

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ РЕОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СУМІШЕЙ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА МОРОЗИВА НА МОЛОЧНІЙ ОСНОВІ

Проведено порівняльний аналіз окремих реологічних характеристик молочних сумішей з різним вмістом жиру, що містять стабілізаційну систему Cremodan SE 406 та борошно пшеничне. Встановлено високу здатність до відновлення ефективної в'язкості гранично зруйнованої структури сумішей для виробництва морозива. Підтверджено доцільність застосування стабілізаційної системи Cremodan SE 406 для ефективного структурування і стабілізації сумішей для морозива. Встановлено, що низькожирне морозиво характеризується найнижчим ступенем структурування і відновлення зруйнованої структури, що доводить необхідність удосконалення його хімічного складу.

Ключові слова: суміші, морозиво, ефективна в'язкість, стабілізатор.

Проведен сравнительный анализ некоторых реологических характеристик молочных смесей различной жирности, которые содержат стабилизационную систему Cremodan SE 406 и муку пшеничную. Установлена высокая способность к восстановлению эффективной вязкости предельно разрушенной структуры смесей для производства мороженого. Подтверждена целесообразность применения стабилизационной системы Cremodan SE 406 для эффективного структурирования и стабилизации смесей для мороженого. Установлено, что низкожирное мороженое характеризуется самым низким структурированием и восстановлением разрушенной структуры, что подтверждает необходимость усовершенствования его химического состава.

Ключевые слова: смеси, мороженое, эффективная вязкость, стабилизатор.

The comparative analysis of separate rheological descriptions of suckling mixtures is conducted with different content of fat, that contain the stabilizing system Cremodan SE 406 and a flour is a wheat. A high capacity is set for proceeding in effective viscosity of the maximum destroyed structure of mixtures for the production of ice-cream. Expediency of application of the stabilizing system Cremodan SE 406 for effective structuring and stabilizing of mixtures for an ice-cream. It is set that a low-fat ice-cream is characterized the most subzero degree of structuring and proceeding in destroyed structure, that leads to the necessity of improvement of him chemical composition.

Keywords: mix, ice cream, the effective viscosity stabilizer.

Вступ

Суміші й морозиво являють собою різні за структурою та агрегатним станом фаз взаємовпливові дисперсні системи, які переходять одна в одну в умовах інтенсивного охолодження та механічного впливу. Ця особливість не враховується більшістю дослідників, особливо у складі морозива молочного, яке містить до 70–72 % води [1]. Структура морозива як сильногідратованої гетерогенної дисперсної системи, насамперед, залежить від вмісту води і форм її зв'язку зі складовими компонентами. Саме ці характеристики й визначають структурно-механічний фактор стійкості повітряної фази і особливості виморожування плазми за низькотемпературних режимів оброблення. Морозиво низької жирності, порівняно з морозивом вершковим і плombsіром, менш популярне, оскільки відрізняється грубокристалічною структурою, нижчими показниками збитості, опором таненню, дисперсності і гомогенності повітряної фази [2]. Максимально зв'язати у морозиві молочному вільну воду можливо підвищенням вмісту стабілізаторів, загущувачів,

емульгаторів, сухого молока, цукру. Пшеничне борошно є традиційною, але технологічно неефективною стабілізуючою добавкою. До сучасних стабілізаторів можуть бути віднесені інтегровані стабілізаційні системи, які містять гідроколоїди та емульгатори [3].

Для розуміння технологічної ефективності тих чи інших стабілізуючих добавок необхідно зробити порівняльний аналіз не тільки їх структуруючої здатності у складі сумішей, але й швидкості руйнування структури. Тиксотропність, тобто здатність до самочинного відновлення структури за зниження дії руйнівної сили, також вкрай важлива для сумішей морозива. Ця характеристика обумовлює стабілізацію сформованої під дією інтенсивного механічного оброблення пінної структури м'якого морозива після його дозування і перед загартуванням. Саме тому вплив хімічного складу сумішей на зміну ефективної в'язкості впродовж ротаційного вимірювання потребує додаткових досліджень.

Матеріали і методи досліджень

Метою роботи є виявлення закономірностей зміни ефективної в'язкості сумішей для виробництва морозива на молочній основі в широкому діапазоні вмісту жиру залежно від швидкості зсуву.

