

УДК 539.61: 637.146.21

## **ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЕФІРУ РІЗНИХ ТОРГОВИХ МАРОК**

Попова А.В., студентка, Подобій О.В., к.т.н., доцент, Мірошников О.М., к.х.н., професор, Стеценко Н.О., к.х.н., доцент

Національний університет харчових технологій, Київ

Кисломолочні продукти в дієтичному відношенні цінніші за молоко. Дієтичні та лікувальні властивості цих продуктів пояснюються сприятливою дією на організм людини, мікроорганізмів і речовин, що утворюються внаслідок біохімічних процесів, які протікають при сквашуванні молока.

Регулярне вживання в їжу кисломолочних продуктів зміцнює нервову систему, тому що в них накопичуються необхідні для людини вітаміни, які синтезуються молочнокислими бактеріями. Лікувальні властивості кисломолочних продуктів ґрунтуються на бактерицидності молочнокислих бактерій і дріжджів щодо збудників деяких шлунково-кишкових захворювань, туберкульозу та інших хвороб [1].

В останні роки загальноновизнаним є твердження, що здоров'я населення і виникнення багатьох "хвороб цивілізації" значною мірою визначається станом нормальної мікрофлори організму людини [1]. Для підтримки нормальної мікрофлори та профілактики низки захворювань, в першу чергу використовують кисломолочні продукти, в тому числі кефір.

Регулярне вживання кефіру дійсно корисне для організму людини. Серед великої кількості кисломолочних продуктів за сприятливим впливом на шлунково-кишковий тракт людини, кефір помітно перевершує всі інші продукти. Завдяки унікальному сполученню мікроорганізмів, що містяться в кефірних грибках, кефір має здатність відновлювати мікробіоценоз у кишечнику і перешкоджати заселенню його патогенною флорою [2].

Кефір – це кисломолочний напій, продукт змішаного молочнокислого та спиртового бродіння, який виробляють шляхом сквашуванням молока кефірними грибками, симбіотичною кефірною закваскою або заквашувальним препаратом [3]. Мікроорганізми, що містяться в кефірі, продукують молочну кислоту, яка є основою його виробництва. Основними видами кисломолочних бактерій, які використовують в сучасних технологіях є: *Lactobacillus*

---

© А.В. Попова, О.В. Подобій, О.М. Мірошников, Н.О. Стеценко 2011

acidophilus, Lactobacillus lactis, Lactobacterium delbruckii, Bifidobacterium, Streptococcus lactis тощо. Ці бактерії також можуть використовуватись у суміші.

При виробництві кефіру молоко також може бути сквашено кефірними грибками. Кефірні грибки складний природній симбіоз, до якого входять: мезофільні молочнокислі стрептококи, ароматотвірні стрептококи, молочнокислі палички, дріжджі, оцтові бактерії.

На сьогоднішній день в Україні впроваджуються новітні технології, спрямовані на удосконалення і оновлення рецептури кисломолочних продуктів, підвищення їх дієтичних і лікувальних властивостей, розроблення продуктів з новими функціональними властивостями.

Кефір виготовляють резервуарним і термостатним способами [3,4]:

1. Резервуарний, в основі якого лежить сквашування нормалізованої суміші з додаванням сухого молока в резервуарах. Для кефіру, виготовленого резервуарним способом, притаманна рідка консистенція. Це зумовлено тим, що за такого способу виробництва наростання кислотності та утворення згустку відбувається при періодичному перемішуванні, і тільки після досягнення необхідного рівня кислотності продукцію розливають в споживчу тару і відправляють в холодильні камери для дозрівання.

2. Термостатний, в основі якого – сквашування нормалізованої, гомогенізованої, пастеризованої суміші молока в тарі в термостатній камері. Продукти, що виробляються термостатним способом, мають непорушений згусток.

В Україні представлено велику кількість кефіру різних торгових марок. Користь цього кисломолочного продукту викликає його значний попит. Останнім часом якість кефіру все менше задовольняє його споживачів, тому дуже важливою є правильна та об'єктивна її оцінка.

