









## ХАРЧОВІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 637.18

Дослідження структурно-механічних характеристик  
молочних десертів з комбінованим складом сировиниРудакова Т.В.<sup>1</sup> , Мінорова А.В.<sup>1</sup> , Моїсеєва Л.О.<sup>1</sup> , Крушельницька Н.Л.<sup>1</sup> ,  
Наріжний С.А.<sup>2</sup> , Осіпенко І.С.<sup>2</sup> , Бовкун А.О.<sup>3</sup> <sup>1</sup> Інститут продовольчих ресурсів НААН, Київ<sup>2</sup> Білоцерківський національний аграрний університет<sup>3</sup> Інститут післядипломної освіти Національного університету харчових технологій, Київ Рудакова Т.В. E-mail: Rudakovatati@gmail.com

Рудакова Т.В., Мінорова А.В., Моїсеєва Л.О., Крушельницька Н.Л., Наріжний С.А., Осіпенко І.С., Бовкун А.О. Дослідження структурно-механічних характеристик молочних десертів з комбінованим складом сировини. Збірник наукових праць «Технологія виробництва і переробки продукції тваринництва», 2024. № 2. С. 100–108.

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L., Krushelnyska N., Narizhnyy S., Osipenko I., Bovkun A. Study of structural and mechanical characteristics of dairy desserts with a combined composition of raw materials. «Animal Husbandry Products Production and Processing», 2024. № 2. PP. 100–108.

Рукопис отримано: 08.10.2024 р.

Прийнято: 22.10.2024 р.

Затверджено до друку: 28.11.2024 р.

doi: 10.33245/2310-9289-2024-190-2-100-108

Молочні продукти – складні за хімічним складом та наділені комплексом різноманітних властивостей, які обумовлюють якість. Для науково обґрунтованого урахування цих властивостей необхідна інформація щодо реологічних характеристик продукту. Тому актуальним є проведення досліджень щодо застосування технологічних методів, які дають змогу цілеспрямовано впливати на структурно-механічні характеристики молочного продукту та ефективно управляти показниками якості, зокрема, консистенцією.

Метою роботи було дослідження реологічних показників молочних десертів з комбінованим складом сировини.

У статті представлено результати досліджень щодо визначення реологічних показників пудингу і крему, вироблених з використанням концентрату сироваткових білків, сухої демінералізованої сироватки, інуліну, пектину, рисового борошна, кукурудзяного крохмалю на різній молочній сировині.

Реологічні криві молочних десертів свідчать про їх структуровану природу. Структура пудингу на основі ретентату міцніша за аналогічний продукт на основі маслянки – його в'язкість за напруги зсуву 387,0 Па становить 205 Па·с, що на 11 % більше. В'язкість крему на основі ретентату дорівнює 102 Па·с, що на 50,2 % менше, ніж у пудингу. Найменш міцною виявлено структуру крему на основі маслянки, яка також потребує найбільшого зусилля для руйнування та має найменше значення еластичності.

Доведено, що молочні десерти виявляють здатність до самовідновлення та належать до пластично-в'язких коагуляційних систем за класифікацією акад. П.А. Ребіндера. Встановлено, що реологічні криві в'язкості молочних десертів характерні для структурованих систем. Показано, у що кремі та пудингу, виготовлених на основі ретентату, структура є більш міцною. Для збереження структури десертів рекомендується термомеханічне оброблення за швидкості зсуву до 50 с<sup>-1</sup>, щоб мінімізувати руйнування зв'язків.

**Ключові слова:** молочні десерти, крем, пудинг, маслянка, ретентат, комбінований склад сировини, структура, реологічні показники, міцність, якість.

**Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень.** Структурно-механічні властивості молочних продуктів є одними з основних складових оцінювання якості [1]. Їх потрібно враховувати, щоб обрати оптимальні режими перероблення сировини і отримати високоякісні готові вироби, розробити раціональні конструкції технологічного обладнання тощо. Для сировини, напівфабрикатів і готових виробів структура продукту залежить від багатьох факторів: температури, вологості, тривалості й інтенсивності механічного і теплового оброблення, засобів і термінів зберігання, виду пакування, способів транспортування і багатьох інших причин.

Реологічні характеристики залежать від форми та розмірів тіла, швидкості навантаження, стану поверхні, впливу навколишнього середовища, температури, структури та інших факторів. Різниця в структурно-механічних властивостях молочних продуктів залежно від їх складу чітко проявляється під час деформації змінення форми.

Білково-поліцукридна взаємодія відіграє ключову роль у формуванні структури, текстури та органолептичних властивостей харчових продуктів. Це особливо актуально під час створення нових продуктів як-от: молочні десерти з додаванням рослинних інгредієнтів. Білки та поліцукриди, що містяться у складі молока та рослинної сировини, можуть взаємодіяти між собою на різних рівнях, формуючи складні структури, які впливають на консистенцію, в'язкість, стабільність і смакові характеристики кінцевого продукту.

