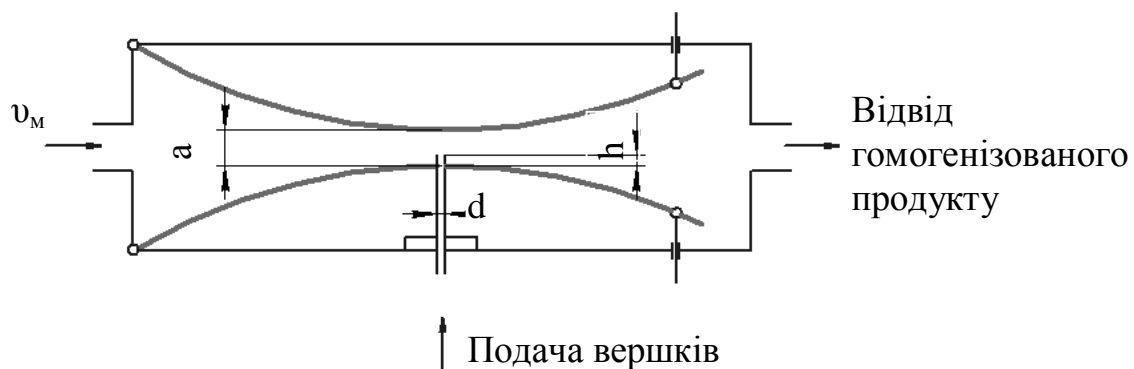


Рис. 1. Схема струминного гомогенізатора з роздільною подачею вершків.

До подачі в такий пристрій молоко розділяється на знежирене молоко і вершки. Знежирене молоко подається під тиском з певною швидкістю v_M , яка збільшується у центральній зоні пристрою за рахунок звуження потоку, величину якого можливо регулювати тягами. У місці найбільшого звуження подаються вершки по тонкому каналу, діаметр якого $d=0,5 \dots 0,25$ мм. Трубка такого малого діаметра створює мінімальний опір потоку і дозволяє подавати вершки тонким струменем. Змінюючи швидкість потоку у зоні подачі вершків, відстань від торця трубки подачі вершків до краю каналу звуження і

подачу вершків можливо досліджувати їх вплив на якість і енерговитрати процесу диспергування молочного жиру.

Основними задачами досліджень є: обґрунтування параметрів та режимів роботи струменевого гомогенізатора для отримання максимального ступеня диспергуванні при мінімізації енерговитрат.

На основі аналізу літературних джерел виявлені такі фактори процесу гомогенізації молока [8]:

– конструктивні: діаметр каналу подавання жиру $d_{отв}$, відстань між направляючими у найбільш вузькому перетині a , висота камери h .

– технологічні: надлишковий тиск у форсунках гомогенізатора Δp , продуктивність гомогенізатора Q , ступінь гомогенізації Hm , середній діаметр жирової кульки після гомогенізації D , температура гомогенізації T .

– фізико-хімічні властивості молока: густина молока ρ , густина плазми молока $\rho_{пл}$, густина молочного жиру $\rho_{ж}$, поверхневий натяг на межі розділу фаз жир-плазма $\sigma_{ж-п}$, в'язкість молока, що оцінюється динамічним та кінематичним коефіцієнтами, відповідно μ та ν , в'язкість плазми молока, що оцінюється динамічним та кінематичним коефіцієнтами, відповідно $\mu_{пл}$ та $\nu_{пл}$, в'язкість молочного жиру, що оцінюється динамічним та кінематичним коефіцієнтами, відповідно $\mu_{ж}$ та $\nu_{ж}$.

Для виконання експерименту пропонується використовувати воду та рослинну олію, яка за рядом показників наближується до властивостей молочного жиру: густиною $1027...1023 \text{ кг/м}^3$, густиною плазми $1033...1038 \text{ кг/м}^3$, поверхневим натягом $0,0424...0,051 \text{ Н/м}$, жирністю $2,5...4,2\%$.

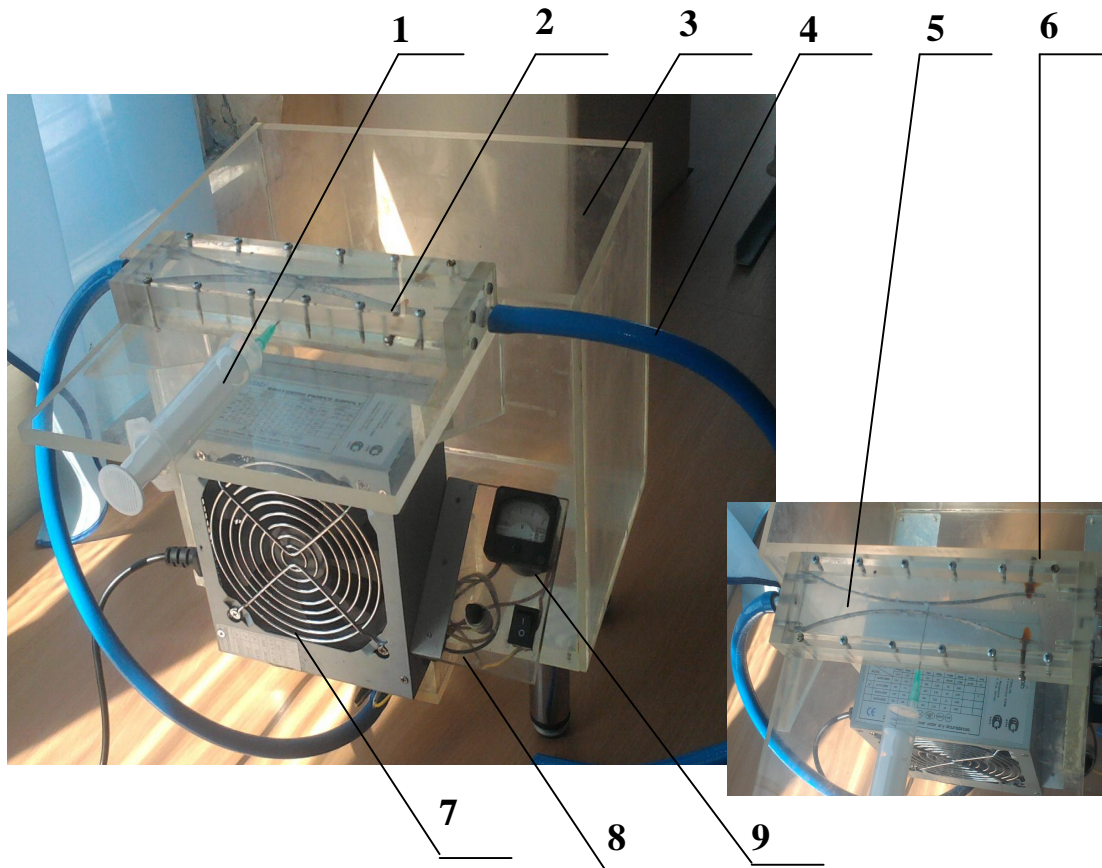
Тиск гомогенізації рекомендовано збільшувати до $4...6 \text{ МПа}$, так як за даної величини досягається максимально необхідна ступінь гомогенізації.

