

УДК 664.64.016.3

*М.Б. Колеснікова, канд. техн. наук  
М.Ф. Перцевой, асп.  
П.В. Гурський, канд. техн. наук  
Харківський державний  
університет харчування та  
торгівлі*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ РЕЦЕПТУРНИХ КОМПОНЕНТІВ НА СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРОДУКТУ СТРУКТУРОВАНОГО**

*Досліджено вплив компонентного складу на структурно-механічні властивості продукту структурованого на основі сиру кисломолочного. Установлена залежність умовних модулів пружності та вискоеластичного від виду та змісту рецептурних компонентів.*

*Ключові слова: Структурно-механічні властивості, продукт структурований, абсолютна деформація, період релаксації.*

*Influence of componential structure structurally-mechanical properties of a product structured on the basis of lactic acid curd is investigated. Dependence of conditional coefficient of elasticity and high-elasticity coefficient from a kind on a kind and the maintenance components in compounding is established.*

*Key words: structurally-mechanical properties, product structured, absolute deformation, the relaxation period.*

Структурно-механічні властивості реальних тіл, дисперсних і високомолекулярних систем безпосередньо зв'язані з молекулярними взаємодіями в цих тілах, особливостями будови і теплового руху їх структурних елементів — міцел, субміцел і макромолекул, з взаємодією цих елементів один з одним і з молекулами дисперсійного середовища. Таким чином, структурно-механічні властивості характеризують виникнення в системі структур різного виду. З одного боку, пружко-пластично-в'язкісні властивості та властивості міцності систем визначають характер деформаційних процесів і процесів руйнування в цих системах [1].

Розробка нової технології продукту структурованого з використанням сировини рослинного походження потребує глибоких досліджень структурно-механічних властивостей сировини, напівфабрикатів і готових продуктів необхідних для правильного ведення технологічних процесів, їх механізації та автоматизації. Від цих властивостей в більшій мірі залежить проходження різноманітних процесів: теплових, механічних дифузійних, які обумовлюють смакові якості та завоюваність готового продукту [2; 3].

Дослідження впливу рецептурних компонентів на структурно-механічні властивості продукту структурованого разом з іншими науковими дослідженнями дозволяють визначитись із рецептурним складом.

Завданням експерименту було:

- дослідження структурно-механічних властивостей продукту структурованого з різним вмістом желатину, жирової компоненти та концентрату ядра соянишника для встановлення їх раціональних концентрацій у рецептурі;
- визначення умовно-миттєвого модуля пружності та вискоеластичного модуля продукту структурованого по діапазону концентрацій основних компонентів;
- встановлення кінетики відносної еластичності, пластичності та пружності готового продукту;

Структурно-механічні властивості (відносні: пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою ваг Каргіна [4; 5]. шляхом вивчення деформації стискування продукту структурованого, розташованого між столиком

© М.Б. Колеснікова, М.Ф. Перцевой, П.В. Гурський, 2010

## Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

та пуансоном. Метод вимірювання заснований на визначенні деформації, віднесеної до товщини зразка при постійному напруженні. Зазвичай мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійно діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поведіння є константою і не залежить від напруги. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих повзучості (рис. 1, 2, 3) будуючи залежність відносної деформації стискування (під дією прикладеної напруги) від часу дії напруження  $\varepsilon = f(\tau)$ , які адекватно описують кінетику структурно-механічних властивостей системи залежно від вмісту концентрату ядра сояшника (2,5, 5, 7,5 %), желатину (1, 3, 5 %); олії рафінованої дезодорованої (0, 15, 30 %) та жиру рослинного (0, 15, 30 %) [4].

Експеримент проводили наступним чином. Зразок продукту структурованого розміщували між пуансоном і столиком, а після охолодження і формування у вигляді циліндрика залишали для тиксотропного відновлення структури на (15...20) × 60 с. Потім підбирали фіксоване значення вантажу, який повинен створювати однакоє напруження стискування для всіх досліджуваних зразків. Крім того також важливо, при проведенні досліджень, забезпечувати однакою температуру та висоту зразків [1; 4; 5].

Перше миттєве значення абсолютної деформації одержували за допомогою мікроскопа, як тільки навантаження починає діяти на зразок. Після цього з періодичністю (1) × 60 с. знімали значення абсолютної деформації протягом (10) × 60 с. Подальші спостереження вели з періодичністю (5) × 60 с. Після зняття навантаження фіксували миттєву деформацію, а потім аналогічно, як під час навантаження, знімали покази приладу під час релаксації.

Дослідження залежності структурно-механічних показників продукту структурованого від концентрації основних рецептурних компонентів проводилися наступним чином: змінювали концентрацію одного компоненту при фіксованому значенні інших. Раціональними значеннями було прийнято: концентрат ядра сояшника — 5 %; желатин — 3 %; олія — 15 % та жир рослинний тугоплавкий — 15 %.