Якість кисломолочних продуктів визначається якістю вихідної сировини, органолептичними властивостями, їх структурою і консистенцією. В останні роки розробляються способи об'єктивної оцінки консистенції та інших показників якості молочних продуктів за допомогою фізико-хімічних методів [5]. Для оцінки якості кефіру використовують в основному органолептичну оцінку консистенції та його хімічний склад [6, 7]. Органолептична оцінка (яка оснований на визначенні якості продукції за допомогою органів відчуття людини: зору, дотику, смаку) не завжди являється об'єктивною, оскільки вона залежить від фізіологічних і психологічних факторів.

Консистенція молочних продуктів визначається, в першу чергу, типом структури та механічними властивостями. Тому саме структурно-механічні характеристики молочних продуктів являються найбільш чутливими та перспективними для її оцінки. Об'єктивну оцінку консистенції можуть дати лише реологічні характеристики [5, 8]. Така оцінка має основну перевагу над органолептичними методами: вона чутлива до змін не лише у хімічному складі молочних продуктів, але і у технологічному режимі їх виробництва .

**Метою** нашої роботи було дослідження структурно-механічних характеристик кефіру різних торгових марок та встановлення їх залежності від складу та технології одержання продукту.

Основні **завдання** нашої роботи :

- побудова кривих течії та кривих в'язкості кефіру різних торгових марок;
- порівняння реологічних параметрів кефіру з різним вмістом жиру в межах однієї марки;
- порівняння реологічних параметрів кефіру різних торгових марок з однаковим вмістом жиру.

В роботі було досліджено кефіри таких торгових марок: «Слов'яночка», «Галичина», «Простоквашино» та «Яготинський». Вибір кефіру зумовлено групою мікроорганізмів, які використовують для сквашування кефіру та способом проведення сквашування. Інформацію про досліджувані кефіри наведено в табл. 1.

*Таблиця 1*

### Способи отримання кефіру

Марка кефіру	Тип мікроорганізмів	Спосіб отримання
«Слов'яночка»	Кефірний грибок	Термостатний
«Галичина»	Культура молочнокислих бактерій	Резервуарний
«Простоквашино»	Кефірний грибок	Резервуарний
«Яготинський»	Кефірний грибок	резервуарний

Реологічні характеристики кефіру визначали на віскозиметрі типу “Reotest-2” при різних градієнтах деформації [9]. Методика проведення дослідження полягала в наступному: готували 100 см<sup>3</sup> заданого кефіру певної концентрації. Перемішували систему і витримували 20-30 хв при кімнатній

температурі. За умови сталого напруження зсуву внутрішньому циліндру надавали певну сталу швидкість деформації (їх дванадцять), при цьому зовнішній циліндр залишався нерухомим.

Реєстрували швидкість обертання рухомого циліндра за допомогою потенціометра. Швидкість обертання циліндра пропорційна швидкості деформації досліджуваної системи.

Далі розраховували напруження зсуву  $P$ , яке виникає в системі, за рівнянням:

$$P = z \cdot \alpha , \quad (1)$$

де  $Z$  – стала внутрішнього циліндра (наведена в паспорті приладу, для циліндра  $S_2$   $Z=7,59$  Па);  $\alpha$  – значення шкали на індикаторному приладі (потенціометрі).

За значеннями напруги зсуву  $P$  і градієнта деформації  $\dot{\epsilon}$  (його значення для кожної з 12 значень швидкостей обертання брали із паспортних даних) розраховували динамічну в'язкість  $\eta$  за рівнянням Ньютона:

$$\eta = \frac{P}{\dot{\epsilon}} \quad (2)$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість, Па·с;  $P$  – напруга зсуву, Па;  $\dot{\epsilon}$  – швидкість зсуву, с<sup>-1</sup>.