Білки зазвичай мають здатність утворювати гелеві структури або стабілізувати піну, що надає десертам певної міцності та пружності. Поліцукриди, з іншого боку, можуть виступати як згущувачі або стабілізатори, впливаючи на в'язкість і здатність продукту утримувати воду. Взаємодія білків та поліцукридів може мати синергічний ефект, посилюючи вплив на структуру та стабільність продукту. Проте можливі й антагоністичні ефекти, коли певні білки або поліцукриди можуть взаємодіяти у такий спосіб, що це призводить до розшарування або дестабілізації продукту.

Тенденція до збагачення харчових продуктів завжди мала велике значення і залишається актуальною сьогодні. Однак у разі додавання нових інгредієнтів до існуючої молочної рецептури важливо ретельно дослідити, як такі зміни впливають на харчову цінність продукту. Модифікація складу може

не лише підвищити його корисні властивості, але й вплинути на біодоступність поживних речовин, зміну органолептичних характеристик або структури продукту, тому необхідно забезпечити збалансованість цих впливів для збереження якості кінцевого продукту. Так, Zare та ін. [2] додавали сочевичне борошно в концентраціях 1–3 % (мас. / об.) до йогурту з метою оцінювання його впливу на фізичні та реологічні властивості протягом 28 днів зберігання. Вони виявили, що збільшення концентрації борошна зумовлювало зростання синерезису, а модуль зберігання був вищим у системах з 3 % борошна. Десерти на основі злаків, як-от: рис і пшениця набули популярності в Азії не лише через їх смак, але й завдяки високій поживній цінності. Джа та ін. [3] розробили метод продовження терміну зберігання молочного десерту, збагаченого далією (вареною та подрібненою пшеницею), та дослідили його фізико-хімічні властивості. Касем та ін. [4] вивчили рецептуру пудингу з підвищеним умістом розчинної клітковини, додавши бамію (2–8 %) для покращення реологічних властивостей (плинність і текстура) і поживної цінності (розчинна клітковина). Найкращі результати було отримано у разі додавання 2 % бамії, що відповідало мінімальним вимогам щодо вмісту клітковини, встановленим FDA, і забезпечувало високу сенсорну прийнятність.

Під час розроблення нових дисперсних систем для харчових продуктів реологічні та фізико-хімічні характеристики відіграють вирішальну роль. Так, Коста та ін. [5] вивчили реологічні властивості ферментованого рисового екстракту з високим вмістом складного крохмалю, адаптуючи результати до п'яти математичних моделей і дійшли висновку, що ступеневий закон є найбільш коректним для опису потоку. Декілька досліджень були присвячені аналізу взаємодії поліцукридів з молочними компонентами для покращення в'язкості та консистенції молочних десертів [6]. Починаючи з 2005 року, Vélez-Ruiz та ін. [7] охарактеризували реологічні властивості модельних систем заварного крему, зокрема вплив рівня молочного жиру та гідроколідів з огляду на їх важливість для текстури молочних десертів. Tárrega та ін. [8, 9], дослідили вплив молока на реологічні характеристики дисперсій крохмалю воскоподібної кукурудзи та тапіоки, щоб визначити їх внесок у плинність і в'язкопружність системи. Крохмаль і гідроколіди часто використовуються для покращення консистенції та інших функціональних

властивостей складних матриць, як-от: заварні креми та інші молочні продукти [7]. González-Thomas та ін. [10, 11] вивчали фізико-хімічні, реологічні та сенсорні характеристики молочних десертів, збагачених інуліном як новим функціональним компонентом. Alamprese і Mariotti [12] досліджували вплив різних заміників молока (частково знежирене молоко, соєві та рисові напої) на властивості паст, реологію та текстуру пудингів. Токер та ін. [13] оцінили взаємодію гуарової та ксантанової камеді, альгінату та карагенану, а також їх вплив на плинність молочних десертів. Хоча на початку 21-го століття було проведено багато таких досліджень, ще залишаються невивчені аспекти. Окремі досліді включають змінні, як-от: нові інгредієнти чи методи оброблення. Наприклад, Сапата-Норенья та ін. [14] досліджували вплив додавання пребіотичної камеді до рецептури десертів на основі заварного крему. Крім модифікації інгредієнтів також розглядаються додаткові харчові властивості.

Важливо зазначити, що, незважаючи на значний інтерес до поліпшення функціональних і поживних властивостей молочних продуктів, все ще залишається обмежена кількість досліджень, які аналізують вплив білково-поліцукридних комбінацій на структурно-механічні характеристики молочних продуктів.

Враховуючи вищезначене, **метою роботи** є дослідження реологічних показників молочного десерту з використанням концентрату сироваткових білків, сухої демінералізованої сироватки, інуліну, пектину, рисового борошна, кукурудзяного крохмалю на різній молочній сировині. Застосування білково-поліцукридних комбінацій дасть змогу не тільки покращити функціональні властивості пудингу і крему, як-от: текстура, в'язкість та стабільність, а й підвищити їх поживну цінність завдяки збагаченню білками, клітковиною та іншими корисними елементами.

