

## ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГІЇ АКТИВАЦІЇ МОДЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ СКЛАДОВИХ РЕЧОВИН ПРОДУКТУ СТРУКТУРОВАНОГО

**Перцевий М.Ф., асп., Савгіра Ю.О., к.хім.н., проф.,  
Кузнецова Т.О., к.хім.н., доц., Колеснікова М.Б., к.т.н., доц.  
(Харківський державний університет харчування та торгівлі)**

*Досліджено ефективну в'язкість та енергію активації модельних розчинів складових речовин продукту структурованого на основі сиру кисломолочного нежирного з використанням концентрату ядра соняшникового насіння. Якісно оцінено стан міжмолекулярної взаємодії та її залежність від складу модельних розчинів та температури. На основі результатів досліджень обґрунтовано рецептурний склад готового продукту.*

**Постановка проблеми.** Реологічні дослідження у сукупності з іншими науковими дослідженнями дозволяють визначитися з температурним діапазоном термічної обробки та рецептурним складом готового продукту. Важливою складовою реологічних характеристик розчинів харчових речовин є ефективна в'язкість [1-3]. Величина в'язкості залежить від міжмолекулярних взаємодій. У водних розчинах білків та полісахаридів можна виділити три види міжмолекулярних взаємодій: молекулярні взаємодії між молекулами води, макромолекулами та водою та між однаковими та різними макромолекулами, що знаходяться у даному розчині [4].

**Метою даної роботи було:** у дослідженні ефективної в'язкості модельних розчинів складових речовин продукту структурованого на основі сиру кисломолочного нежирного з використанням концентрату ядра соняшникового насіння. Ці результати досліджень дозволяють якісно оцінити величину міжмолекулярних взаємодій і форму часточок у розчинах. Всі ці розчини містять однакову кількість води.

Склад модельних розчинів, що було досліджено, наведено у табл. 1.

Таблиця 1

## Склад модельних розчинів харчових речовин

№	Казеїнат натрію, г	Желатин швидко-розчинний, г	Цитрат натрію, г	Концентрат ядра соняшникового насіння, г	Вода питна, мл
1	7,7	-	-	-	92,3
2	-	3,0	-	-	92,3
3	7,7	3,0	-	-	92,3
4	7,7	-	2,0	-	92,3
5	-	3,0	2,0	-	92,3
6	7,7	3,0	2,0	-	92,3
7	7,7	3,0	2,0	5,0	92,3

**Результати досліджень.** Ефективну в'язкість вимірювали на ротаційному віскозиметрі RHEOTEST-2, за різних температурних режимів (293° К; 303° К; 313° К; 323° К; 333° К; 343° К; 353° К). На рис. 1 наведені залежності в'язкості досліджуваних розчинів від температури. Нумерація кривих відповідає нумерації розчинів з табл. 1.

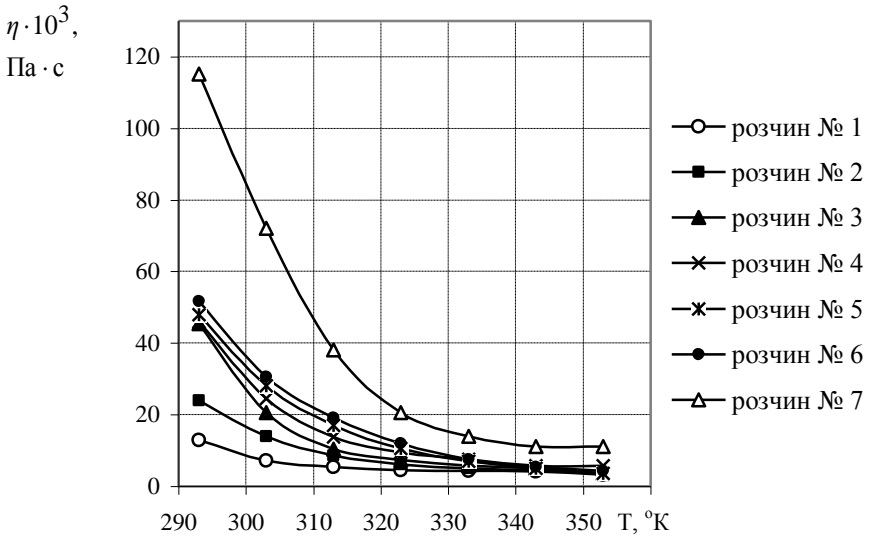


Рис. 1. Залежність ефективної в'язкості модельних розчинів харчових речовин від температури

З рис. 1 видно, що в інтервалі температур  $T=323 \dots 343^\circ \text{K}$  криві стають паралельними вісі абсцис, що свідчить про мінімальну величину молекулярної взаємодії між макромолекулами.