За отриманими експериментальними даними для кожного досліджуваного кефіру було побудовано реологічні криві в'язкості (рис. 1,2,3) – криві, що описують залежність зміни в'язкості системи від наданого навантаження.

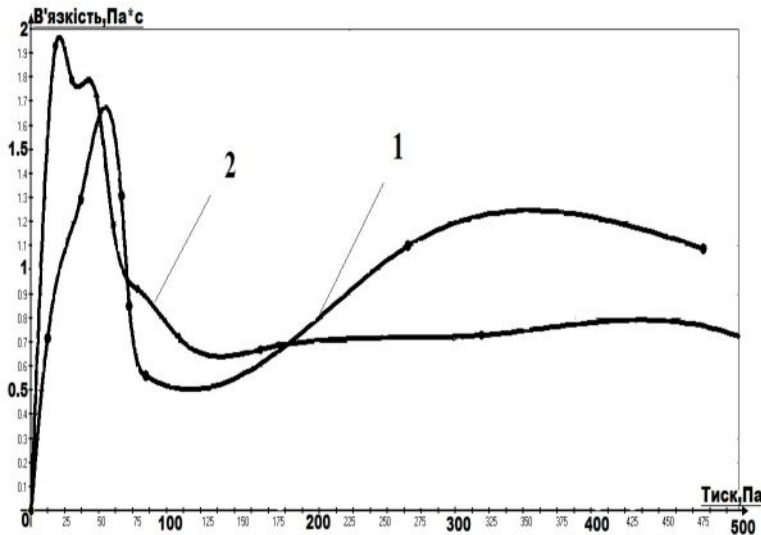


Рис. 1. Реологічні криві в'язкості кефіру торгової марки «Слов'яночка»: 1—«Слов'яночка» 1%; 2 – «Слов'яночка» 2,5%.

Отримані результати ми використали для визначення наступних структурно-механічних параметрів:  $\eta_0$  – найбільша в'язкість системи, що відповідає практично незруйнованій структурі,  $P_m$  – напруга практично зруйнованої надмолекулярної структури,  $\eta_m$  – найменшого значення в'язкості, що відповідає практично зруйнованій структурі, різниця  $\eta_0 - \eta_m$ ,

яка є величиною аномалії в'язкості, що характеризує міцність структури.

Аналіз реологічних кривих в'язкості, наведених на (рис.1, 2, 3) показав, що всі кефіри при малих градієнтах деформації поведуть себе, як аномальні рідини, а при збільшенні навантаження – як ньютонівські.

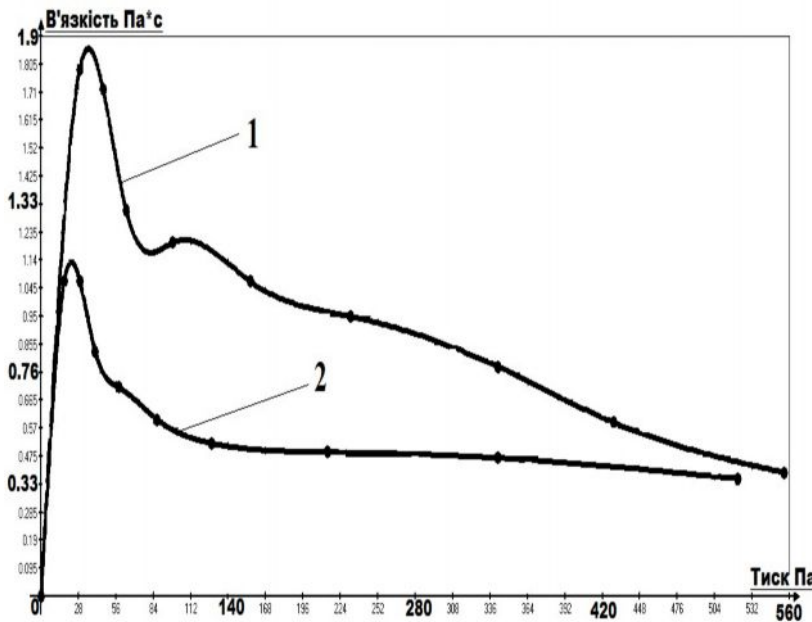


Рис. 2. Реологічні криві в'язкості кефіру торгової марки «Галичина»: 1—«Галичина», 0,05%; 2– «Галичина», 2,5%.