**Матеріали та методи досліджень.** Предметом досліджень були молочні десерти (пудинг і крем) на основі вторинної молочної сировини (маслянки і ретентату) з використанням білкових компонентів (сухе знежирене молоко, сухий концентрат сироваткових білків (КСБ), отриманий у результаті ультрафільтрації з масовою часткою білка 80 %; сироватка підсирна демінералізована суха (ССД), отримана методом нанофільтрації з рівнем демінералізації 40 % (желатин), і вуглеводних компонентів (рисове борошно,

пектин високометоксильований, інулін, кукурудзяний крохмаль).

Ефективну в'язкість молочних десертів визначали на ротаційному віскозиметрі ATAGO-895 VISCO з використанням вимірювальних циліндрових пристроїв S/S<sub>2</sub> та фіксували показники в'язкості з електронного табло. Вимірювальний циліндр (роттор) S<sub>2</sub> був обраний з таким розрахунком, щоб градієнтний шар поширювався на всю товщину шару продукту, розміщеного у кільцевій щілині вимірювального пристрою віскозиметра. Для кожного досліді брали нову порцію продукту і після досягнення заданої температури термостатували її протягом 20 хвилин.

Для визначення ефективної в'язкості та напруги зсуву будували криві плинності (реограми) у діапазоні збільшення та зменшення швидкості деформації від 0,33 до 145,8 с<sup>-1</sup>.

Дослідження виконували п'ятикратно у трьох ідентичних зразках молочних десертів. Для порівняння середніх значень використовували множинне порівняння Тьюкі-Крамера, враховуючи, що спостерігалися суттєві відмінності за  $p < 0,05$ . Результати експериментальних даних обробляли методом математичної статистики за допомогою програмного забезпечення STATISTICA 12.0.

**Результати дослідження та обговорення.** Для забезпечення високої якості продуктів важливу роль відіграють реологічні дослідження, оскільки вони дозволяють точно визначити поведінку продукту в умовах прикладання напружень. Ці дослідження дають змогу встановити взаємозв'язок між напруженням та деформацією під час оброблення продукту, що дозволяє отримати ключові характеристики процесу формування структури продукту. Зокрема, вивчення структурно-механічних властивостей молочних десертів за допомогою аналізу кривих течії дає можливість детально охарактеризувати як продукт поводить себе під впливом різних навантажень і швидкостей деформації. Це є критичним для розуміння механізмів руйнування структурних зв'язків, плинності та еластичності системи.

Нами було проведено дослідження щодо визначення ефективної в'язкості молочних десертів на різній молочній основі. Показник ефективної в'язкості відображає складність процесу течії системи під дією зовнішніх сил, а також отримання повної реологічної кривої достатньою мірою зруйнованих структур. Результати досліджень представлено на рис. 1.

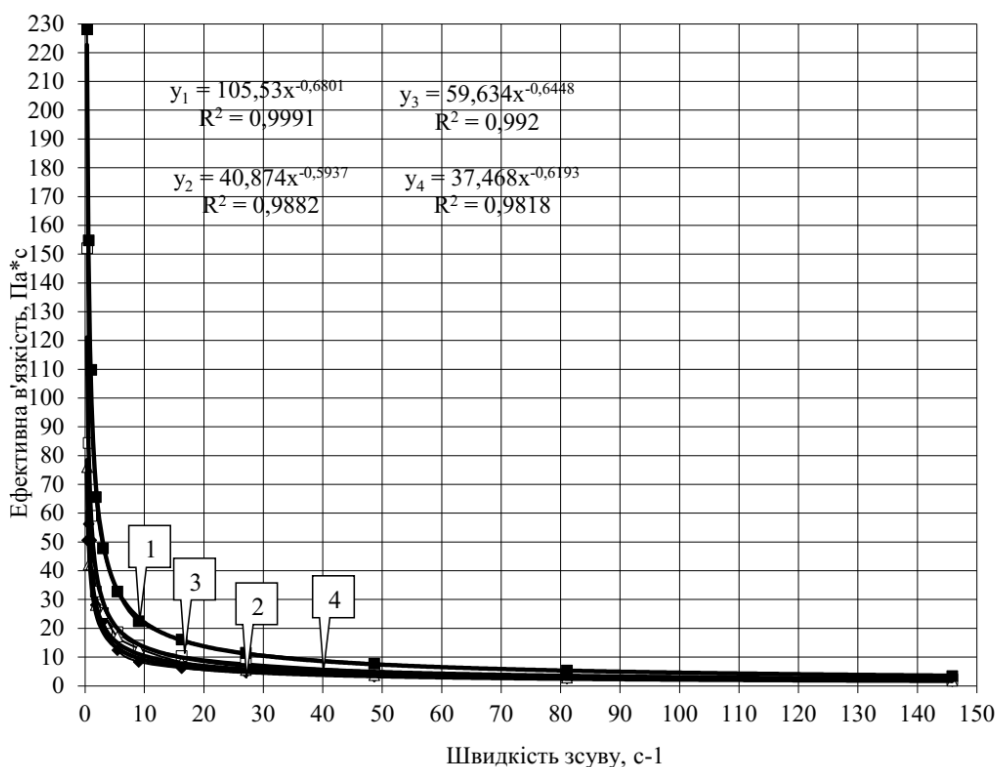


Рис. 1. Реологічні криві в'язкості молочних десертів: на основі ретентату – пудингу (1) і крему (2); на основі маслянки – пудингу (3) і крему (4).

