

## ШЛЯХИ ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ДИСПЕРГУВАННЯ В КЛАПАННИХ ГОМОГЕНІЗАТОРАХ МОЛОКА

Самойчук К. О., докт. техн. наук, проф.,  
Ковальов О. О., канд. техн. наук, асист.

*Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного*

Найбільш поширені на виробництві гомогенізатори клапанного типу, в яких суміш, що обробляється під високим тиском (від 8 до 25 МПа), проходить через вузьку кільцеву щілину (0,1–0,5 мм), утворену клапаном і клапанним сідлом [1-3].

Головні переваги клапанних гомогенізаторів, за рахунок яких вони отримали найвищу промислову освоєність в світі [1-5]:

- при обробці продуктів можна отримати високодисперсні емульсії з середнім діаметром дисперсної фази 0,75 – 0,8 мкм;
- нечутливість до облітерації робочих поверхонь клапана та сідла внаслідок "плаваючої" конструкції клапана;
- універсальність, тобто можливість обробляти молоко та вершки різної жирності, а також інші продукти з широким діапазоном в'язкості;
- переважна більшість технологічних схем і інструкцій виробництва продукції містить рекомендації (режими гомогенізації), розроблені саме для клапанних гомогенізаторів.

Клапанні гомогенізатори мають найбільшу історію та характеризується найбільшою вивченістю серед усіх інших типів диспергаторів, тому достовірне знання механізму руйнування жирових кульок молока у цьому типі гомогенізатора є ключовим для визначення шляхів підвищення ефективності гомогенізації взагалі [1-4]. Тому розглянемо процес диспергування у такому гомогенізаторі докладніше [5].

Неможливість спостереження за процесом диспергування молочного жиру призвело до появи десятків гіпотез про можливі механізми гомогенізації у клапанних гомогенізаторах. Практично кожен з описаних у підрозділі 1.1 гіпотез в певний період часу вважали основною і переважною для клапанної головки гомогенізатора. Але візуальні експериментальні дані процесу руйнування жирових кульок, показали, що в клапанній щілині вони сильно розтягуються, проходять клапанну щілину та розпадаються на дрібні краплі на виході з робочої щілини [6-7]. Отримані результати дозволяють зробити такі висновки:

- візуально (розтягування у циліндри, з відношенням довжини до діаметра більше  $\pi$ ) процес співпадає з гіпотезами градієнтних гіпотез гомогенізації;
- гіпотези руйнування за рахунок відцентрових сил (інша форма деформації жирової кульки), кавітації, субкавітації (які виникають лише у вузьких кільцевих ділянках клапанної щілини) та здування з поверхні мікрочасток (згідно з якими передбачається деформація у вигляді "парашут" чи

"зонти") не відповідають дійсності;

– розпад сильно витягнутих жирових крапель на виході з клапанної щілини відбувається за рахунок турбулентних пульсацій [8], але кавітація підвищує ефективність цього процесу, адже в цій частині клапанної головки знаходиться зона інтенсивної кавітації;

– сильне витягування жирових кульок (утворення довгих циліндрів) перед руйнуванням узгоджується з даними Ю.Ф. Дітякіна та М.С. Волинського для диспергування високов'язких емульсій в досліджах по руйнуванню крапель [9] і теорією турбулентної в'язкісного диспергування Колмогорова-Хінце.

Останній висновок пов'язує процес диспергування жирової кульки молока з добре вивченим процесом руйнування рідкої краплі, визначальними для якого є критерії Вебера і час індукції [10]. В основі критерія Вебера лежить визначення різниці швидкості жирової кульки відносно оточуючого шару (молочної плазми). Таку швидкість називають швидкістю ковзання жирової кульки. Час індукції процесу диспергування краплі, а також час її повного руйнування, залежить від критерія Лапласа, а отже сили поверхневого натягу краплі, розміру краплі і швидкості руху емульсії. Саме ці чинники є визначальними у дослідженнях клапанної гомогенізації. З них сталими є розмір жирової кульки до гомогенізації та її поверхневий натяг, а змінними: швидкість ковзання, яка головним чином залежить від темпів зміни швидкості емульсії (або градієнта швидкості, або прискорення емульсії) в клапанній щілині та час індукції (впливу сил диспергування) [11].