Аналіз побудованих кривих в'язкості для кефіру марки «Слов'яночка» (рис.1) показав, що величина аномалії в'язкості для нього збільшується на 0,71 Па·с при збільшенні вмісту жиру від 1% до 2,5%; для кефіру марок «Галичина» (рис.2) ця величина зменшується на 0,71 Па·с при збільшенні концентрації жиру від 0,05% до 2,5%; та для кефіру

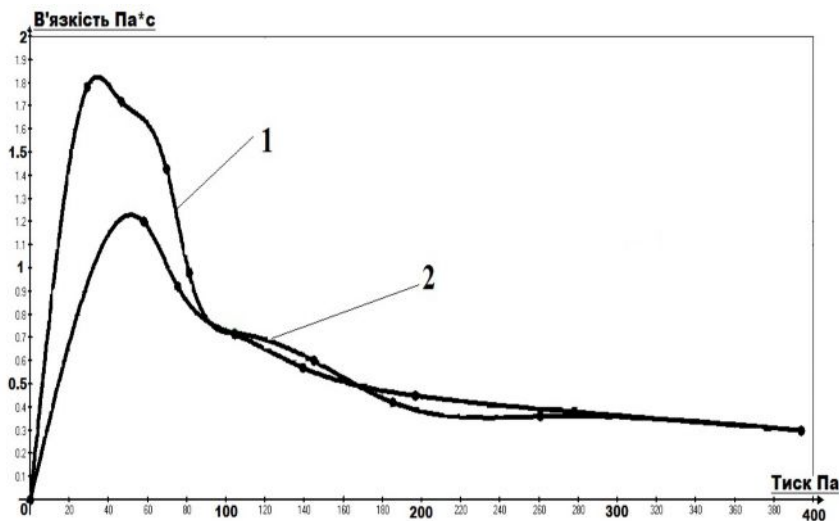


Рис. 3. Реологічні криві в'язкості кефіру торгової марки «Простоквашино»: 1 – «Простоквашино», 2,5%; 2 – «Простоквашино», 3,2%.

«Простоквашино» (рис.3) – на 0,58 Па·с при збільшенні концентрації жиру від 2,5% до 3,2 % відповідно.

Кефіри марки «Слов'яночка» (рис.1) відрізняються від кефіру двох інших торгових марок тим, що їх одержують термостатним способом (див. табл.1).

Отже, можна припустити, що спосіб отримання кефіру визначає характер зміни міцності системи при зміні в ній концентрації жиру.

Оскільки, найбільший попит серед населення має кефір з концентрацією жиру 2,5 %, тому ми порівняли кефіри різних торгових марок з заданим вмістом жиру. Величина аномалії в'язкості для досліджуваного кефіру різних торгових марок наведена на рис. 4.

