

**О.В. КОЧУБЕЙ, В.О. РОМОДАНОВА**, кандидати технічних наук

*Національний університет харчових технологій*

**Ю.О. ШУРЧКОВА**, доктор технічних наук

*Інститут технічної теплофізики НАН України*

## ВПЛИВ ВАКУУМНОЇ ГОМОГЕНІЗАЦІЇ НА СТАБІЛЬНІСТЬ ЖИРОВОЇ ФАЗИ МОЛОКА

---

*Вивчено вплив вакуумної гомогенізації на стабільність жирової фази молока. Встановлено, що новий вид гомогенізації у 1,5...3 рази зменшує кількість дестабілізованого жиру в обробленому молоці, запобігає утворенню асоціатів жирових кульок. Обґрунтовано стабільність сформованих адсорбційних оболонок. На підставі отриманих даних доведено можливість уповільнення процесу відстоювання жиру в готовій продукції завдяки використанню вакуумної гомогенізації.*

*Изучено влияние вакуумной гомогенизации на стабильность жировой фазы молока. Установлено, что новый вид гомогенизации в 1,5...3 раза снижает количество дестабилизированного жира в обработанном молоке, предотвращает образование ассоциатов жировых шариков. Обоснована стабильность сформированных адсорбционных оболочек. На основании полученных данных доказана возможность замедления процесса отстаивания жира в готовой продукции с использованием вакуумной гомогенизации.*

Суттєвою вадою молочних продуктів, особливо молока питних видів, кисломолочних напоїв, згущених молочних консервів тощо, є відстоювання жиру під час збе-

рігання. Основним засобом усунення цієї вади була і залишається гомогенізація молока. Проте, залежно від методу та обраного режиму, гомогенізація може бути як стабілізувальним чинником, так і дестабілізувальним.

© О.В. Кочубей, В.О. Ромоданова, Ю.О. Шурчкова, 2003

Вихідна (природна) молочна емульсія характеризується підвищеною агрегативною стійкістю, що пояснюється наявністю нативних оболонок жирових кульок, які за останніми науковими уявленнями є модифікованими плазматичними мембранами [1–3]. Основним елементом стабілізуючої дії оболонки є створення структурно-механічного бар'єра, що запобігає зближенню гліцеридних ядер жирових кульок та їх агрегації. Його висока ефективність зумовлена механічною міцністю і ліофільністю зовнішніх поверхонь оболонок. Стійкість жирової дисперсії молока визначається саме зміною оболонок, що пов'язана з втратою стабілізуючої властивості їх.

Під час гомогенізації молока структура і властивості нативних оболонок жирових кульок змінюються — формуються так звані адсорбційні оболонки, що, з одного боку, може знижувати стабільність емульсії, а з другого — стабілізувати її. Так, у разі порушення умов чи неправильного вибору технологічних параметрів процесу диспергування (особливо температурного режиму) створюються нові жирові кульки із зруйнованими, частково покритими поверхнями. Це сприяє агрегації чи злиттю жирових кульок і краплин вільного жиру з утворенням скупчень залежно від ступеня порушення стабілізуючої властивості оболонки. На думку В.Л. Данклі і Х.А. Зоммера [4], основна роль під час відстоювання жиру належить агрегатам і скупченням жирових часток, а не індивідуальним кулькам. Гомогенізовані жирові кульки мають менші розміри порівняно з натуральними, що підвищує стабільність жирової емульсії, оскільки дрібні кульки внаслідок дії вандерваальсових сил відштовхування порівняно з великими відстоюються повільніше [5].

Таким чином, щоб охарактеризувати молочну емульсію, гомогенізовану на новому диспергуальному обладнанні — вакуумному гомогенізаторі, щодо її стабільності, треба визначити не тільки ступінь диспергування жирових часток, а й кількість дестабілізованого та агрегованого жиру. Відомо, що при клапанній гомогенізації кількість дестабілізованого жиру знижується приблизно удвічі [6], причому пропорційно збільшенню температури та тиску процесу.

