

**А.В. Згурський, Г.Є. Поліщук, Н.І. Вовкодав, Н.М. Бреус**

Національний університет харчових технологій, Київ

## **ДИСПЕРГУВАННЯ ЖИРОВОЇ ФАЗИ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ МОЛОЧНО-ОВОЧЕВОГО МОРОЗИВА**



*Досліджено емульгуючу здатність пектиновмісної сировини в емульсіях прямого типу. Визначено рекомендовані режими та умови емульгування кокосової олії в обраних системах. Одержано інженерно-математичну базу для прогнозування ефективності процесу емульгування. Рекомендовані емульсії на основі овочевої сировини до застосування у виробництві молочно-овочевого морозива.*

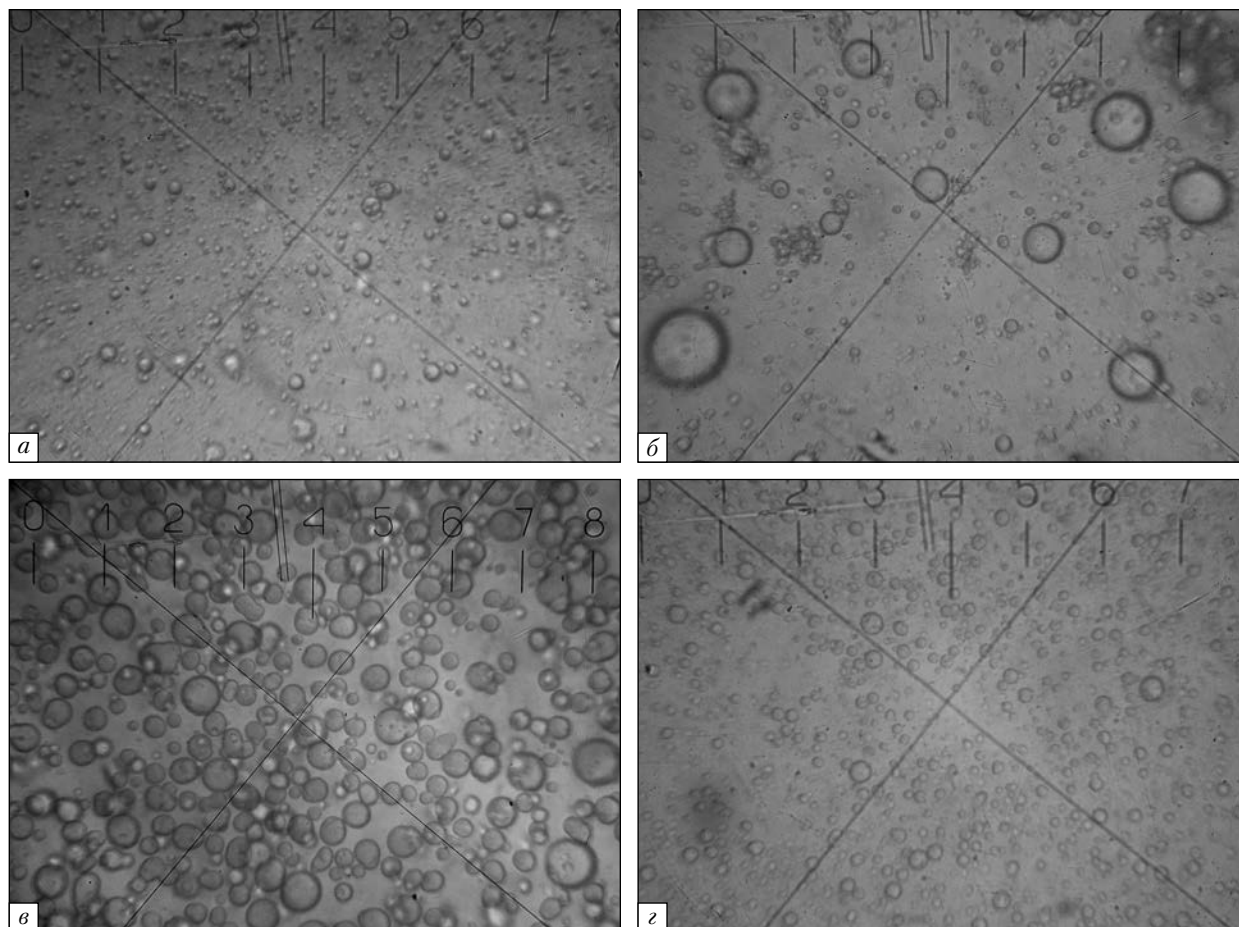
*Ключові слова: гарбуз, порошок з гарбуза, пектинові речовини, стійкість емульсії, гомогенізація.*