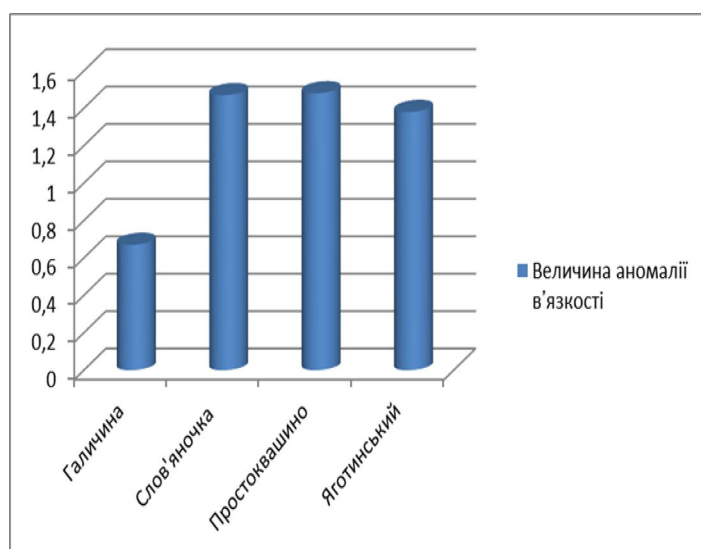


Рис.4. Величина аномалії в'язкості кефіру жирністю 2,5 % різних торгових марок

Слід зазначити, що міцність структури кефіру торгової марки «Галичина» майже вдвічі менша за міцність іншого досліджуваного кефіру. Даний факт можна пояснити тим, що лише при сквашуванні цього кефіру не використовують кефірний грибок, тобто він містить виключно молочнокислі бактерії, і не містить дріжджів.

Отже, можна припустити, що тип мікроорганізмів, які входять до складу кефіру визначають міцність його структури, на що вказує величина аномалії в'язкості.

Міцність структури кефіру також залежить від концентрації жиру. Встановлено, що при збільшенні вмісту жиру у системі міцність може збільшуватись або зменшуватись, залежно від способу одержання кефіру досліджуваної торгової марки.

За експериментальними даними для кефіру різних торгових марок було побудовано реологічні криві течії (рис. 5, 6, 7), що відображають залежність швидкості течії  $\frac{d\varepsilon}{d\tau}$  від напруження зсуву  $P$  та можуть бути використані для визначення багатьох реологічних параметрів. Зокрема:  $P_{k_1}$  – межа текучості – напруження, нижче від якого відсутні пластичні деформації, або вони дуже малі;  $P_{k_2}$  – умовна (бінгамівська) межа здатності до течії, що характеризує міцність системи;  $P_m$  – граничне напруження зсуву;  $\frac{P_{k_1}}{P_{k_2}}$  – відношення, яке характеризує міцність структурних зв'язків, що утворюються у системі [9].

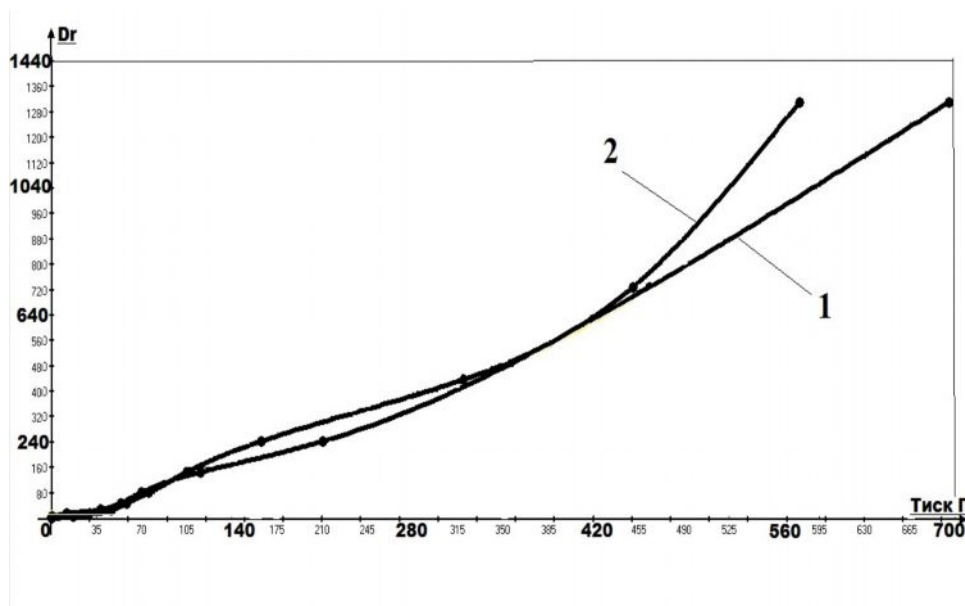


Рис.5 Реологічні криві течії для кефіру торгової марки «Слов'яночка»: 1–«Слов'яночка», 1%; 2–«Слов'яночка», 2,5%

Аналіз побудованих кривих течії для кефіру торгової марки «Слов'яночка» (рис. 5) показав, що при збільшенні концентрації жиру в межах даної марки величина бінгамівської межі здатності до течії збільшується на 278 Па.