Реологічні криві в'язкості молочних десертів притаманні для структурованих систем. Вони наділені аномалією в'язкості, пов'язаною зі зміною в'язкості від швидкості та напруги зсуву. За підвищення швидкості зсуву в'язкість структури знижується в досить вузькому інтервалі напруги, а після повного руйнування структури в'язкість залишається сталою. Це означає, що ефективна в'язкість з підвищенням напруги плавно зменшується в діапазоні від  $\eta_0$  до  $\eta_m$ , відповідає критичній нарузі  $P_m$ , вище якої  $\eta_m$  залишається сталою. В'язкість зруйнованої структури ( $\eta_m$ ) всіх зразків молочного десерту дорівнює 29 Па·с. Аналіз кривих, що характеризує  $\eta=f(P)$ , вказує на те, що в'язкість пудингу на основі ретентату найвища і дорівнює 205,0 Па·с за напруги зсуву 387,0 Па; найменша в'язкість за тієї ж напруги зсуву у кремі на основі маслянки і дорівнює 102,3 Па·с. За напруги зсуву 960,0 Па в'язкість крему на основі ретентату дорівнює 85,0 Па·с, пудингу на основі маслянки – 66,0 Па·с. За напруги зсуву 1430,0 Па в'язкість обох систем практично вирівнюється і дорівнює 29,4 Па·с.

Необхідно зазначити, що у кремі та пудингу, виготовлених на основі ретентату, структура міцніша. Так, якщо в'язкість пудингу на основі ретентату за напруги зсуву 387,0 Па відповідає 205,0 Па·с, то в'язкість пудингу на основі маслянки за тих самих умов відповідає 184,0 Па·с, тобто на 11,0 % менше. В'язкість крему на основі ретентату за тієї ж напруги зсуву дорівнює 102,0 Па·с, тобто на 50,2 % менше, крему на основі маслянки – 121,0 Па·с, тобто на 41,0 % менше в'язкості пудингу.

Для проведення оцінювання міцності міжмолекулярних зв'язків у структурі молочних десертів було побудовано реограми течії молочних десертів (рис. 2).

За відомих реологічних характеристик можна з високою точністю визначити значення напружень або деформацій, які виникають під час оброблення продукту та отримати необхідні параметри процесу. Це дозволяє оптимізувати технологічні умови, як-от: температура, швидкість змішування або час оброблення, для забезпечення стабільності та бажаної текстури кінцевого продукту.

Наприклад, за допомогою реологічних моделей можна передбачити поведінку продукту під час транспортування, фасування або зберігання, що особливо важливо для харчових продуктів з певною консистенцією, як-от: молочні десерти. Крім того, реологічні властивості продукту можуть слугувати індикатором його якості, оскільки вони є частиною об'єктивної реальності продукту. Властивості, як-от: в'язкість, плинність, пружність і здатність до деформації відображають структуру продукту на мікрорівні та його реакцію на зовнішні впливи. Отже, за допомогою реологічних вимірювань можна не лише контролювати якість продукції на різних етапах виробництва, а й здійснювати стандартизацію продуктів, що є важливим фактором у забезпеченні стабільної якості для споживачів. Реологічні параметри дають змогу оцінити такі характеристики, як текстура, густина, стійкість до розшарування або зміни форми, що безпосередньо впливають на сприйняття продукту споживачами.

Тому аналізування кривих течії (рис. 1 і 2) дозволяє визначити такі константи:  $P_{к1}/P_{к2}$  – міцність структурованих зв'язків (чим вище це відношення, тим міцніші зв'язки в структурі),  $P_m/P_{к1}$  – характеризує діапазон напружень, за яких відбувається руйнування системи,  $P_{к2}$  – умовно динамічний поріг плинності. Якщо  $P_{к1} > 0$ , то система має властивості структуро-

ваного твердого тіла,  $P_m$  – характеризує міцність утвореного структурованого каркасу. Результати проведених розрахунків наведено у таблиці 1.

З таблиці 1, видно, що міцність структурних зв'язків зразків молочних десертів різна: найміцніша структура у пудингу на основі ретентату, найслабша – у кремі на основі маслянки. Водночас найбільше зусиль необхідно докласти для руйнування структури крему на основі маслянки і в ньому ж – найменша еластичність, гранична напруга зсуву та міцність каркасу.