При охолодженні розчину № 4 (суміш казеїнату натрію з желатином) нижче за  $T=304^\circ \text{K}$  спостерігається різке збільшення ефективної в'язкості розчину. Причому, в'язкість останнього більша за в'язкість розчинів желатина і казеїнату натрію, взятих окремо один від одного. Цей факт можна пояснити швидким утворенням міцної просторової структури білкового геля в результаті змішування глобулярного казеїну та фибрилярного желатина.

Міжмолекулярні зв'язки можна якісно охарактеризувати величиною енергії активації розриву цих зв'язків, від яких залежить в'язкість розчину. Енергію активації  $E$  розраховується за рівнянням Андраде і де Гусмана:

$$\eta = A \cdot e^{\frac{E}{RT}} \quad (1),$$

де  $A$  – константа.

У логарифмічному виді рівняння має вигляд:

$$\ln \eta = \ln A + \frac{E}{RT} \quad (2).$$

Енергію активації розраховують з графічної залежності  $\ln \eta$  від  $1/T$ , яку наведено на рис. 2.

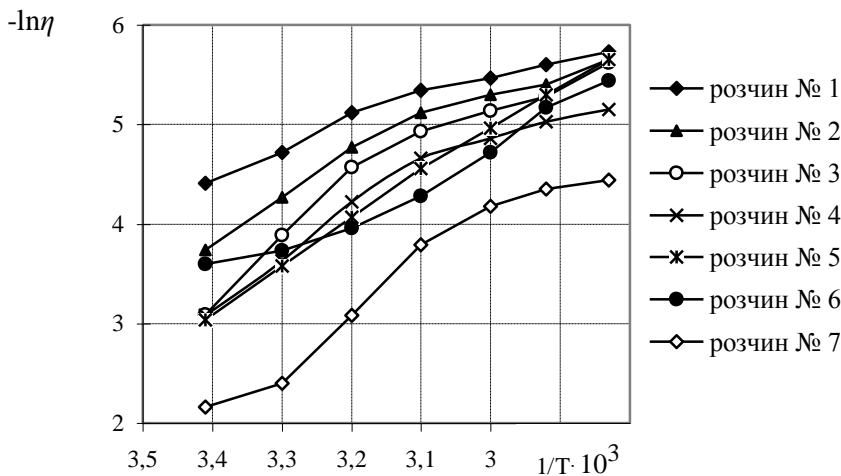


Рис. 2. Залежність  $\ln \eta$  модельних розчинів харчових речовин від  $1/T$

Для розчинів білків та їх сумішей прямолінійна залежність  $\ln \eta$  від  $1/T$  має злом, який відповідає зменшенню енергії активації в інтервалі температур  $323...333^\circ \text{ K}$ . Тангенс кута нахилу прямолінійних ділянок дорівнює  $E/R$ ;  $E = \text{tg} \alpha \cdot R$ . Величини енергії активації наведено у табл. 2.

З рис. 2 видно, що криві для всіх модельних розчинів, крім розчину № 7, який містить концентрат ядра соняшникового насіння, мають дві прямолінійні ділянки з різними енергіями активації. Зменшення величини  $E_2$  доводить, що міжмолекулярні зв'язки в цих розчинах відповідають не хімічним, а молекулярним, або ван-дер-ваальсівським силам, які ослаблюються з підвищенням температури (табл. 2) [4].

Таблиця 2

Енергії активації досліджуваних розчинів модельних систем

№	$E_1$ , кДж/моль	$E_2$ , кДж/моль	$E_3$ , кДж/моль
1	25,76	8,31	-
2	36,99	37,86	-
3	51,94	23,27	-
4	20,78	17,78	-
5	37,40	-	-
6	38,78	9,97	-
7	18,28	39,47	14,5

Для розчину, що містить концентрат ядра соняшникового насіння, залежність  $\ln \eta$  від  $1/T$  містить три прямолінійні ділянки, що обумовлено існуванням міжмолекулярних взаємодій різної сили. Найбільша енергія активації  $E_1$  спостерігається для розчину желатина з казеїнатом натрію, де за низьких температур існує міцна просторова структура білкового геля, утвореного в результаті змішування глобулярного казеїну та фибрилярного желатина. Додавання цитрату натрію приводить до зниження енергії активації розчинів. Комплекс, який утворюється за рахунок водневих зв'язків при взаємодії цитрату натрію з білками робить гідрофобними молекули казеїнату натрію і желатина. Енергія міжмолекулярних зв'язків при цьому зменшується, особливо при підвищенні температури. Виключення спостерігається тільки для розчину, який містить концентрат ядра соняшникового насіння. Дисперсна система концентрату з часточками, які містять залишки жиру, згідно з

рівнянням Ейнштейна (3), має більшу в'язкість ніж інші модельні розчини і, відповідно, більшу енергію активації  $E_2$  міжмолекулярної взаємодії, що і видно з результатів дослідження (табл. 2).

$$\eta = \eta_0(1 + \alpha\phi) \quad (3),$$

де  $\eta$  – в'язкість розчину;  $\eta_0$  – в'язкість розчинника (води);  $\phi$  – об'ємна концентрація розчиненої речовини (об'ємна частка);  $\alpha$  – коефіцієнт, що дорівнює 2,5 для кулькоподібних часточок.

