



### **ВИЗНАЧЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ЗГУЩЕНИХ МОЛОЧНИХ КОНСЕРВІВ ІЗ ЦУКРОМ І ПЛОДОВО-ЯГІДНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ**

*Визначено реологічні характеристики згущених молочних консервів із цукром і різними плодово-ягідними наповнювачами. Застосування сиропів і джемів у технології виробництва згущених молочних консервів із цукром сприяє зменшенню в'язкості готових продуктів і збільшенню тривалості зберігання структури у продуктах із плодово-ягідними джемами.*

*Ключові слова: згущене молоко з цукром, плодово-ягідний наповнювач, сироп, джем, ефективна в'язкість, ротаційний віскозиметр, реологічна крива.*

Згущені молочні консерви з цукром належать до слабкоструктурованих псевдопластичних неплотоцільських систем. На їхню в'язкість значною мірою впливають наступні чинники: сезонні зміни вмісту сухих речовин у молоці, у тому числі білка та жиру, ступінь їх дисперсності; параметри теплового оброблення; кислотність молока-сировини; гомогенізація; спосіб внесення цукру в підзгущену основу; параметричні особливості процесів згущення та охолодження; умови зберігання.

Основним реологічним показником, що характеризує структурно-механічні властивості продукту, є ефективна в'язкість, яка описує рівноважний стан між процесами відновлення і руйнування структури та залежить від швидкості деформації та напруження зсуву. Властивості зсуву являють собою основну групу структурно-механічних властивостей. Для їх визначення часто застосовують ротаційний віскозиметр, вимірювальний вузол якого складається з ротора і стакану. У зазор між ротором і стаканом розміщується продукт, що досліджується, в якому внаслідок обертання ротора відбувається зсув одного прошарку відносно іншого. Унаслідок цього опір між окремими шарами рідини слабшає. Із прискоренням обертання первинна структура знищується, молекули зв'язують відносно одна одної, в'язкість поступово зменшується.

Метою статті є визначення ефективної в'язкості згущених молочних консервів із цукром і плодово-ягідними наповнювачами на ротаційному віскозиметрі «Reotest-2».

Об'єктами досліджень були обрані проби молока згущеного з цукром (контроль), проби молока згущеного з цукром та апельсиновим і смородиновим сиропами, проби молока згущеного з цукром та апельсиновим і смородиновим джемами.

Експеримент упродовжувався за температури 18-20°C на двох швидкостях із застосуванням циліндра S2. Згідно з паспортними даними прилад, що використовувався, для швидкості I константа циліндра S2 становить 6,34 Па, для швидкості II – 60,5 Па.

Розрахунок напруження зсуву  $P$ , яке виникало в системі, здійснювався за рівнянням:

$$P = Z \cdot \alpha, \text{ Па} \quad (1)$$

де  $Z$  – стала внутрішнього циліндра (наведена в паспорті приладу);  
 $\alpha$  – значення шкали на індикаторному приладі.

Значення швидкості деформації  $\varepsilon$  (1/с) не визначаються експериментально, оскільки їхні значення для кожної швидкості деформації беруться з паспортних даних.

Наступним кроком в опрацюванні отриманих результатів є розрахунок динамічної в'язкості. Для обрахунку використовували раніше отримані значення напруг зсувів та дані швидкостей деформації.

Рівняння Ньютона для обчислення динамічної в'язкості має наступний вигляд:

$$\eta = \frac{P}{\varepsilon} \times 10, \text{ Па} \cdot \text{с} \quad (2)$$

де  $\eta$  – динамічна в'язкість, Па·с;  
 $P$  – напруга зсуву, Па;  
 $\varepsilon$  – швидкість зсуву, 1/с.

За експериментальними даними побудовано реологічні криві плинності, які наведено на рисунку 1.

Зазначені на рисунку 1 залежності мають вигляд ступеневих функцій, які за побудови в логарифмічних шкалах переходять у прямі. Кути їх нахилу характеризують час руйнування структури продукту: чим він гостріший, тим швидше згущене молоко з цукром і плодово-ягідними наповнювачами піддається деформації.