Структурно-механічні властивості адсорбційних оболонок жирових кульок попереджають зменшення їх товщини та розриви при зближенні. Особливе значення має механічна міцність і еластичність цих оболонок. Такі властивості, як правило, мають адсорбційні шари поверхнево-активних речовин (ПАР), особливо високомолекулярних (наприклад, білків). Максимальна стабілізуюча дія адсорбційних шарів спостерігається при їх повному насиченні молекулами ПАР, тобто при утворенні ними мономолекулярного шару. Занадто висока міцність адсорбційних оболонок може сприяти зменшенню їх стабілізаційних властивостей через зменшення еластичності і відновлюваності [1].

З урахуванням доведеної науковцями емульгуючої та стабілізуючої здатності пектинових речовин [2] авторами було досліджено середньозважений діаметр жирових кульок у водному середовищі з різним співвідношенням між сухими речовинами гарбуза та жиру (від 1 : 0,5 до 1 : 3,0). Як сировину використовували пюре

зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза. За жировий компонент було обрано негідрогенізовану кокосову олію з температурою плавлення 24 °С, що традиційно застосовується як при виробництві морозива з комбінованим складом сировини відповідно до ДСТУ 4735:2007, так і у складі дитячих молочних продуктів [3].

Оскільки в типових рецептурах морозива на молочній основі з масовою часткою жирового компонента від 0,5 до 15,0 % з овочевою сировиною передбачається поєднання сухого знежиреного молочного залишку (СЗМЗ) із сухими речовинами овочів, автори дійшли висновку про можливість сполучення сировини тваринного і рослинного походження, а також про можливий технологічний ефект, привнесений рослинною сировиною при емульгуванні жиру. Відомо, що для достатньо ефективної гомогенізації та стабілізації утвореної емульсії необхідно витратити 0,2 г казеїну на 1 г жиру [4]. На основі цього було зроблено припущення про можливість часткової заміни білкових поверхнево-активних речовин молока полісахаридами овочевої сировини. Провели серію експериментів для підтвердження можливості заощадження молочної сировини. Співвідно-



**Рис. 1.** Мікроструктура емульсій за різного співвідношення СРГ : СЗМЗ : Ж: *а* – 10,0 % СЗМЗ та 10,0 % жиру, *б* – 5,0 % СЗМЗ та 10,0 % жиру, *в* – 5,0 % СРГ та 10,0 % жиру, *з* – 5,0 % СРГ, 5,0 % СЗМЗ та 10,0 % жиру