Щоб вивчити характер впливу вакуумної гомогенізації на зазначений показник і порівняти результати досліджень із клапанною гомогенізацією, у зразках гомогенізованого молока визначали кількість дестабілізованого жиру за методикою В.Н. Фавстової [7]. Вакуумну гомогенізацію здійснювали при постійних значеннях тиску 8...10 кПа в діапазоні температур 74...110 °С, що включає основні режими теплової обробки, які застосовуються в молочній промисловості. Клапанну гомогенізацію проводили на апараті SHL-40, що входить до комплексу пастеризаційно-охолоджувальної установки  $\alpha$ -Laval потужністю 25 000 кг/год за загальноприйнятим температурним режимом 60...65 °С під тиском 10...12 МПа. Для порівняння використовували вихідне сире молоко.

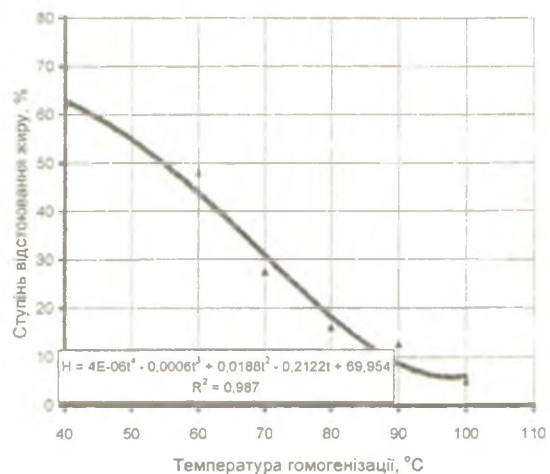
Експериментальні дослідження встановили, що вакуумна гомогенізація сприяє зменшенню кількості дестабілізованого жиру у 1,5...3 рази порівняно з вихідним молоком. Це пояснюється подрібненням певної частини краплин вільного жиру та жирових кульок з пошкодженими оболонками і формуванням нових міцних адсорбційних оболонок, що характеризуються достатньою стабільністю (таблиця). Подібні результати були отримані для зразків, оброблених на клапанних гомогенізаторах.

У разі вакуумної гомогенізації було виявлено негативний зв'язок між зміною кількості дестабілізованого жиру і температурою гомогенізації (коефіцієнт кореляції  $r = -0,788$ ), але він не настільки тісний порівняно з клапанною гомогені-

#### Коефіцієнт зменшення дестабілізованого жиру під час гомогенізації

Показник	Вакуумна гомогенізація при тиску 8...10 кПа і температурі, °С						Клапанна гомогенізація
	76±2	80±2	87±2	92±2	97±2	107±2	
Коефіцієнт зменшення дестабілізованого жиру	1,67	2,07	2,63	2,73	2,64	2,60	2,0

зацією ( $r = -0,987$  [6]). Характер зміни кількості дестабілізованого жиру із зростанням температури при вакуумній гомогенізації був дещо іншим. На відміну від пропорційного зниження для клапанної гомогенізації, у зразках, гомогенізованих за вакуумною технологією, із зростанням температури потоку рідини ефект зниження кількості дестабілізованого жиру посилювався і починаючи з 85 °С ставав практично постійним. Ці дані узгоджуються з результатами досліджень впливу температури на ефективність гомогенізації (рисунк), які виявили низький ступінь відстоювання жиру (7...14 %) в гомогенізованих зразках саме при температурах понад 85 °С.



Залежність ступеня відстоювання жиру від температури вакуумної гомогенізації:  
H — ступінь відстоювання жиру, %; t — температура гомогенізації, °С, R — коефіцієнт достовірності апроксимації

На другому етапі досліджень з метою перевірки стабільності та міцності адсорбційних оболонок жирових кульок, диспергованих на вакуумному гомогенізаторі, визначали кількість агрегованого жиру за методикою праці [8] та мікроскопіюванням.

Було встановлено, що в зразках молока, оброблених на вакуумному гомогенізаторі в інтервалі температур 74...100 °С, асоціатів жирових кульок не спостерігалось, в той час як у зразках пастеризованого негомогенізованого молока кількість їх коливалась від 0,1 до 0,3 в поділках жироміра (5...15 %).

