

## ВИЗНАЧЕННЯ УНІВЕРСАЛЬНОГО ФАКТОРА ДИСПЕРГУВАННЯ ЖИРОВОЇ ФАЗИ МОЛОКА

**Самойчук К.О.**, канд. техн. наук, доц.  
Таврійський державний агротехнологічний університет, м. Мелітополь

Основною перешкодою для створення високоефективного обладнання для гомогенізації молока є недостатньо ґрунтовні дослідження механізмів диспергування жирової фази молочної емульсії. Незважаючи на значну кількість існуючих теорій гомогенізації та можливих механізмів руйнування жирових кульок молока, у сучасній світовій практиці не представлено універсального фактора диспергування молочного жиру. Узагальнення механізмів руйнування жирових крапель у навколишній молочної плазмі дозволяє виділити переважний чинник цього процесу – швидкість  $v$  (табл.).

Таблиця

### Аналіз істотних факторів дроблення жирової кульки молока

Механізм диспергування	Характер залежності діаметра часток від основних факторів
Нестійкість Кельвіна–Гельмгольца	$d_k = \frac{1}{v^2}$
Нестійкість Релея–Тейлора	$d_k = \frac{1}{\sqrt{a}}$
Дроблення крапель у турбулентному потоці рідини (за Колмогоровим і Левичем)	$d_k = \frac{1}{v^{6/5}}$
Динамічний механізм дроблення крапель (за Левичем)	$d_k = \frac{1}{v^2}$
Зсувний механізм емульгування (за Гопалом)	$d_k = \frac{1}{v}$
Інерційний механізм дроблення крапель	$d_k = \frac{1}{v^2}$
За критерієм Вебера ( $We$ )	$d_k = \frac{We}{U^2}$

З огляду на наведені дані стає зрозумілим, чому більшість авторів для оцінювання ступеня диспергування молочного жиру використовують критерій Вебера. За цим критерієм діаметр кульки обернено пропорційний квадрату швидкості, що збігається з більшістю механізмів диспергування, або близький до них. Лише нестійкість Релея–Тейлора має в основі розрахунок діаметрів крапель показник прискорення потоку  $a$ .

Проте швидкість за критерієм Вебера є швидкістю ковзання жирової кульки відносно плазми, яка її оточує. А швидкість ковзання – складно визначувана величина в будь-якому гомогенізаторі. Розглядаючи причини виникнення швидкості ковзання жирової кульки легко дійти висновку, що вона пропорційна прискоренню потоку емульсії. У разі появи прискорення, за рахунок різниці густини між нею та навколишньою плазмою, виникають інерційні сили, які змушують жирові краплі рухатися з відмінною від дисперсійного середовища швидкістю.

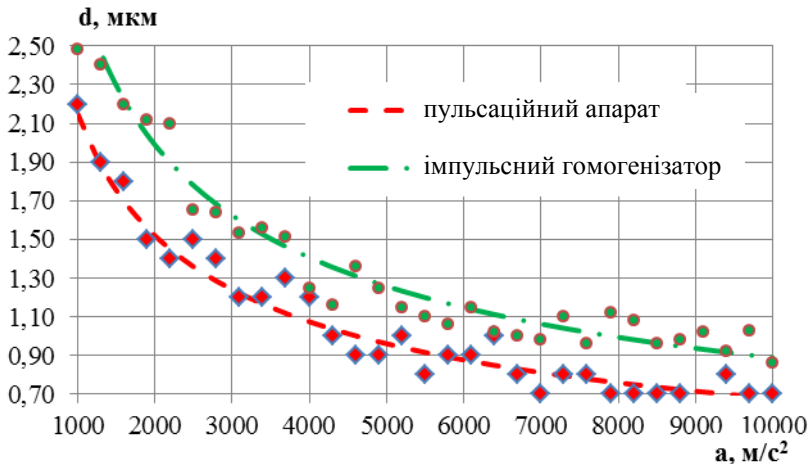
Одними з найбільш ефективних конструкцій для створення високих прискорень руху емульсії є імпульсні та роторно-пульсаційні гомогенізатори.

У роторно-пульсаційному апараті під час періодичного перекриття отворів ротора і статора рух рідини стає нестационарним і виникають значні знакозмінні пульсації. У разі накладання додаткових коливань за рахунок вібруючого ротора розсіювання енергії стає рівномірним і внаслідок узгодження коливань ротора з перекриттям отворів створюється резонанс пульсацій, що додатково підвищує ефективність гомогенізації.

В імпульсному гомогенізаторі високі значення прискорення потоків та швидкості ковзання жирової кульки створюються за рахунок знакозмінних пульсацій під час коливальних рухів поршня. Таким чином, для імпульсного та пульсаційного гомогенізатора основним фактором диспергування молочного жиру є прискорення.

Результати визначення дисперсності молока після обробки в імпульсному і пульсаційному гомогенізаторах свідчать про високий ступінь кореляції між середнім розміром жирових кульок та прискоренням потоку (рис.).

Порівнюючи залежності дисперсності від прискорення емульсії для імпульсної та роторно-пульсаційної гомогенізації, можна побачити, що обробка в роторно-пульсаційному апараті більш ефективна. Це пояснюється додатковою дією кавітаційного руйнування та результатом резонансного впливу на оброблюване середовище.



**Рис. Залежність між середнім розміром жирових кульок і середнім прискоренням потоку емульсії для пульсаційного гомогенізатора з ротором, що вібрує, і імпульсного гомогенізатора**

Таким чином, підтверджено гіпотезу про основний фактор диспергування жирової фази молока в імпульсному та пульсаційному гомогенізаторі.

У результаті проведених досліджень можна зробити такі висновки:

- процес гідродинамічного диспергування жирової фази молока базується на створенні різниці швидкості між жирною та навколишньою фазами, підвищити яку можна внаслідок організації руху потоку жирової емульсії з прискоренням;

- ефективними методами підвищення якості гомогенізації є накладання вібрації на емульсію та створення умов для резонансних коливань емульсії;

- визначальним фактором диспергування незбираної молочної емульсії є прискорення руху потоку емульсії;

- цей фактор можна застосовувати як універсальний для створення математичної теорії та порівняння ефективності роботи для більшості гомогенізаторів (клапанних, імпульсних, пульсаційних, струминних, відцентрових, ультразвукових і змішувальних).