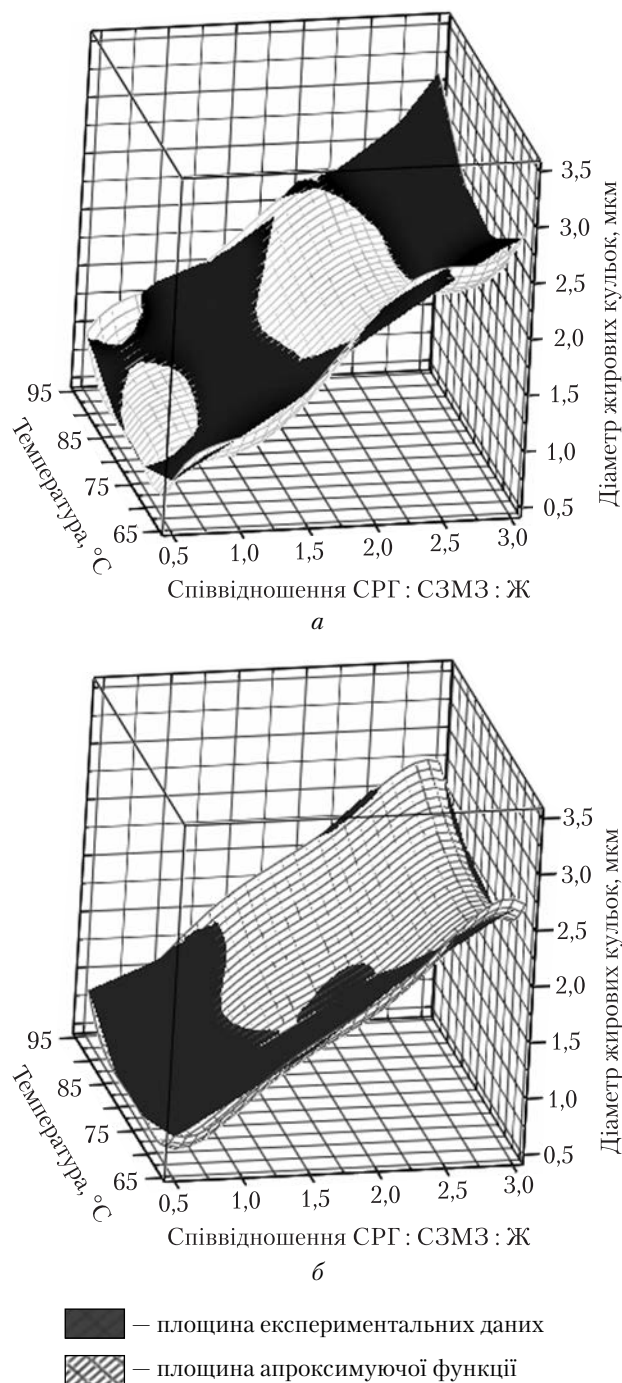
шення між сухими речовинами гарбуза (СРГ) та жиру (Ж) було обрано відповідно до попередньо проведених досліджень на фоні зменшення вмісту СЗМЗ вдвічі (5 %) порівняно з його середнім нормативним значенням для виробництва морозива на молочній основі (10 %).

Оскільки в «Типовій технологічній інструкції з виробництва морозива ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4735:2007» неоднозначно надано інформацію щодо температурних режимів гомогенізації, то необхідно було провести уточнення технологічних режимів для цієї операції.

Гомогенізації піддавали модельні системи з масовою часткою жирового компонента у меж-

ах від 2,5 до 15,0 % при сталій кількості сухих речовин гарбуза 5,0 % та сухого знежиреного залишку молока 5,0 %. Свіжий гарбуз попередньо очищували від шкірки та насіння і подрібнювали до розміру часточок не більше 3 мм. Сухе знежирене молоко відновлювали у воді протягом 30 хв при температурі 40 °С. Гідратацію порошку з гарбуза проводили при відновленні сухого молока, а свіже овочеve пюре вносили безпосередньо у відновлене молоко.

Жировий компонент додавали у молочно-гарбузову суміш при безперервному перемішуванні за допомогою мішалки пропелерного типу зі швидкістю обертів 300 хв<sup>-1</sup> і в результаті



**Рис. 2.** Графічне зображення та апроксимуюча площина процесу диспергування жирової фази в емульсіях прямого типу залежно від співвідношення СРГ:СЗМЗ:Ж та температури гомогенізації на основі пюре зі свіжого гарбуза (а) та порошку з гарбуза (б)

одержували грубодисперсну емульсію, після чого її пастеризували при 85 °С з витримкою 5 хв та доводили до температури гомогенізації (65; 75; 85 та 95 °С). Процес диспергування проводили двоступенево за допомогою гомогенізатора клапанного типу марки «APV» (Великобританія). Тиск гомогенізації встановлювали згідно з рекомендаціями у межах 9,0÷18,0 МПа на першому ступені та 2,5÷4,0 МПа на другому.