За результатами досліджень впливу концентрації основних рецептурних компонентів на кінетику деформації та проведених обчислень реологічні характеристики продукту структурованого наведені в табл.1-3.

Як видно з кривих повзучості продуктів структурованих (рис 1, 2, 3), найбільш текучим є зразки з вмістом концентрату ядра сояшника 2,5 % із загальною деформацією  $9680 \times 10^{-3}$ ; з вмістом желатину 1 % із загальною деформацією  $8440 \times 10^{-3}$ ; та з вмістом олії 30 % із загальною деформацією  $8496 \times 10^{-3}$ ;

*Таблиця 1. Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту желатину*

Познач.	Найменування показника	Концентрація желатину, %		
		1	3	5
$\varepsilon_{\text{зв}}$	Зворотна деформація, $10^{-3}$	7192	4688	4304
$\varepsilon_{\text{незв}}$	Незворотна деформація, $10^{-3}$	1248	1344	192
$\varepsilon_{\text{заг}}$	Загальна деформація, $10^{-3}$	8440	6032	4496
$\sigma$	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, $\text{Па}^{-1}$ , $10^{-4}$	6,76	4,83	3,60
$E_{\text{пр}}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	250,21	312,26	415,24
$E_{\text{ел}}$	Вискоеластичний модуль (Па)	567,8	1815,5	963,8
$\eta_{\text{о}}^*$	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	3603023	3345664	2341965
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,85	0,78	0,96
$\eta_{\text{пр}}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$	267653,	936786,	374714,

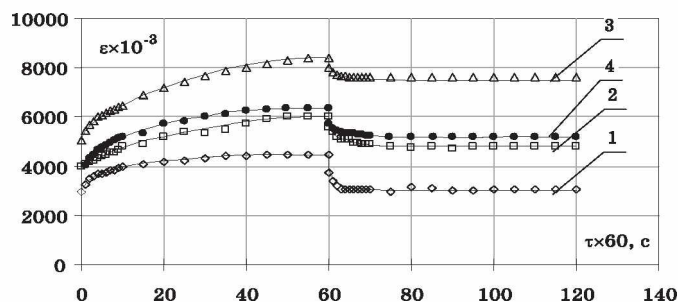


Рис. 1. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації желатину: 1 — 1 %; 2 — 3 %; 3 — 5 %. 4 — контроль — сир Фета

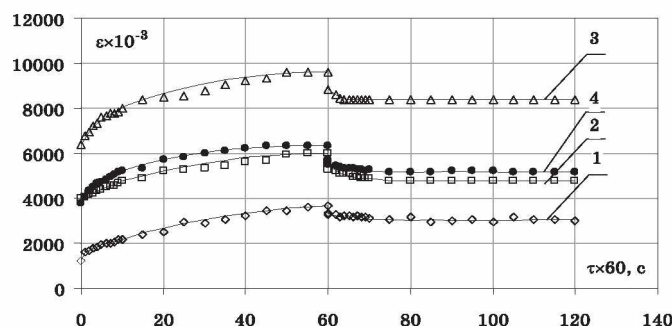


Рис. 2. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від вмісту концентрату: 1 — 2,5 %; 2 — 5 %; 3 — 7,5 %. 4 — контроль: сир Фета

Найбільш стійкими до стискувального напруження є зразки з концентрату ядра сояшиника 7,5 % із загальною деформацією  $3696 \cdot 10^{-3}$ ; з вмістом желатину 5 % із загальною деформацією  $4496 \cdot 10^{-3}$ ; рослинного жиру 30 % із загальною деформацією  $4032 \cdot 10^{-3}$ , що узгоджується з органолептичними показниками продукту.

Таблиця 2. Характеристика залежності показників структурованого продукту від вмісту концентрату ядра сояшиника

Позначення	Найменування показника	Вміст концентрату, %		
		2,5	5	7,5
$\epsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, $10^{-3}$	8432	4688	2160
$\epsilon_{нев.}$	Незворотна деформація, $10^{-3}$	1248	1344	1536
$\epsilon_{заг.}$	Загальна деформація, $10^{-3}$	9680	6032	3696
$\sigma$	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, $\text{Па}^{-1}$ , $10^{-3}$	7,8	4,8	2,9
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	192,8	312,3	940,6
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль, Па	639,9	1815,5	1501,3
$\eta_{0}^*$	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$ , $10^6$	3,60	3,35	2,93
K	Відношення деформ. звор. до заг.	0,87	0,78	0,58
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$ , $10^5$	3,23	9,37	5,20

## Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів

З аналізу таблиць залежності модулів від концентрації рецептурних компонентів видно, що умовно миттєвий модуль пружності в діапазоні концентрацій концентрату ядра сояшичника 2,5...7,5 % підвищується на 79,6 %, відповідно 192,75...940,55 Па; в діапазоні концентрацій желатину 1...5%-вий показник зростає на 39,7 %; в діапазоні концентрацій рослинних олій 15...30 % умовно миттєвий модуль пружності знижується на 28,8 %, а для рослинних жирів за таких параметрів він підвищується на 36,8 %.