Для порівняльного аналізу технологічної ефективності структуруючих добавок різної природи досліджено зразки, що містять 2 % борошна та 0,4–0,6 % стабілізаційної системи Cremodan SE 406 («Danisco», Данія), залежно від вмісту жиру у сумішах. Вміст стабілізуючих добавок обрано за рекомендаціями технологічних інструкцій та фірми «Danisco». Суміші готували за традиційною технологічною схемою виробництва морозива: температура змішування компонентів становила 40–45 °С; пастеризацію фільтрованої суміші проводили при 85±2 °С впродовж 3–5 хв; гомогенізацію – при 9–15 МПа, залежно від вмісту жиру; суміші охолоджували до 4±2 °С та витримували для максимальної гідратації біополімерів не менше 2-х год.

Дослідні виробки морозива проводили за допомогою фризера періодичної дії “Ельбрус-400” ФПМ 3,5/380-50 з частотою обертів шнеку-мішалки 270 хв⁻¹ при охолодженні та 540 хв⁻¹ під час фризювання. Температуру суміші перед фризюванням підтримували в межах (4±2) °С, а температура м'якого морозива на виході зі шнекової камери становила не вище мінус 4 °С, відповідно до існуючих рекомендацій [3].

Реологічні характеристики сумішей для морозива визначали за допомогою ротаційного віскозиметра Реотест 2 (Німеччина) з використанням системи співвісних циліндрів S/N в діапазоні швидкостей зсуву від 3 до 1312,2 с⁻¹ при прямому і зворотному ході. Реограми реєстрували за допомогою аналогово-цифрового перетворювача, з'єднаного з комп'ютером. Реологічні дослідження проводили при температурі 20 °С [4].

Результати та їх обговорення

На рис. 1 наведено залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву у логарифмічних шкалах для сумішей з різним вмістом жиру, що містять стабілізаційну систему Cremodan SE 406, а на рис. 2 – для подібних сумішей з борошном пшеничним. Стрілки вказують напрями прямого (вниз – в режимі збільшення швидкості зсуву) та зворотного (вверх – в режимі зменшення швидкості зсуву) вимірювань.

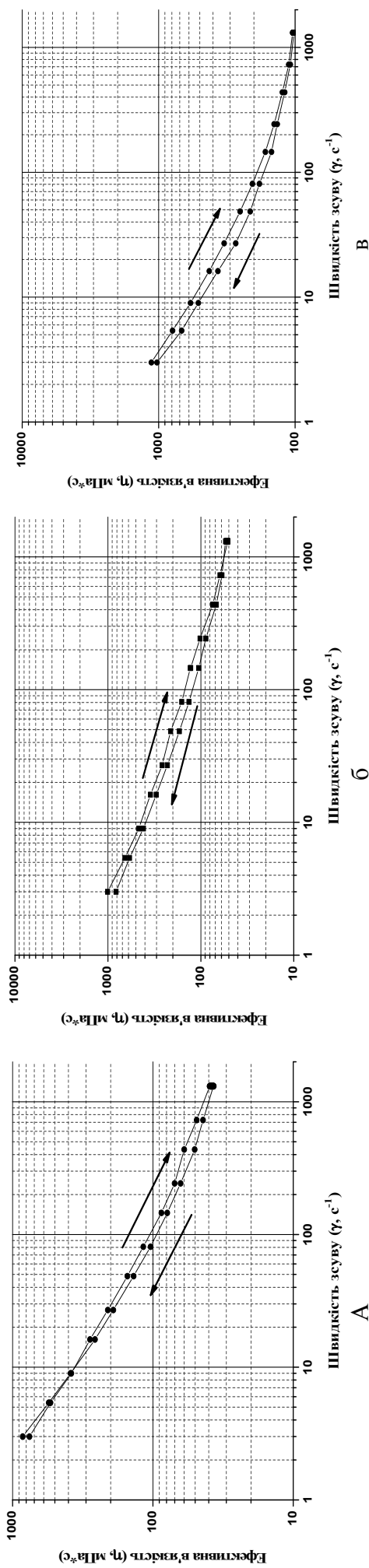


Рис. 1. Залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву в логарифмічних масштабах для молочної (а), вершкової (б) та пломбїрної (в) сумішей зі стабілізаційною системою Cremoran SE 406