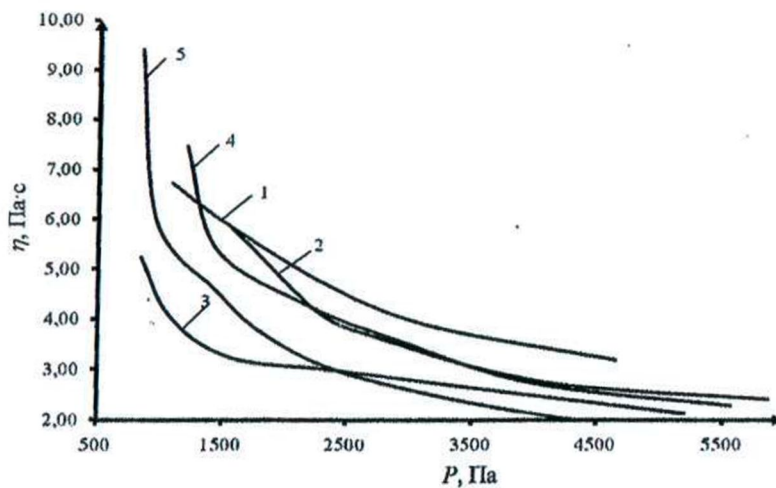
Кути нахилу проб, що досліджуються, мають наступні значення: контроль –  $179^\circ$ , згущене молоко з цукром та апельсиновим джемом –  $170^\circ$ , зі смородиновим джемом –  $160^\circ$ .

Кути нахилу проб згущених молочних консервів із плодово-ягідними сиропами мають значно менші показники: з апельсиновим сиропом –  $5^\circ$ , зі смородиновим сиропом –  $1^\circ$ .

Очевидно, що з додаванням плодово-ягідних джемів кути нахилів стають гострішими, тому темп руйнування структур збільшується.

Із реологічних кривих в'язкостей, що зображені на рисунку 1, було визначено значення  $\eta_0$  (найбільша в'язкість системи з практично не зруйнованою структурою) та  $\eta_m$  (найменша в'язкість системи з практично зруйнованою структурою) для кожної проб, що досліджувалась.

Різниця показників ( $\eta_0 - \eta_m$ ) характеризує міцність утворених у системах надмолекулярних структур.



1 – молоко згущене з цукром (контроль); 2 – молоко згущене з цукром та апельсиновим сиропом; 3 – молоко згущене з цукром та смородиновим сиропом; 4 – молоко згущене з цукром та апельсиновим джемом; 5 – молоко згущене з цукром та смородиновим джемом.

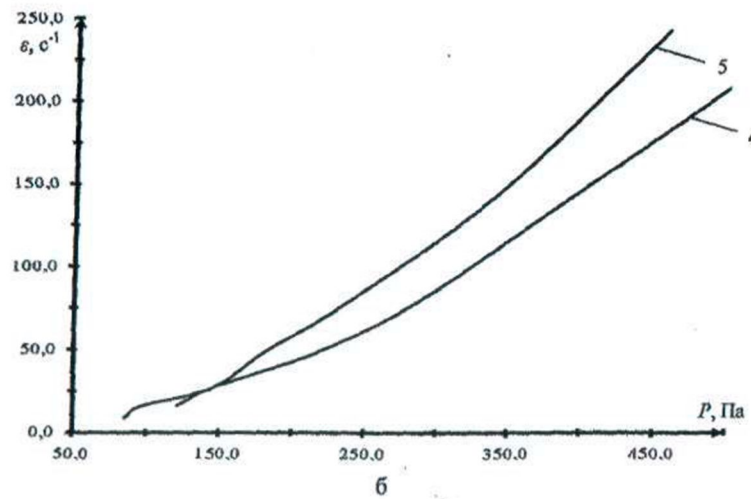
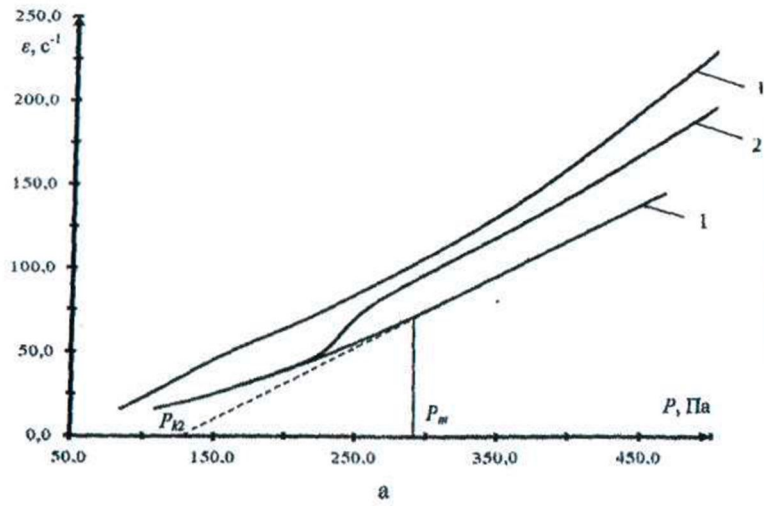
Рисунок 1 – Реологічні криві в'язкості згущених молочних консервів із цукром і плодово-ягідними наповнювачами

Відповідно до даних, зазначених у таблиці 1, серед проб згущених молочних консервів з плодово-ягідними наповнювачами, що досліджувались, найбільшу міцність надмолекулярних структур мають проби 4 і 5 із плодово-ягідними джемами (6,23-8,36 Па·с), найменшу – проби 2 і 3 з плодово-ягідними сиропами (4,04-4,52 Па·с).