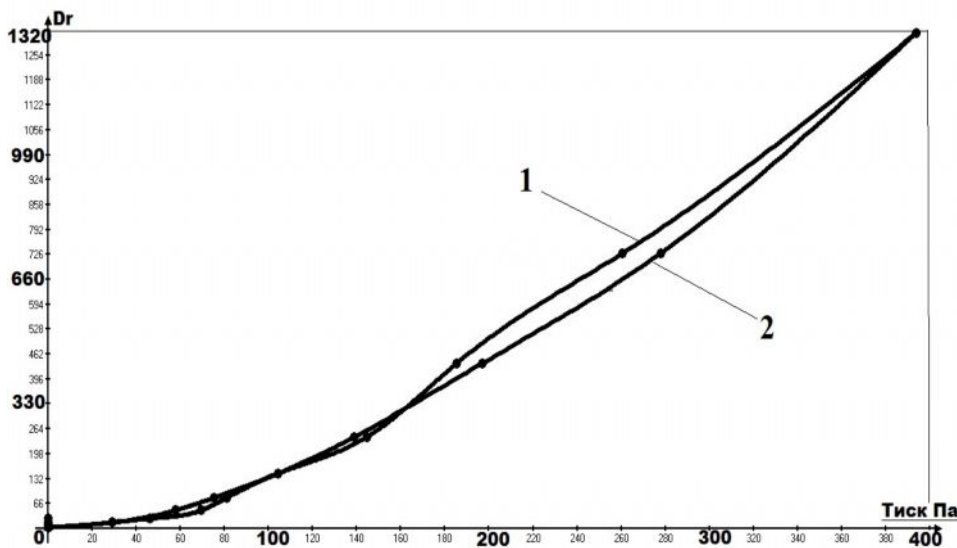


Рис. 6. Реологічні криві течії для кефіру торгової марки «Простоквашино»: 1–«Простоквашино», 2,5%; 2–«Простоквашино», 3,2%

Для кефіру торгової марки «Простоквашино» (рис. 6) встановлено, що величина  $P_{k_2}$  – збільшується на 80 Па при підвищенні концентрації жиру.

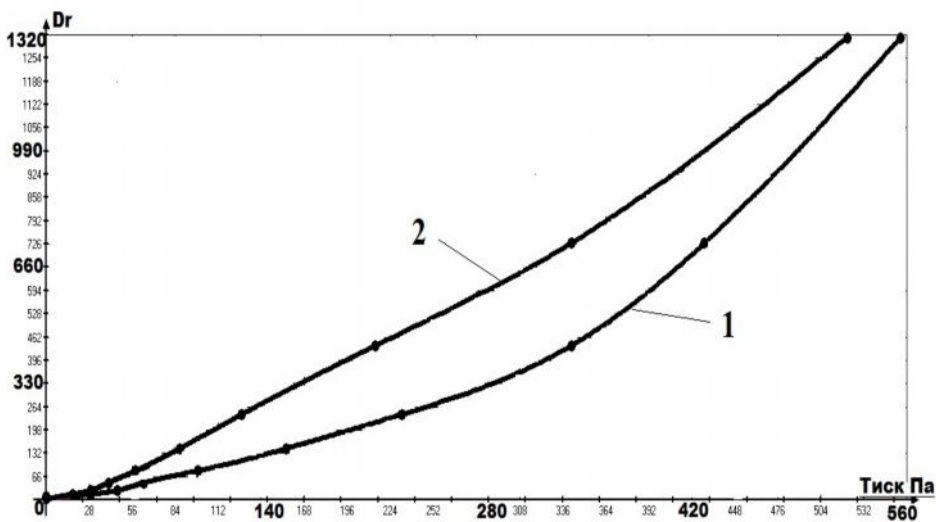


Рис. 7. Реологічні криві течії для кефіру торгової марки «Галичина»: 1–«Галичина», 2,5%; 2–«Галичина», 0,05%