З отриманих даних можна дійти до висновку, що молочні десерти здатні мимоволі відновлюватися після руйнації. Водночас після руйнування міцність продукту наростає поступово, очевидно внаслідок броунівського руху вискодисперсних частинок, потрапляючи на коагуляційні контакти. Крім того, течія системи починається тільки після досягнення критичного значення напруги зсуву (межі плинності), після досягнення якого починається пластичний перебіг. Тому, згідно з класифікацією акад. П. А. Ребіндера [15], молочні десерти можна віднести до пластично-в'язких структурованих систем коагуляційного типу. Такі системи утворені взаємодією між частинками та молекулами через прошарки дисперсійного середовища за рахунок Ван-Дер-Ваальсових сил зчеплення [16].

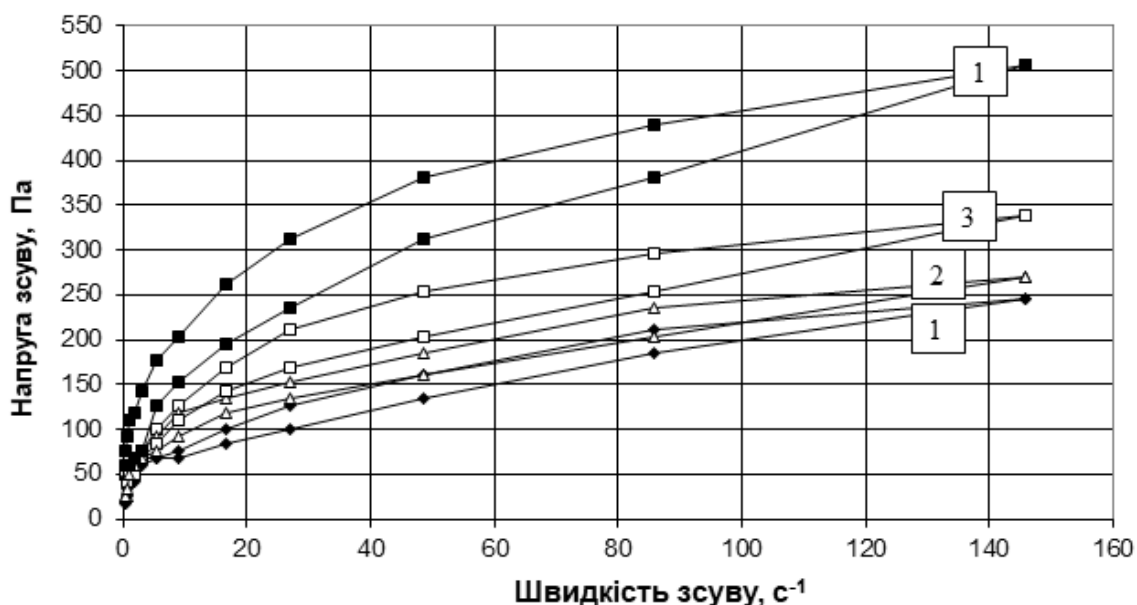


Рис. 2. Криві течії молочних десертів: на основі ретентату – пудингу (1) і крему (2); на основі маслянки – пудингу (3) і крему (4).

Таблиця 1 – Реологічні характеристики молочних десертів на різній молочній основі (n=3, P=0,95)

Найменування показників	Пудинг на основі		Крем на основі	
	ретентату	маслянки	ретентату	маслянки
Найбільша в'язкість ( $\eta_0$ ), Па·с	2,07	1,80	1,22	1,01
Найменша в'язкість ( $\eta_m$ ), Па·с	0,25	0,25	0,21	0,20
Міцність утвореної структури ( $\eta_0 - \eta_m$ ), Па·с	1,82	1,55	1,01	0,81
Напруження, за яких відбувається утворення системи ( $P_{к1}$ ), Па	55,28	55,28	27,64	13,81
Умовно динамічний поріг плинності ( $P_{к2}$ ), Па	1100,0	960,0	780,0	620,0
Міцність каркасу ( $P_m$ ), Па	1480,0	1410,0	1190,0	1080,0
Міцність зв'язків ( $P_m/P_{к2}$ )	1,35	1,47	1,53	1,74
Діапазон напружень, за яких відбувається руйнування системи ( $P_m/P_{к1}$ )	26,8	25,5	43,1	78,2
Еластичність, kN/m <sup>2</sup>	4,97	3,83	3,29	1,09
Гранична напруга зсуву, kN/m <sup>2</sup>	2,85	2,14	1,53	1,21