Мікроструктуру отриманих емульсій наведено на рис. 1.

Аналіз дисперсності емульсій свідчить про те, що сухі речовини гарбуза не забезпечують у повній мірі гомогенність жирової фази – середній розмір жирових кульок при співвідношенні між сухими речовинами гарбуза та жиром 1 : 2 (рис. 1, в) становив 5,78 мкм. Що стосується емульсій, стабілізованих сухим знежиреним молоком, то слід відмітити значний технологічний ефект лише при вмісті СЗМЗ та жиру по 10 % відповідно (середній діаметр жирових кульок – 1,78 мкм). При двократно-му зменшенні вмісту СЗМЗ спостерігається коалесценція та агломерація жирових кульок на фоні збільшення середніх розмірів жирових кульок до 10,07 мкм, що неприпустимо в технології виробництва морозива.

Лише при сполученні емульгуючої здатності молочних білків у складі СЗМЗ та полісахаридів овочевої сировини при вмісті СРГ – 5,0 %, СЗМЗ – 5,0 % та жиру – 10,0 % отримано необхідний технологічний ефект, що задовольняє умови формування та стабілізації структури морозива при середньому діаметрі жирових кульок 1,52 та 1,82 мкм для пюре зі свіжого гарбуза та порошку з гарбуза відповідно.

На наступному етапі роботи було проведено математичне оброблення результатів досліджень за допомогою математичного пакету MathCAD з метою отримання моделей процесу емульгування рослинної олії у водних системах з різним співвідношенням між СРГ, СЗМЗ та жиром.

Оскільки ефективність емульгування залежить як від вмісту жиру та СРГ, так і від температури гомогенізації, то розрахунок поліномі-

альної регресії здійснювали за допомогою комбінації вбудованих функцій **regres** і **interp** в середовищі MathCAD. Використання апроксимації як зміни деякої вихідної функції  $f(x)$  наближеною функцією  $\varphi(x)$  дозволило побудувати площини (рис. 2) зміни середнього діаметра жирових кульок (вісь  $z$ ) залежно від співвідношення СРГ:СЗМЗ:Ж (вісь  $x$ ) та температури гомогенізації (вісь  $y$ ). З метою найменшого відхилення значень між емпіричною  $f(x)$  та апроксимуючою  $\varphi(x)$  функцією за апроксимуючу функцію обрали парабоїдальну функцію 5-ого порядку.

Рівняння регресії, що описують процес емульгування за змінних параметрів для систем на основі свіжого пюре з гарбуза [ $f(x,y)$ ] та порошку з гарбуза [ $f'(x,y)$ ], наведено нижче.

$$f(x, y) = 1,25723 \cdot 10^{-3} xy^3 - 4,48792736 \cdot 10^{-6} xy^4 - 3,25796553 \cdot 10^{-7} y^5 + 1,4375 \cdot 10^{-4} y^4 -$$

$$2,497594 \cdot 10^{-2} y^3 + 4,52380952 \cdot 10^{-5} x^2 y^3 + 2,1403876 y^2 - 0,12839779 xy^2 - 1,087222 \times 10^{-2} x^2 y^2 - 5,18518519 \cdot 10^{-5} x^3 y^2 - 0,9061760382 \cdot 10^2 y + 5,59263149 xy + 0,92459365 x^2 y - 4,511852 \cdot 10^{-2} x^3 y + 6,73333 \cdot 10^{-3} x^4 y - 0,7190563057 \cdot 10^2 x - 0,4766362302 \cdot 10^2 x^2 + 0,1735281481 \cdot 10^2 x^3 - 5,025333333 x^4 + 0,529333333 x^5 + 1,51538085466 \cdot 10^3$$