Проаналізувавши експериментальні криві течії для кефіру торгової марки «Галичина», було показано, що лише в межах цієї марки умовна бінгамівська межа міцності зменшується на 140 Па (рис. 7) при збільшенні вмісту жиру.

Для порівняння структурно-механічних характеристик кефіру досліджуваних торгових марок (табл. 2) ми використовували експериментально встановлені значення величини динамічної межі здатності до течії та величини аномалії в'язкості системи.

Проведений аналіз реологічних параметрів кефіру показав, що зміну цих параметрів можна пояснити наступним чином: якщо до складу кефіру не



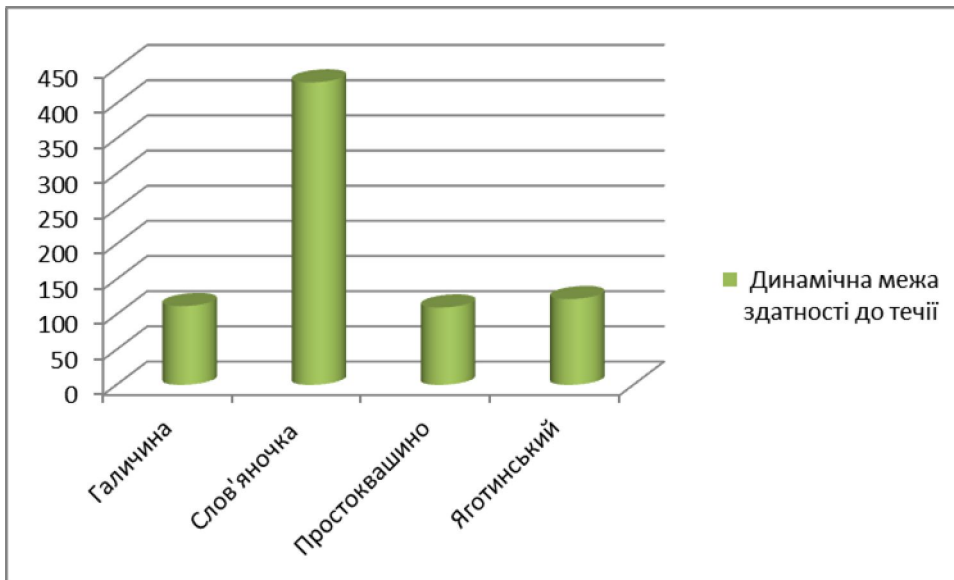
входять дріжджі, а входять лише кисломолочні бактерії, то при збільшенні концентрації жиру динамічна межа здатності до течії буде зменшуватись (марка «Галичина»), а при використанні дріжджів (марки «Простоквашино» та «Слов'яночка») – збільшуватись.

Таблиця 2

**Аналіз досліджених реологічних параметрів кефіру**

Вміст жиру, %	Величина аномалії в'язкості $\eta_0 - \eta_m$ , Па·с	Динамічна межа здатності до течії $P_{K_2}$ , Па
<u>«Слов'яночка»</u>		
1	0,76	152
2,5	1,47	430
<u>«Галичина»</u>		
0,05	1,38	252
2,5	0,67	112
<u>«Простоквашино»</u>		
2,5	1,48	110
3,2	0,9	170
<u>«Яготинський»</u>		
2,5	1,38	122

Було порівняно (рис. 8) величини динамічної межі здатності до течії кефіру різних торгових марок з концентрацією жиру 2,5 %. Показано, що бінгамівської межі здатності до течії має приблизно однакове значення для кефіру торгових марок «Простоквашино» і «Галичина», що приготовлені резервуарним способом. Проте для кефіру торгової марки «Слов'яночка», приготовленого термостатним способом, цей реологічний параметр майже в 4,5 рази має більше значення, ніж для інших, отриманих резервуарним способом.