З огляду на результати проведених досліджень, необхідно визначити рівень руйнування структури молочних десертів залежно від швидкості зсуву, оскільки цей параметр є ключовим для розуміння поведінки продукту під час різних етапів виробництва, зберігання та споживання. Швидкість зсуву безпосередньо впливає на реологічні властивості десертів, зокрема, на їх в'язкість, плинність та міцність структурних зв'язків. Підвищення швидкості зсуву може спричинити значне руйнування структурного каркасу продукту, що призведе до втрати бажаної консистенції, появи синерезису або розшарування, особливо в напівтвердих системах. Навпаки, оптимальний рівень швидкості зсуву допомагає не втратити стабільність десерту, зберігаючи його текстурні та органолептичні властивості. Врахування цієї залежності дає змогу не лише контролювати процес виробництва молочних десертів, але й розробляти нові рецептури з урахуванням їх реологічних характеристик. Дослідження також мають на меті виявити критичні точки, за яких структура десерту починає піддаватися незворотним змінам, що дасть змогу виробникам оптимізувати технологічні процеси для мінімізації руйнування та забезпечення високої якості кінцевого продукту.

Рівень руйнації визначено за величиною  $\alpha$ , що показує ту частину структурної сітки, яка зруйнувалася під дією швидкості зсуву на відміну від первинної (рис. 3).

Для зручності дослідження процесу руйнування структури молочних десертів було умовно поділено процес руйнування на три зони: I – за швидкості зсуву 0...50 с<sup>-1</sup>; II – за швидкості зсуву 50...250 с<sup>-1</sup>; III – за швидкості 250...450 с<sup>-1</sup> (табл. 2).

Аналіз отриманих даних (табл. 2) продемонстрував, що у першій зоні за швидкості зсуву від 0 до 50 с<sup>-1</sup> відбувається найбільше руйнування структури зразків молочного десерту, найбільш зруйнована структура крему на основі маслянки становить 55,0 %, що на 16,0 % більше, ніж у пудингу на основі ретентату. Рівень руйнування пудингу на основі маслянки на 11,5 % більший, ніж на основі ретентату; крему на основі маслянки на 4,0 % менший, ніж на основі ретентату.

У другій зоні за швидкості зсуву від 50 до 250 с<sup>-1</sup> руйнація структури зразків молочного десерту відбувається значно плавніше і руйнується у пудингу: на основі ретентату на 30,0 %, на основі маслянки на 22,0 %, у крем: на основі ретентату на 12,0 %, на основі маслянки на 16,0 %. Тобто, в другій зоні найбільшому руйнуванню структури піддається пудинг на основі ретентату.

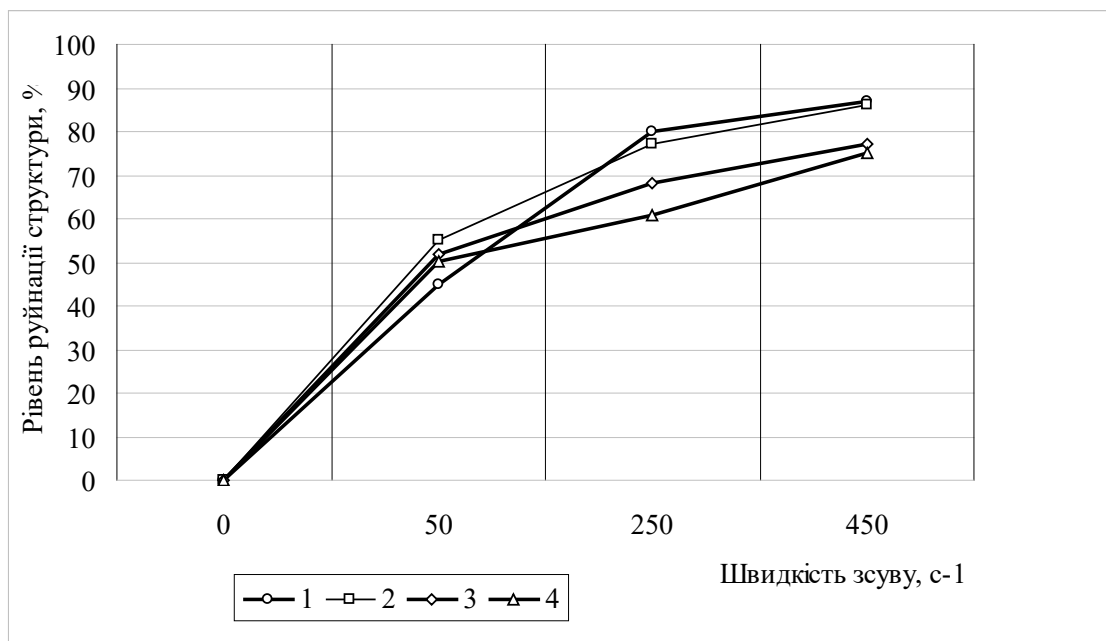


Рис. 3. Процес руйнування структури молочних десертів: на основі ретентату – пудингу (1) і крему (2); на основі маслянки – пудингу (3) і крему (4).