Таблиця 1 – Основні реологічні характеристики згущених молочних консервів із цукром і плодово-ягідними наповнювачами

№ проби	Назва проби	$\eta_0$ , Па·с	$\eta_{ms}$ , Па·с	$\eta_0 \cdot \eta_{ms}$ , Па·с
1	Молоко згущене з цукром (контроль)	6,75	1,07	5,68
2	Молоко згущене з цукром та апельсиновим сиропом	5,86	1,34	4,52
3	Молоко згущене з цукром і смородиновим сиропом	5,23	1,19	4,04
4	Молоко згущене з цукром та апельсиновим джемом	7,50	1,27	6,23
5	Молоко згущене з цукром і смородиновим джемом	9,41	1,05	8,36

Характер системи, що утворилася, визначається за допомогою реологічних кривих плинності, що зображені на рисунку 2.



1 – молоко згущене із цукром (контроль); 2 – молоко згущене із цукром та апельсиновим сиропом; 3 – молоко згущене із цукром і смородиновим сиропом; 4 – молоко згущене з цукром та апельсиновим джемом; 5 – молоко згущене з цукром і смородиновим джемом.

Рисунок 2 – Реологічні криві плинності згущених молочних консервів із плодово-ягідними сиропами (а) та згущених молочних консервів із плодово-ягідними джемами (б)

На прикладі молока згущеного з цукром розглянемо як за реологічною кривою плинності під номером 1, яка відповідає вищеназваній пробі, охарактеризувати характер системи, що утворилася. Так, до прямолінійної частини кривої проводиться дотична, яка на рисунку 2 зображена у вигляді штрихової лінії. У точці перетину дотичної з віссю абсцис утворюється точка, яка зазвичай позначається  $P_{к2}$ , і характеризує динамічну межу здатності системи до плинності. Із точки, де дотична відходить від кривої, опущено перпендикуляр на вісь абсцис, за перетину з якою утворюється точка  $P_m$ .

Значення точки  $P_m$  характеризує міцність утвореного структурного каркасу.

Із рисунка 2 видно, що найбільшу міцність структурного каркасу має молоко згущене з цукром та апельсиновим сиропом, найменшу – молоко згущене з цукром і смородиновим джемом.

Значення точки перетину кривої плинності з віссю абсцис  $P_{к1}$  не дорівнює нулю, як у нашому випадку, тому система належить до структурованої рідини.

**Висновки.** Експериментально підтверджено, що згущені молочні консерви з цукром і плодово-ягідними наповнювачами являють собою псевдопластичні неньютонівські системи.

Також цю групу продуктів частково можна віднести до коагуляційних структур, які характеризуються низькими показниками міцності, високими показниками пластичності, чітко вираженою тиксотропією, здатністю до високоеластичних деформацій.

Визначено суттєву залежність реологічних характеристик згущених молочних консервів від виду плодово-ягідних наповнювачів. Незважаючи на більшу в'язкість джемів, порівняно з сиропами, очевидно, що застосування і сиропів, і джемів у технології виробництва згущених молочних консервів із цукром спричиняють зменшення в'язкості готових продуктів, порівняно з в'язкістю молока згущеного з цукром без наповнювачів.

Із додаванням плодово-ягідних джемів тривалість руйнування структур згущених молочних консервів із цукром і плодово-ягідними наповнювачами збільшується.

#### Література

1. Кузнецов О.А. Реология пищевых масс / О.А. Кузнецов, Е.В. Волошин, Р.Ф. Сагитов. – Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 106 с.
2. Косой В.Д. Реология молочных продуктов (полный курс) / В.Д. Косой, Н.И. Дунченко, М.Ю. Меркулов. – М.: ДеЛи принт, 2010. – 826 с.
3. Горбатова К.К. Биохимия молока и молочных продуктов: учеб. пособие / К.К. Горбатова. – М.: Лег. и пищ. пром-сть, 1997. – 287 с.
4. Симоненко С.В. Реология вязких пищевых систем на основе козьего молока / С.В. Симоненко, С.Е. Дмитриев, Е.Ю. Агаркова // Пищ. пром-сть. – 2010. – № 2. – С. 12-13.
5. Птичкина Н.М. Измерение вязкости реальных и модельных систем: учеб.-метод. пособие / Н.М. Птичкина. – Саратов: СГАУ им. Н.И. Вавилова, 2004. – 8 с.