$$f'(x, y) = 5,09871096 \cdot 10^{-4} xy^3 - 2,00662842 \times 10^{-6} xy^4 - 2,75047502 \cdot 10^{-7} y^5 + 1,19365076 \times 10^{-4} y^4 - 2,045286 \cdot 10^{-2} y^3 + 3,13095238 \cdot 10^{-5} x^2 y^3 + 1,73268146 y^2 - 4,543821 \cdot 10^{-2} xy^2 - 7,07063492 \cdot 10^{-3} x^2 y^2 - 6,85185185 \cdot 10^{-5} x^3 y^2 - 0,7265731061 \cdot 10^2 y + 1,53963382 xy + 0,60857083 x^2 y - 2,438889 \cdot 10^{-2} x^3 y + 4,96666667 \cdot 10^{-3} x^4 y - 0,2154523186 \cdot 10^2 x - 3,86245238 x^2 - 7,64263889 x^3 + 2,614333333 x^4 - 0,342 x^5 + 1,21022176 \cdot 10^3$$

Таблиця 1

Гравітаційна стійкість емульсій на основі пюре зі свіжого гарбуза в залежності від температури гомогенізації та співвідношення СРГ : СЗМЗ : Ж

Співвідношення СРГ : СЗМЗ : Ж	Тиск гомогенізації, МПа	Температура гомогенізації, °С			
		65	75	85	95
1 : 1 : 0,5	18 + 4,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 : 1 : 1,0	18 + 4,0	97,9 ± 0,8	100,0	100,0	96,3 ± 2,7
1 : 1 : 1,5	15 + 3,5	94,4 ± 2,6	100,0	97,4 ± 2,6	94,0 ± 2,5
1 : 1 : 2,0	15 + 3,5	90,5 ± 2,7	96,6 ± 2,6	94,9 ± 2,3	91,8 ± 2,9
1 : 1 : 2,5	12 + 3,0	86,9 ± 2,9	89,8 ± 2,8	92,1 ± 2,5	89,7 ± 2,7
1 : 1 : 3,0	9 + 2,5	82,8 ± 2,8	90,8 ± 2,5	89,3 ± 2,8	80,5 ± 3,0

Таблиця 2

Гравітаційна стійкість емульсій на основі порошку з гарбуза в залежності від температури гомогенізації та співвідношення СРГ : СЗМЗ : Ж

Співвідношення СРГ : СЗМЗ : Ж	Тиск гомогенізації, МПа	Температура гомогенізації, °С			
		65	75	85	95
1 : 1 : 0,5	18 + 4,0	100,0	100,0	100,0	100,0
1 : 1 : 1,0	18 + 4,0	97,2 ± 2,9	100,0	100,0	96,6 ± 2,5
1 : 1 : 1,5	15 + 3,5	96,7 ± 2,3	100,0	98,2 ± 2,8	95,6 ± 2,7
1 : 1 : 2,0	15 + 3,5	92,0 ± 2,4	98,4 ± 1,6	96,0 ± 2,4	93,7 ± 2,8
1 : 1 : 2,5	12 + 3,0	88,6 ± 2,8	93,7 ± 2,2	92,8 ± 2,9	89,9 ± 2,4
1 : 1 : 3,0	9 + 2,5	84,1 ± 2,2	91,5 ± 2,7	89,3 ± 3,1	83,8 ± 2,9

Отримані математичні моделі дозволяють прогнозувати ефективність гомогенізації у молочно-рослинних системах для забезпечення високої якості морозива молочно-гарбузового на основі рослинної сировини різного ступеню оброблення.

Гравітаційну стійкість емульсій на основі порою з свіжого гарбуза та порошку з гарбуза наведено в табл. 1 та 2.