Таблиця 2 – Рівень зруйнованої структури молочних десертів щодо швидкості зсуву

Зони руйнації структури	Рівень зруйнованої структури, %			
	пудингу на основі		крему на основі	
	ретентату	маслянки	ретентату	маслянки
I ( 0...50 с <sup>-1</sup> )	0-45,0	0-55,0	0-52,0	0-50,0
II ( 50...250 с <sup>-1</sup> )	46,0-80,0	56,0-77,0	53,0-68,0	51,0-61,0
III ( 250...450 с <sup>-1</sup> )	81,0-87,0	78,0-86,0	69,0-77,0	62,0-75,0

Аналізуючи третю зону за швидкості зсуву від 250 до 450 с<sup>-1</sup>, бачимо, що руйнація структури зразків молочного десерту сповільнюється і руйнується в межах 3–8 %.

Отже, зразки пудингу на основі ретентату в першій зоні руйнуються найменше, а за підвищення швидкості зсуву збільшується рівень руйнації структури. Зразки крему на основі ретентату найлегше руйнуються у першій зоні, а за підвищення зростання швидкості зсуву руйнація структури сповільнюється. У зразках пудингу на основі маслянки стійкість до руйнації структури менша за швидкості зсуву від 0 до 50 с<sup>-1</sup>, за збільшення швидкості зсуву підвищується стійкість до руйнації структури. На відміну від пудингу крем на основі маслянки більш стійкий до руйнування структури.

Тому для кращого збереження структури молочних десертів під час вироблення необхідно піддавати термомеханічному обробляю за швидкості зсуву не більше ніж, 50 с<sup>-1</sup>.

**Висновки.** Доведено, що молочні десерти здатні мимоволі відновлюватися після руйнації, що є підставою віднести їх до пластично-в'язких структурованих систем коагуляційного типу, згідно з класифікацією акад. П. А. Ребіндера. Крім того, встановлено, що реологічні криві в'язкості молочних десертів характерні для структурованих систем.

Показано, у що крем та пудингу, виготовлених на основі ретентату, структура міцніша. Так, якщо в'язкість пудингу на основі ретентату за напруги зсуву 387,0 Па дорівнює 205,0 Па·с, то в'язкість пудингу на основі маслянки за тих же умов дорівнює

184,0 Па·с, тобто, на 11 % менше. В'язкість крему на основі ретентату за тієї ж напруги зсуву дорівнює 102,0 Па·с, тобто, на 50,2 % менше, крему на основі маслянки – 121,0 Па·с, тобто, на 41,0 % менше в'язкості пудингу.

Виявлено, що найменш міцна структура у пудингу на основі ретентату, найслабша у кремлі на основі маслянки. Водночас найбільше зусилля необхідно прикласти для руйнування структури крему на основі маслянки, і в ньому ж найменша еластичність, гранична напруга зсуву та міцність каркасу.

Встановлено, що для кращого збереження структури молочних десертів під час виробництва рекомендується застосовувати термомеханічне оброблення за швидкості зсуву, що не перевищує  $50 \text{ с}^{-1}$ . Це дасть змогу мінімізувати руйнування структурних зв'язків у продукті, зберігаючи його текстуру та консистенцію на оптимальному рівні.