Таким чином, для підвищення ступеня диспергування в клапанному гомогенізаторі необхідно:

1) збільшувати градієнт (прискорення) швидкості, для чого підвищувати тиск гомогенізації та (або) зменшувати довжину (висоту) клапанної щілини;

2) збільшувати час знаходження жирової кульки в клапанній щілині, тобто зменшувати швидкість потоку та (або) збільшувати довжину клапанної щілини.

Як бачимо ці шляхи підвищення ступеня гомогенізації в клапанній голівці знаходяться у протиріччі. Можливо в цьому і є основний недолік такого типу гомогенізатора. Незважаючи на більш ніж сторічну історію існування, величезну кількість досліджень і вдосконалень – спроб знизити його енерговитрати без погіршення якості диспергування, вони фактично не увінчалися успіхом. Сучасні вітчизняні (Одеський механічний завод) та закордонні клапанні гомогенізатори (Alfa-Laval, "APV", "Bran&Luebbe", Manton – Gaulin, "Cherry-Burrell", Rannie і ін.) мають близькі технічні характеристики і розрізняються в основному лише ступенем автоматизації та технічною досконалістю їх механічної частини [12].

#### Література:

1. Бойко В.С., Самойчук К.О., Тарасенко В.Г., Загорко Н.П., Циб В.Г. Процеси і апарати харчових виробництв. Гідромеханічні процеси. Підручник. – Мелітополь: Видавничо-поліграфічний центр «Люкс», 2019. 212 с.
2. Загорко Н.П., Петриченко С.В. Молоко як сировина для виробництва

молочних продуктів: електрон. навч. посібн. 2019 р. URL: <http://ophv.tsatu.edu.ua/category/moloko-yak-sirovina-dlya-virobnictva-molochnix-produktiv/> (дата звернення: 03.11.2021).

3. Загорко Н.П., Петриченко С.В. Загальні технологічні процеси та обладнання для виробництва молочної продукції: електрон. навч. посібн. 2019 р. URL: <http://ophv.tsatu.edu.ua/category/zagalni-technologichni-procesi-ta-obladnannya-dlya-virobnictva-molochnoi-produktsii/> (дата звернення: 03.11.2021).

4. Самойчук К.О. Характеристика використання гомогенізації емульсій в харчовій і переробній промисловості / Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 65-67. URL: <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/21.samojchuk-k.o.harakterystyka-vykorystannja-homohenizaciyi-emulsij-v-harchovij-i-pererobnij-promyslovosti.pdf>

5. Самойчук К.О., Лебідь М.Р. Аналіз конструкції клапанного гомогенізатора / Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 51-52. URL : <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/16.samojchuk-k.o.-lebid-m.r.analiz-konstrukciji-klapanneho-homohenizatora.pdf>

6. Самойчук К.О., Ковальов О.О. Підвищення енергоефективності гомогенізації при використанні струминно-щільного диспергатора молока / Новації в технології та обладнанні готельно-ресторанних, харчових і переробних виробництв: міжнародна науково-практична інтернет-конференція, 24 листопада 2020 р. : [матеріали конференції] / під заг. ред. В.М. Кюрчева. – Мелітополь : ТДАТУ, 2020. С. 46-48. URL : <http://www.tsatu.edu.ua/ophv/wp-content/uploads/sites/13/14.pdf>

7. Innings F., Trägårdh C. Visualization of the Drop Deformation and Break-Up Process in a High Pressure Homogenizer // *Chemical Engineering & Technology*. 2005. Vol. 28. Issue 8. August. 2005. P. 882–891.

8. Wittig A.B. The quality of homogenized drinking milk in relation to the sequence of modern treating processes // *XVI Int. Dairy Congr.* 1962. Vol. A. P. 906–916.

9. Вольнский М.С. Необыкновенная жизнь обыкновенной капли. М.: Знание, 1986. 144 с.

10. Самойчук К.О. Методика расчёта степени дисперсности эмульсий/ К.О. Самойчук MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture – 2016. Vol.18. No.2. P. 97–102.

11. Нужин Е.В. Характеристические числа процесса гомогенизации молока // *Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. Харків, 2005. Вип. 38. С. 63–68.

12. Фиалкова Е.А. Гомогенизация. Новый взгляд: монография–справочник. Спб.: ГИОРД, 2006. 392с.