З таблиць видно, що стійкими є емульсії на основі порою з гарбуза та порою з гарбуза при співвідношенні СРГ, СЗМЗ та жиру як 1 : 1 : 2 за температури гомогенізації 75 та 85 °С. При цьому подальше збільшення частки жиру сприяє зниженню їх стійкості до значень, нижчих 90,0 %. Вочевидь, це пояснюється тим, що при збільшенні масової частки жиру підвищується вміст вільного жиру, який сприяє агломерації та коалесценції жирових кульок при їх зіткненні. Збільшення седиментаційної стійкості та зменшення середнього діаметра жирових кульок за температур гомогенізації 75÷85 °С пояснюється пришивдшенням розтікання казеїну на межі розподілу *жир-плазма* та прискоренням формування адсорбційних прошарків, що забезпечує утворення тонких і міцних адсорбційних оболонок. За інших температурних режимів формуються товсті, рихлі оболонки з підвищеною проникністю, в результаті чого витікаючий з пошкоджених жирових кульок вільний жир проявляє цементуючу дію та зв'язує жирові кульки в стійкі агломерати, що співвідноситься з даними [1].

Результати досліджень є науковим обґрунтуванням удосконаленої технології морозива молочно-овочевого, яке можна виготовляти без застосування емульгаторів зі зниженим вмістом СЗМЗ. Запропоноване технологічне рішення дасть можливість суттєво заощаджувати молочну сировину та допоміжні матеріали, а також запобігати виникненню такої вади консистенції морозива, як борошністість та піщанистість.

## ВИСНОВКИ

1. Встановлено рекомендоване співвідношення між сухими речовинами гарбуза, СЗМЗ та

жиру (1 : 1 : 2) для одержання стійких емульсій за умови зменшення вмісту СЗМЗ на 50 % порівняно з його нормативним вмістом у морозиві на молочній основі.

2. Раціональним температурним режимом гомогенізації молочно-гарбузових сумішей при вмісті жиру 0,5÷10 % є температура 75÷85 °С за тиску 15,0÷18,0 МПа на першому ступені та 3,5÷4 МПа на другому, що забезпечує достатню дисперсність та високу стійкість емульсій.

## ЛІТЕРАТУРА

1. *Вайткус В.В.* Гомогенизация молока. — М.: Агропромиздат, 1968. — 291 с.
2. *Полумбрик М.О.* Вуглеводи в харчових продуктах і здоров'я людини. — К.: Академперіодика, 2011. — 487 с.
3. *Оленев Ю.А., Творогова А. А., Казакова Н. В., Соловьева Л.Н.* Справочник по производству мороженого. — М.: ДеЛиПринт, 2004. — 798 с.
4. *Технология* производства молочных продуктов. Справочник Изд. ЗАО «Тетра Пак АО», Россия, Москва. — 2006. — 440 с.

*А.В. Згурский, Г.Е. Полищук, Н.И. Вовкодав, Н.М. Бреус*

## ДИСПЕРГИРОВАНИЕ ЖИРОВОЙ ФАЗЫ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ МОЛОЧНО-ОВОЩНОГО МОРОЖЕНОГО

Исследовано эмульгирующую способность пектино-содержащего сырья в эмульсиях прямого типа. Определены рекомендованные режимы и условия эмульгирования кокосового масла в избранных системах. Получено инженерно-математическую базу для прогнозирования эффективности процесса эмульгирования. Рекомендованы эмульсии на основе овощного сырья к применению в производстве молочно-овощного мороженого.

*Ключевые слова:* тыква, порошок из тыквы, пектиновые вещества, стойкость эмульсии, гомогенизация.

*A. Zgurskyu, G. Polischuk, N. Vovkodav, N. Breus*

## DISPERGATING OF FATTY PHASE AT MILK VEGETABLE ICE-CREAM PRODUCTION

An emulsifying ability of pectin raw material in direct type emulsions is investigated. Recommended emulsifying modes and terms of coconut butter in the select systems are determined. An engineering and mathematical basis for predicting the efficiency of emulsification is obtained. Emulsions for application in milk vegetable ice-cream production on the basis of vegetable raw material are recommended.

*Key words:* pumpkin, pumpkin powder, pectin's substances, emulsion firmness homogenization.

Стаття надійшла до редакції 28.11.11