#### REFERENCES

1. Shapoval, S.L., Romanenko, R.P., Forostyana, N.P. (2017). Diagnostics of physical properties of food products: monograph. Kyiv. national trade and economy Univ. Kyiv, 192 p. (In Ukrainian).
2. Zare, F., Boye, J.I., Orsat, V., Champagne, C., Simpson, B.K. (2011). Microbial, physical and sensory properties of yogurt supplemented with lentil flour. *Food Res. Int.* 44, pp. 2482–2488.
3. Jha, A., Murlu, P., Ashok, A., Gopal, T.K.S.R., Chandragiri, N.R. (2012). Development of a process for shelf stable dairy dessert dalia and its physico-chemical properties. *LWT Food Sci. Technol.*, 49, pp. 80–88.
4. Qasem, A.A.A., Alamri, M.S., Mohamed, A.A., Hussain, S., Mahnood, K., Braheem, M.A. (2016). High soluble-fiber pudding: Formulation, processing, texture and sensory properties. *J. Food Process. Preserv.*
5. Costa, K.K.F.D., García, M.C., Ribeiro, K.O., Soares, M.S., Caliari, M. (2016). Rheological properties of fermented rice extract with probiotic bacteria and different concentration of waxy maize starch. *LWT Food Sci. Technol.*, 72, pp. 71–77.
6. Richter, R.F., de Pereira-Netto, A.B., Meira, S.J.L., Isidoro, H.C.W., Bilesky, C.L.M. (2011). Apparent viscosity of a skim milk based dessert: Optimization through response surface methodology. *Food Nutr. Sci.*, 2, pp. 90–95.
7. Aguilar-Raymundo, V.G., Vélez-Ruiz, J.F. (2018). Physicochemical and Rheological Properties of a Dairy Dessert, Enriched with Chickpea Flour. *Foods*. 7 (2), 25 p. DOI:10.3390/foods7020025. PMID: 29463036; PMCID: PMC5848129.
8. Medeiros, S.R.A., Alves de Oliveira, V., Cruz de Oliveira, A.M., Araujo, M.L.H., de Andrade Feitosa, J.P., Monteiro de Paula, R.C., Domingos de Sousa, F., de Oliveira Monteiro Moreira, A.C., José Beserra, F., de Azevedo Moreira, R. (2020). Caesalpinia pulcherrima seed galactomannan on rheological properties of dairy desserts. *Food technology Ciência Rural, Santa Maria*. DOI:10.1590/0103-8478cr20190176.
9. Alfano, E.H., Crosta, T., Martinez, M.J., Perez, O.E., Farias, M.E. (2017). Submicron O/W emulsions embedded into modified waxy maize starch based matrix: Rheological and microstructural characterization. *Food Hydrocolloids*. 67, pp. 120–129.
10. González-Tomás, L., Bayarri, S., Costell, E. (2009). Inulin-enriched dairy desserts: Physicochemical and sensory aspects. *J. Dairy Sci.*, 92, pp. 4188–4199.
11. González-Tomás, L., Bayarri, S., Costell, E. (2009). Flow behavior of inulin-enriched dairy desserts: Influence of inulin average chain length. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 44, pp. 1214–1222.
12. Alamprese, C., Mariotti, M. (2011). Effects of different milk substitutes on pasting, rheological and textural properties of puddings. *LWT Food Sci. Technol.*, 44, pp. 2019–2025.
13. Toker, O.S., Dogan, M., Caniyilmaz, E., Ersöz, N.B., Kaya, Y. (2013). The effects of different gums and their interactions on the rheological properties of a dairy dessert: A mixture design approach. *Food Bioprocess Technol.* 6, pp. 896–908.
14. Zapata-Noreña, C.P., Bayarri, S.E., Costell, E. (2015). Effects of xanthan gum additions on the viscoelasticity, structure and storage stability characteristics of prebiotic custard desserts. *Food Biophys.*, 10, pp. 116–128.
15. Mezger, T. (2020). The rheology handbook for users of rotational and oscillatory rheometers. Vincentz Network, 528 p.
16. Prakash, S. (2017). Rheology to tribology: applications of tribology in studying food oral processing and texture perception. *Advances in Food Rheology and Its Applications (Second Edition)*. Development in Food Rheology. pp. 81–104.

#### Study of structural and mechanical characteristics of dairy desserts with a combined composition of raw materials

Rudakova T., Minorova A., Moiseeva L., Krushelnytska N., Narizhnyy S., Osipenko I., Bovkun A.

Dairy products are complex in chemical composition and have a range of various properties that determine their quality. For a scientifically based consideration of these properties, information on the rheological characteristics of the product is necessary. Therefore, it is important to conduct research on the use of technological methods that allow for a targeted impact on the structural and mechanical characteristics of a dairy product and the effective management of quality indicators, particularly consistency.

The aim of the study was to investigate the rheological characteristics of dairy desserts with a combined composition of raw materials.

The article presents the results of research on determining the rheological parameters of pudding



and cream made using whey protein concentrate, dry demineralized whey, inulin, pectin, rice flour, corn starch on various dairy raw materials.

The rheological curves of dairy desserts indicate their structured nature. The structure of the retentate-based pudding is stronger than that of the butter-based product - its viscosity at a shear stress of 387.0 Pa is 205 Pa·s, which is 11% higher. The viscosity of the retentate-based cream is 102 Pa·s, which is 50.2 % less than that of the pudding. The structure of the buttermilk-based cream, which also requires the greatest effort to break and has the least elasticity, was found to be the least durable.

It has been proven that dairy desserts show the ability to self-heal and belong to plastic-viscous coagulation systems according to the classification of Acad. PAS. Rebinder. It was established that the rheological viscosity curves of dairy desserts are characteristic of structured systems. It is shown that the structure of cream and pudding made on the basis of retentate is stronger. To preserve the structure of desserts, thermo-mechanical treatment at a shear rate of up to 50 s<sup>-1</sup> is recommended to minimize the destruction of bonds.

**Key words:** dairy desserts, cream, pudding, buttermilk, retentate, combined composition of raw materials, structure, rheological parameters, strength, quality.



Copyright: Рудакова Т.В. та ін. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Рудакова Т.В.

<https://orcid.org/0000-0002-7017-735X>

Мінорова А.В.

<https://orcid.org/0000-0002-7557-1444>

Моїсєєва Л.О.

<https://orcid.org/0000-0001-8845-1487>

Крушельницька Н.Л.

<https://orcid.org/0000-0002-3549-320X>

Наріжний С.А.

<https://orcid.org/0000-0001-5478-3221>

Осіпенко І.С.

<https://orcid.org/0000-0002-0598-0090>

Бовкун А.О.

<https://orcid.org/0000-0002-3174-0963>