Отже, можна припустити, що спосіб приготування кефіру з однаковим вмістом жиру визначає величину динамічної межі здатності до течії.

*Рис.8. Динамічна межа здатності до течії для кефіру жирністю 2,5 % різних торгових марок*

Визначені структурно-механічні характеристики дозволяють віднести досліджувані кефіри до структурованих систем, з чітко вираженою коагуляційною структурою.

### **Висновки.**

Встановлено, що всі досліджувані кефіри відносяться до структурованих систем з чітко вираженою надмолекулярною коагуляційною структурою, для яких характерна міцність та пластичність.

Показано, що за умови однакового вмісту жиру, міцність структури кефіру визначається типом мікроорганізму, що входить до його складу.

Встановлено, що на величину динамічної межі здатності до течії впливає спосіб приготування кефіру.

Показано, що реологічна оцінка якості кефіру є точнішою та об'єктивнішою, ніж органолептична.

**Перспективи подальших досліджень.** Продовжити дослідження по вивченню структурно-механічних характеристик кисломолочних продуктів з метою оцінки їх якості.

### **Список використаної літератури**

1. Гулий І.С., Сімахіна Г.О., Українець А.І. Основи валеології. Валеологічні аспекти харчування: Підручник. – К.:НУХТ, 2003. –336 с.

2. Шалыгина А.М. Кисломолочные продукты с оптимальным составом// Молочная промышленность. – 2001. – №3. с. 55–56.
3. Власенко В.В., Машкін М.І. Бігун П.П. Технологія виробництва і переробки молока та молочних продуктів. – Вінниця „ППАНІС”, 2000 – 306с.
4. Бердихин С.А., Космодемьянский Ю.В., Юрин В.Н. Технология и техника переработки молока. – Москва: Колос, 2001. –336 с.
5. Косой В.Д., Меркулов М. Ю., Юдина С.Б. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики. – СПб.: ГИОРД, 2005.–208 с.
6. Радаева И.А. Роль органолептической оценки молочных продуктов в улучшении их качества// Молочная промышленность. – 2003. – №8.– с. 43–45.
7. Шидловская В.П. Совершенствование методов органолептической оценки молочных продуктов// Молочная промышленность. – 2003. – №8. с. 35–37.
8. Мачихин Ю.А., Мачихин С.А. Инженерная реология пищевых материалов. – М.: Л.– пищ. пром-сть, 1981. – 225 с.
9. Реологія харчових мас: Метод. вказівки до викон. лаборатор. робіт для студ. спец. "Технологія хліба, кондитерських, макаронних виробів і харчоконцентратів" напряму 6.051701 «Харчові технології та інженерія» ден. та заоч. форм навч. / Уклад.: О.В. Грабовська, Є.І. Ковалевська – К.: НУХТ, 2009. – 20 с.

Надійшла до редколегії

Встановлено, що всі досліджувані кефіри відносяться до структурованих систем з чітко вираженою надмолекулярною коагуляційною структурою, для яких характерна міцність та пластичність.

*Ключові слова:* кефір, структурно-механічні характеристики, реологічні параметри, в'язкість, динамічна межа здатності до течії.

Установлено, что все исследуемые кефиры относятся к структурированным системам с четко выраженной надмолекулярной коагуляционной структурой, для которых характерна прочность и пластичность.

*Ключевые слова:* кефир, структурно-механические характеристики, реологические параметры, вязкость, динамическая граница способности к течению.

It is established that all investigated kefir concern the structured systems with accurately expressed supermolecular coagulative structure for which durability and plasticity is characteristic.

*Key words:* kefir, structural and mechanical characteristics, rheological parameters, viscosity, dynamic limit the ability to flow.