Таблиця 3. Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту олії та жиру рослинного тугоплавкого

Позначення	Найменування показника	Олія, 30 %	Олія+ жир росл., 30 % (1:1)	Жир рослинний, 30 %
$\epsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, $10^{-3}$	8016	4688	3552
$\epsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, $10^{-3}$	480	1344	480
$\epsilon_{заг.}$	Загальна деформація, $10^{-3}$	8496	6032	4032
$\sigma$	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Податливість, $\text{Па}^{-1}$	0,0068	0,0048	0,0032
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	222,4	312,2	494,1
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль(Па)	520,4	1815,5	1219,8
$\eta_{*0}$	Пластична в'язкість, $\text{Па} \cdot \text{с}$	9367860	3345664	9367860
K	Відношення деформ звор. до заг.	0,94	0,78	0,88
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па} \cdot \text{с}$	191180	936786	624524

Збільшення вмісту желатину в рецептурі продукту структурованого понад 3 % спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до ущільнення структури можливо в наслідок посилення дії просторового каркасу структуроутворювача і переходу скибкової структури в крихку, тверду. Збільшення вмісту концентрату ядра сояшичника понад 7,5 % та вмісту жиру рослинного понад 15 % спричиняє різке підвищення модуля пружності, що призводить до виникнення твердої структури. Збільшення вмісту олії в рецептурі понад 15 % спричиняє зниження модуля пружності, що призводить до грузлої структури, можливо внаслідок зниження міжмолекулярних зв'язків білка з олією, внаслідок гідрофільно-гідрофобної взаємодії; зростання його емульгуючої здатності через зменшення вільної вологи в рецептурі.

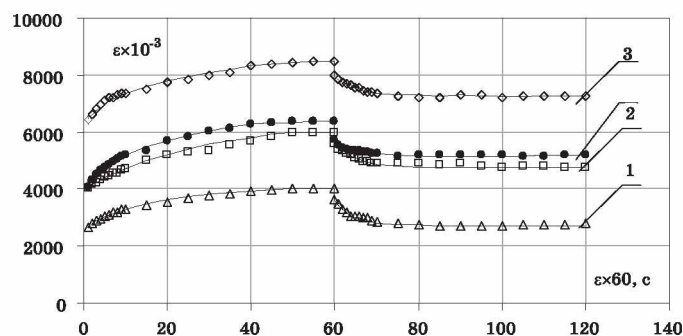


Рис. 3. Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації жирової компоненти: 1 — олія, 30 %; 2 — олія : рослинний жир тугоплавкий — 1 : 1, 30 %; 3 — рослинний жир тугоплавкий, 30 %; 4 — контроль: сир Фега

## *Розділ 1. Процеси та апарати ... виробничих процесів*

---

Зменшення концентрації желатину понад 1 % спричиняє суттєве зменшення модуля пружності і призводить до збільшення текучості структури можливо внаслідок послаблення просторового каркасу структуроутворювача й руйнування скибкової структури. Зменшення вмісту олії понад 15 % спричиняє збільшення модуля пружності і призводить до ущільнення структури, можливо внаслідок посилення зв'язків вологи з білком через її нестачу в системі.

**Висновки.** Встановлено, що діапазон концентрацій концентрату ядра соняшника  $5\pm 1$  %, рослинних жирів  $30\pm 3$  % та желатину  $3\pm 1$  % в продукті є раціональним і дозволяє регулювати консистенцію готового продукту в потрібних межах для продукту структурованого і найкраще узгоджується з характеристиками аналогу — сиру Фета.

Структуру продукту структурованого згідно класифікації Ребіндера можна віднести до коагуляційної, в якій взаємодія між елементами відбувається через тонкий шар дисперсійного середовища і обумовлена силами Ван-дер-Ваальса.

### **ЛІТЕРАТУРА**

1. Реология пищевых продуктов [Текст] : Лабораторный практикум / С. Г. Машин [и др.]. — СПб. : ГИОРД, 2006. — 176 с.
2. Натуральные сыры с использованием сырья немолочного происхождения [Текст] / Н. Ф. Горелова [и др.] // Сыроделие. — №1. — 1999. — С. 12.
3. Васильев, Д. С. Подсолнечник [Текст] / Д. С. Васильев. — М.: Агропромиздат, 1990. — С. 7.
4. МакКена, Б. М. Структура и текстура пищевых продуктов. Продукты эмульсионной природы [Текст] / Б. М. МакКена ; перевод с англ. под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базариновой. — СПб. : Профессия, 2008. — 480 с.
5. Крусъ Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов. — М.: Колос 2000, 368 с.

*Надійшла до редколегії 27.10.2010 р.*