За результатами досліджень було обґрунтовано рецептурний склад продукту структурованого на основі сиру кисломолочного нежирного з використанням концентрату ядра соняшникового насіння (табл. 3).

Таблиця 3

Рецептурний склад продукту структурованого на основі сиру кисломолочного нежирного з використанням концентрату ядра соняшникового насіння

Сировина	Масова частка сухих речовин, %	Загальні витрати сировини з урахуванням втрат в технологічному процесі, кг	
		В натурі	В сухих речовинах
Сир молочний нежирний	20.00	54.90	10.98
Олія рафінована дезодорована	99.90	15.40	15.39
Жир рослинний тугоплавкий	89.10	15.40	13.72
Концентрат ядра соняшникового насіння	93.40	5.10	4.76
Желатин швидко розчинний	89.10	3.10	2.76
Цитрат натрію	96.00	2.00	1.92
Сіль кухонна «Екстра»	96.50	1.00	0.97
Сорбат калію *	0.95	0.10	0.10
Вода		5.78	-
Всього		102.78	50.60
Вихід		100.00	49.23

\* Використовується для продукції тривалого терміну зберігання.

## **Висновки.**

1. Досліджено ефективну в'язкість та енергію активації модельних розчинів складових речовин продукту структурованого в залежності від температури.

2. На основі результатів досліджень обґрунтовано рецептурний склад продукту структурованого.

3. Виявлено, що змішування розчинів казеїнату натрію та желатина приводить до значного збільшення в'язкості. А при зменшенні температури нижче за 303° К утворюється просторова фіксована міцна структура геля.

4. Доведено, що дослідження ефективної в'язкості та енергії активації модельних розчинів складових речовин продукту дає можливість якісно оцінити міжмолекулярну взаємодію і сформувати готовий продукт з певними структурно-механічними, технологічними властивостями.

## **Список літератури**

1. Technologies of Food Product on the Base of Milk Protein : The monograph / [F. V. Pertseviy, P. V. Hurskiy, S. L. Yurchenko and oth.]. – К. : ChSUFT, 2009. – 204 p.

2. Перцевой М.Ф. Особливості рецептури та технології продукту структурованого закусочного з використанням концентрату ядра соняшника / М.Ф. Перцевой // Обладнання та технології харчових виробництв : темат. зб. наук. праць / ДонНУЕТ. – 2010. – Вип. 25. – С. 95–100.

3. Производство желейной и взбивной продукции с использованием модификаторов : Монография / [Перцевой Ф.В., Фощан А.Л., Савгира Ю.А. и др.]. – Дніпропетровськ : Пороги, 2003. – 201 с.

4. Modifying additives in jelly products : The monograph / [Pertcevoi F. V., Savgira Yu. A., Foshchan A. Leo. and oth.]. – К.: NUFT, 2005. – 260 p.

## **Аннотация**

## **ИССЛЕДОВАНИЕ ЭНЕРГИИ АКТИВАЦИИ МОДЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ ВЕЩЕСТВ, ВХОДЯЩИХ В СОСТАВ ПРОДУКТА СТРУКТУРИРОВАННОГО**

*Исследованы эффективная вязкость и энергия активации*

*модельных растворов веществ, которые входят в состав продукта структурированного на основе сыра кисломолочного нежирного с использованием концентрата ядра подсолнечника. Качественно оценено состояние межмолекулярного взаимодействия и его зависимость от состава модельных растворов и температуры. На основе результатов исследования обоснован рецептурный состав готового продукта.*

## **Abstract**

### **INVESTIGATION OF ACTIVATION ENERGY OF THE MODEL SOLUTIONS OF SUBSTANCES WHICH IS CONTAINED IN THE PRODUCT STRUCTURED**

*Affective viscosity and activation energy of the model solutions of substances which is contained in the product structured on the basis of lactic acid non-fat curd with used sunflower seeds concentrate was investigated. The state of molecular interaction and its dependence on composition of solutions and temperature was high quality appraised. On the basis of results of investigation composition of the prepared product was grounded.*