При мікроскопіюванні негомогенізованих зразків у семи-восьми з десяти розглянутих полів було виявлено жирові скупчення неправильної форми та по одному-три агрегати жирових кульок у кожному полі (траплялись зразки і без скупчень). У гомогенізованих зразках подібні скупчення не спостерігались, але в окремих випадках налічували один-два агрегати (в сумі по всіх полях спостереження), що складались з двох-трьох жирових кульок діаметром 1...3 мкм. Брак або незначна кількість агрегатів у гомогенізованому молоці пояснюється зменшенням кількості гідрофобізованих жирових часток, що зміщує праворуч рівновагу агрегати  $\leftrightarrow$  індивідуальні жирові кульки.



Як стверджують літературні джерела, жирові кульки в агрегатах зберігають індивідуальність і відокремлюються тонкими прошарками дисперсійного середовища [9]. Відповідно до теорії ДЛФО агрегація із збереженням цілісності оболонки здійснюється внаслідок подолання енергетичного бар'єра, що зумовлений електричним потенціалом частки (близько 15 мВ [1]). А для створення скупчень — жирових конгломератів, що включають індивідуальні жирові кульки, вільний жир, білкові речовини, енергії броунівського руху недостатньо. Щоб цей процес відбувся, жирові кульки, що наближаються одна до одної, мають подолати не тільки енергетичний бар'єр електростатичного відштовхування, а й структурно-механічний. Це неможливо без руйнування оболонки [1].

Враховуючи зазначене, а також те, що в ході наших досліджень скупчення жирових кульок не спостерігались, а кількість дестабілізованого жиру була незначною, можна стверджувати, що сформовані адсорбційні оболонки характеризуються достатньою стабільністю і тим самим забезпечують агрегативну стійкість системи в цілому.

#### Висновки.

1. Доведено, що вакуумна гомогенізація сприяє зменшенню кількості дестабілізованого жиру у 1,5...3 рази порівняно з вихідним молоком. Це пояснюється подрібненням певної частини краплин вільного жиру та жирових кульок з пошкодженими оболонками і формуванням нових міцних адсорбційних оболонки, які характеризуються достатньою стабільністю.

2. Встановлено, що в зразках молока, які гомогенізовані на вакуумному апараті, асоціатив жирових кульок не спостерігалось, тоді як у зразках пастеризованого негомогенізованого молока їхня кількість коливалась від 0,1 до 0,3 у поділках жироміра (5...15 %).

3. Обґрунтовано стабільність сформованих адсорбційних оболонок і встановлено можливість уповільнення процесу відстоювання жиру в готовій продукції завдяки використанню гомогенізації нового виду — вакуумної.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Белоусов А.П. Физико-химические процессы в производстве масла сбиванием сливок. — М.: Легкая и пищ. пром-сть, 1984. — 264 с.
2. Вышемирский Ф.А. Маслоделие в России (история, состояние, перспективы). — Углич: ОАО «Рыбинский дом печати», 1998. — 589 с.
3. Владыкина Т.Ф. Гомогенизация молока и сливок // Обзор информ. Сер. Молочная пром-сть. — М.: АгроНИИТЭИММП, 1993. — 61 с.
4. Dunkley W.L., Sommer H.A. The creaming of milk // Wis. Agr. Expt. Sta. Res. Bull. — 1944. — № 151.
5. Payens T.A. Influence of particle-size on the agglutination of the milk-fat globules. A preliminary account // Neth. Milk and Dairy J. — 1963. — № 17. — P.150-153.
6. Вайткус В. Влияние механической обработки молока на количество свободного жира // Тр. Литов. филиала ВНИИМСа. — 1967. — Т.2. — С.87-92.
7. Брио Н.П., Конокотина Н.П., Титов А.И. Технохимический контроль в молочной промышленности. — М.: Пищепромиздат, 1962. — 197 с.
8. Коржемакова Л.А., Шемякина Т.Н., Фролов В.Л. Новый способ оценки качества гомогенизации смеси мороженого // Холдильная техника. — 1990. — №6. — С.37-38.
9. Вайткус В., Казлаускайте Э. Агрегация жировых шариков и редиспергирование агрегатов // Тр. Литов. филиала ВНИИМСа. — 1979. — Т.13. — С.76-84.