Діаметр отворів подавання вершків приймаємо у межах $0,5...0,25 \text{ мм}$, бо ці значення є технологічно достатніми, а більші можуть бути нераціональними.

Висоту камери приймаємо 4 мм бо з одного боку нам треба прагнути зменшити цю величину, але якщо вона була б менше 4 мм було б можливе ускладнення руху тяг та була б недостатньою їх міцність.

Відстань між направляючими, за результатами теоретичних розрахунків приймемо від 0 до 10 мм .

В конструкції передбачені: зміна тиску шляхом регулювання потенціометру зміни подачі насосу; зміна відстані між направляючими, шляхом впливу на регулювальні тяги; регулювання діапазону діаметру отвору для введення жирової фази. Оскільки однією з причин маловивченості процесу гомогенізації є важкодоступність для спостереження в конструкції передбачено, що корпус струменеутворювача вироблено з органічного скла.



1 – шприць для введення жирової фази; 2-корпус струменеутворювача; 3 – ємність для знежиреного молока; 4 – патрубок відводу обробленого продукту; 5 – направляючі; 6 – регулювальні тяги; 7 – блок живлення насосу; 8 – потенціометр зміни подачі насосу; 9 – вольтметр.

Рис.2. Загальний вигляд лабораторного устаткування для струменевої гомогенізації з роздільною подачею вершків.

Висновки. Завдяки створенню максимальної різниці швидкостей між жировою кулькою та оточуючою дисперсійною фазою можливе досягнення високої ефективності процесу. Можливим є поєднання в установці гомогенізації та нормалізації за умови дозування вершків. До недоліків процесу можна віднести необхідність попередньої сепарації, але згідно існуючих технологій вона є обов'язковою операцією. За результатами попередніх досліджень при середньому розміру жирових часток 1мкм енерговитрати процесу у 4 – 5 разів менше, ніж у клапанних гомогенізаторах.

Література:

1. *Самойчук К.О.* Обґрунтування параметрів та режимів роботи протитечійно-струменевого диспергатора молока: дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 /Самойчук Кирило Олегович – Донецьк, 2008, – 155с.
2. *Горбатова К.К.* Химия и физика молока / К.К. Горбатова. –

СПб.: ГИОРД, 2003. – 288 с.

3. *Гаркуша В.Б.* Розробка і дослідження установки для обробки продуктів харчування надвисоким тиском : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : спец. 05.18.12 "Процеси і апарати харчових мікробіологічних та фармацевтичних виробництв" / В.Б. Гаркуша. – Донецьк, 2002. – 20 с.

4. *Долинский А.А.* Анализ эффективности гомогенизации эмульсии различными диспергирующими устройствами / А.А. Долинский, Б.И. Басок, Ю.А. Шурчкова // Экотехнологии и ресурсосбережение. – 1995. – № 6. – С.40 – 43.

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

6. *Гордезиани В.С.* Производство заменителей цельного молока. / В.С. Гордезиани – М.: Агропромиздат, 1990. – 272 с.

7. *Лукасік Кишиштоф* Науково-технічні основи підвищення ефективності роботи та довговічності клапанних диспергаторів: Автореф. дисертації д-ра техн. наук 05.18.12/ Національний університет харчових технологій – К.: 2003 – 31 с.

8. *Макаров Е.Г.* Инженерные расчеты в Mathcad. Учебный курс / Е.Г. Макаров. - СПб.: Питер, 2005. - 448 с.: ил.

РАЗРАБОТКА ЛАБОРАТОРНОГО ОБРАЗЦА СТРУЙНОГО ГОМОГЕНИЗАТОРА С РАЗДЕЛЬНОЙ ПОДАЧЕЙ СЛИВОК

Самойчук К.О., Ковалев А.А.

Аннотация – в статье проведен анализ существующих конструкций аппаратов для гомогенизации, разработана конструкция лабораторного образца струйного гомогенизатора с раздельной подачей сливок и обоснованы ее параметры.

THE DESIGNING LABORATORY PATTERN OF JET – MIXING HOMOGENIZER WITH SEPARATED GIVING OF CREAMS

K. Samoichuk, A. Kovalev

Summary

In the article construction of laboratory pattern of jet – mixing homogenizer with separated giving of creams is designed, the analysis of existing constructions devices from homogenization has been carried out and are grounded parameters of proposed homogenizer.