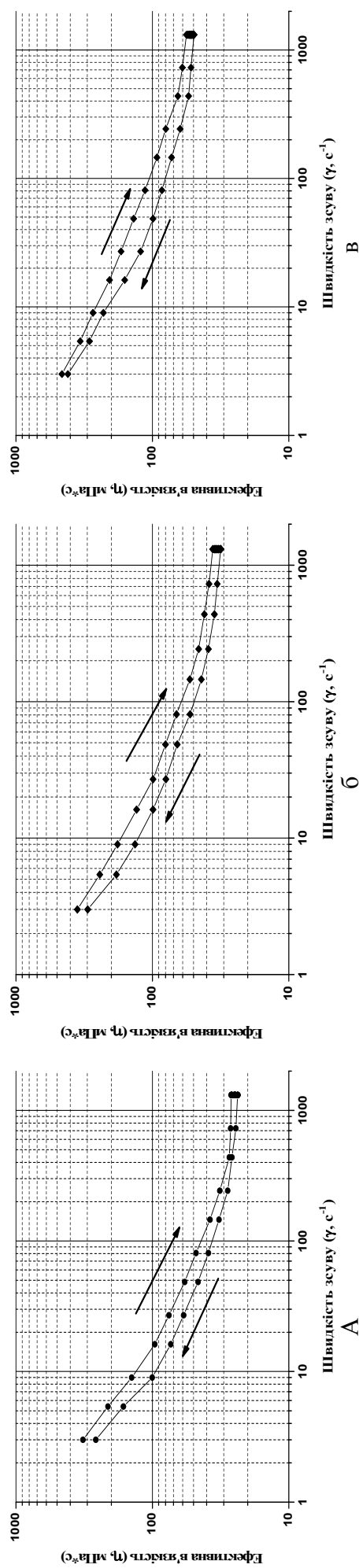


Рис. 2. Залежності ефективної в'язкості від швидкості зсуву в логарифмічних масштабах для молочної (а), вершкової (б) та пломбїрної (в) сумішей з пшеничним борошном

Реологічні характеристики сумішей морозива класичних видів (молочного з масою часткою жиру 3,5 %, вершкового – 10 %, пломбіру – 15 %) наведено у таблиці 1.

Таблиця 1

Окремі реологічні характеристики сумішей для виробництва морозива

Вид морозива	Вид стабілізатора	Хід вимірювання	Ефективна в'язкість, мПа·с		Міцність, Па		
			η_0	η_m	R_{K1}	R_{K2}	P_m
Молочне	борошно пшеничне	прямий	322,80	27,92	0,83	3,88	36,64
		зворотній	259,60		0,78	3,15	
	Cremodan SE 406	прямий	846,27	38,34	2,54	9,48	50,31
		зворотній	756,80		2,27	8,41	
Вершкове	борошно пшеничне	прямий	354,73	32,31	0,89	5,39	42,39
		зворотній	297,73		0,85	3,96	
	Cremodan SE 406	прямий	1008,27	52,08	3,03	10,86	68,34
		зворотній	816,93		2,45	15,84	
Пломбір	борошно пшеничне	прямий	460,53	52,48	1,38	9,17	68,86
		зворотній	416,53		1,25	10,55	
	Cremodan SE 406	прямий	1129,33	102,92	3,39	16,64	135,05
		зворотній	1027,60		3,31	14,77	

Умовні позначення: η_0 – в'язкість практично незруйнованої (за прямого ходу вимірювання) та відновленої структури (за зворотного ходу вимірювання) ($\gamma=3 \text{ c}^{-1}$); η_m – найменша в'язкість практично зруйнованої структури ($\gamma=1312,2\text{c}^{-1}$); R_{K1} – статична межа здатності до течії ($\gamma = 3 \text{ c}^{-1}$); R_{K2} – динамічна межа здатності до течії; P_m – напруження гранично зруйнованої структури ($\gamma = 1312,2 \text{ c}^{-1}$)

Найменша в'язкість гранично зруйнованої структури сумішей морозива молочного, вершкового та пломбіру досягається за максимальної швидкості зсуву ($\gamma=1312,2\text{c}^{-1}$) впродовж часу, наведеного на рис. 3.

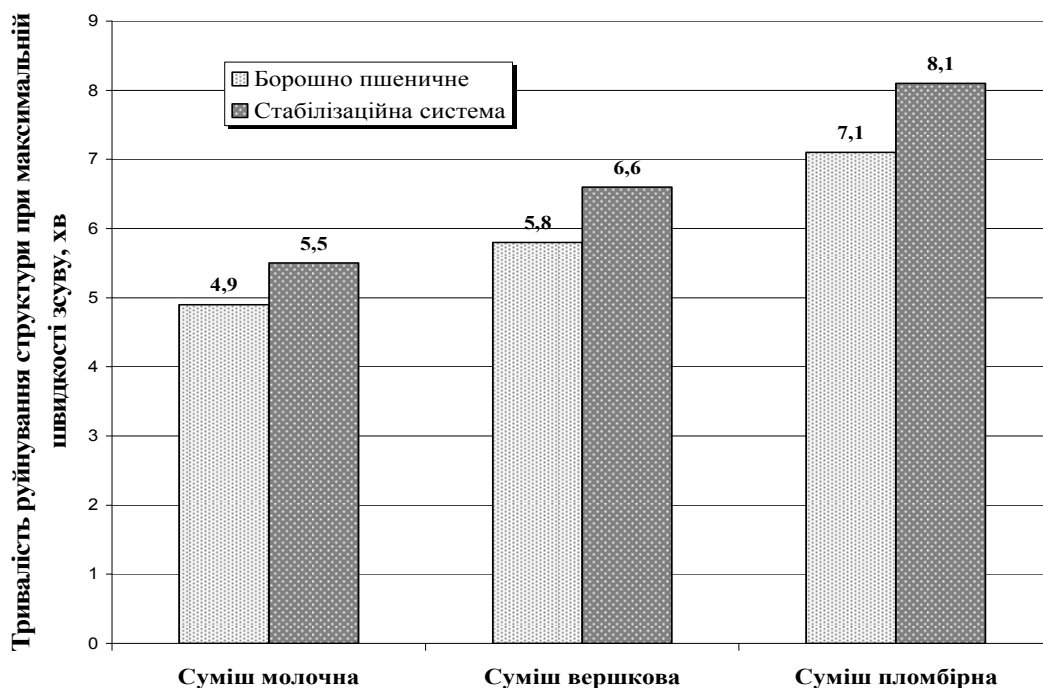


Рис. 3. Тривалість руйнування структури молочних сумішей за максимальної швидкості зсуву до постійного значення найменшої в'язкості гранично зруйнованої структури

Порівняльний аналіз ефективної в'язкості сумішей різної жирності дозволяє стверджувати, що в цілому системи, які містять стабілізаційну систему Cremodan SE 406, незначно відрізняються від таких з пшеничним борошном за здатністю до відновлення структури. Так, ступінь відновлення ефективної в'язкості молочної, вершкової та пломбірної сумішей з пшеничним борошном за зниження дії руйнівної сили досягає 80,4–90,4 % від початкової в'язкості, а відновлення сумішей зі стабілізаційною системою – 89,4–91,0 %.

Початкова в'язкість для сумішей з пшеничним борошном менша за таку для сумішей зі стабілізаційною системою у середньому у 2,5–2,8 рази, власне, як і відновлена – у 2,5–2,9 рази. В'язкість зруйнованої структури сумішей з пшеничним борошном, звичайно, менша, ніж для сумішей із Cremodan SE 406 за суттєвішого руйнування.

Для морозива молочного особливу роль відіграє природа і технологічна ефективність стабілізаційного компонента. Для порівняльного аналізу характер зміни ефективної в'язкості молочних сумішей з різними за структуруючою здатністю стабілізуючими компонентами наведено на рис. 4.

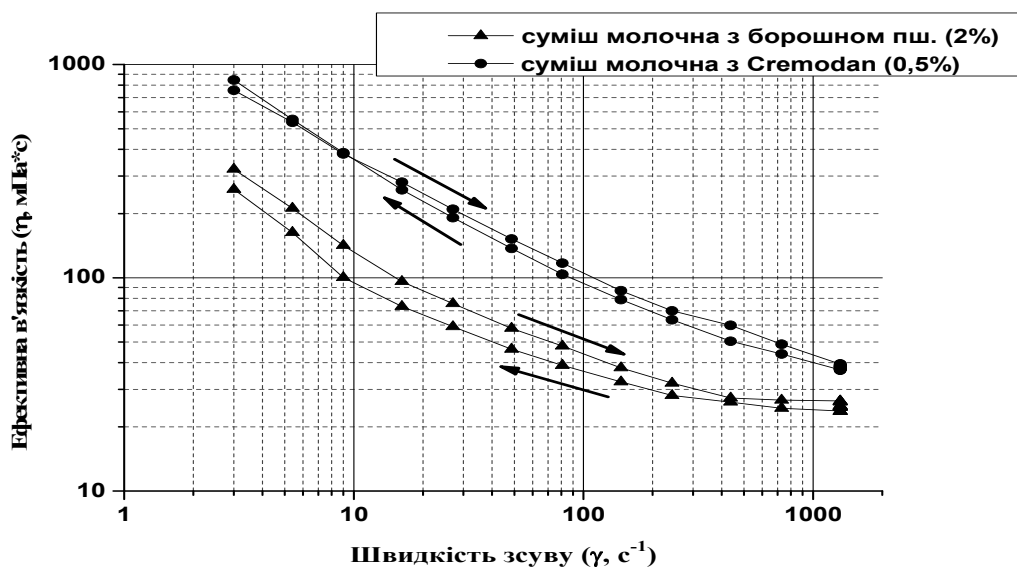


Рис. 4. Залежність ефективної в'язкості від швидкості зсуву сумішей молочних з різними стабілізаторами

Відповідно до наведених залежностей, початкова в'язкість суміші з Cremodan SE 406 більша за таку для суміші з борошном у 2,6 рази, зруйнована – у 1,6 рази, а відновлена – у 2,1, що вказує на досить низьку технологічну ефективність зернового компонента.

Вміст жиру є надзвичайно важливим чинником у формуванні структури сумішей та морозива, що підтверджує зниження відновленої ефективної в'язкості молочної суміші з обома стабілізуючими компонентами порівняно із пломбірною у середньому у півтора рази. За зменшення вмісту жиру знижується як структуруюча здатність сумішей, так і опір їх руйнівній силі. Отже, саме суміші молочні потребують додаткового підсилення міцності їхньої структури та здатності до її відновлення за допомогою додатково застосовуваних й ефективних вологоутримуючих та структуруючих агентів. Таким чином, удосконалення хімічного складу молочного морозива та вивчення впливу на його структуру і консистенцію технологічних чинників потребує вирішення саме для замороженого продукту з низьким вмістом жиру. Цю проблему буде вирішено у подальших дослідженнях.

Висновки

Здатність до відновлення ефективної в'язкості гранично зруйнованої структури сумішей для виробництва морозива коливається в межах 80–90 % і більш виражена для систем зі стабілізаційною системою за підвищення вмісту жиру.

Застосування стабілізаційної системи Cremodan SE 406, порівняно з борошном пшеничним, збільшує ефективну в'язкість сумішей для морозива на всіх етапах ротаційного вимірювання приблизно у 2,5–2,9 рази.

Підвищення вмісту жиру сумішей для виробництва морозива позитивно впливає на їх структурування, що доводить необхідність удосконалення хімічного складу саме морозива молочного жирністю від 0,5 до 7,5 %.

Література

1. Sommer H. H. The theory and practice of ice cream making / H. H. Sommer. – [2th Edn.] – Madison : University of Wisconsin, 1935. – 639 p.
2. Marshall R. T. Ice Cream / R. T. Marshall, H. D. Goff and R. W. Hartel. – [6th Edn.] – New York : Kluwer Academic, ISBN 0-306-47700-9, 2003. – 366 p.
3. Оленев Ю. А. Справочник по производству мороженого / Ю. А. Оленев, А. А. Творогова, Н. В. Казакова, Л. Н. Соловьева – М. : ДеЛи принт, 2004. – 798 с.
4. Косой В. Д. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики / В. Д. Косой, М. Ю. Меркулов, С. Б. Юдина. – СПб. : ГИОРД, 2005. – 208 с.