

9. Шидловская, В. П. Органолептические свойства молока и молочных продуктов [Текст] / В. П. Шидловская. – М. : КолосС, 2004. – 360 с.

10. ДСТУ 4554:2006 Сир кисломолочний. Технічні умови [Текст]. – введ. 2007.07.01. – Київ. : Відділ редагування нормативних документів ДП «УкрНДНЦ», 2007. – 10 с.

11. Мачихин, Ю. А. Реометрия пищевого сырья и продуктов [Текст] / Ю. А. Мачихин. – М. : Агропромиздат, 1990. – 271 с.

12. Перцевой, Ф. В. Дослідження впливу фізико-хімічних показників білково-жирової емульсії на основі ядра соняшникового насіння на її граничне напруження зсуву [Текст] / Ф. В. Перцевой, Д. О. Бідюк, Б. Гарнцарек // Новітні технології оздоровчих продуктів харчування XXI століття. – Х. : ХДУХТ. – 2010. – С. 25–26.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

© Ф.В. Перцевой, Д.О. Бідюк, 2010.

УДК 637.358.073:539.376

М.Б. Колеснікова, канд. техн. наук, доц. (ХДУХТ, Харків)

М.Ф. Перцевий, асп. (ХДУХТ, Харків)

П.В. Гурський, канд. техн. наук, доц. (ХНТУСГ, Харків)

ДОСЛІДЖЕННЯ СТРУКТУРНО-МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПРОДУКТУ СТРУКТУРОВАНОГО

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

Исследовано влияние компонентного состава на структурно-механические свойства продукта структурированного на основе творога. Установлена зависимость условных модулей упругости и высокоэластического модуля от вида и содержания рецептурных компонентов.

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.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Нові харчові продукти, виготовлені на основі молочного білка, займають все більшу частку на продуктовому ринку і в раціоні харчування широких верств населення. Вони містять необхідні незамінні амінокислоти, мають гарні поживні властивості, які можна регулювати в широкому

діапазоні. До такого типу продуктів можна віднести й продукт структурований на основі сиру кисломолочного нежирного.

Структурно-механічні властивості реальних тіл, дисперсних і високомолекулярних систем безпосередньо пов'язані з молекулярними взаємодіями в цих тілах, особливостями будови і теплового руху їх структурних елементів – міцел, субміцел і макромолекул, із 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, пружно-пластично-в'язкісні властивості та ступінь міцності систем визначають характер деформаційних процесів і процесів руйнування в цих системах.

Розробка нової технології продукту структурованого потребує глибоких досліджень структурно-механічних властивостей сировини [1], напівфабрикатів і готових продуктів, необхідних для правильного ведення технологічних процесів, їх механізації та автоматизації. Від цих властивостей більшою мірою залежить проходження різноманітних процесів: теплових, механічних, дифузійних, які обумовлюють смакові якості та засвоюваність готового продукту [2-4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Аналіз літературних джерел вітчизняних і зарубіжних вчених показав, що застосування сиру кисломолочного нежирного та концентрату ядра насіння соняшнику в складі функціональних харчових продуктів є актуальним з огляду на проблему забезпечення технологічних виробництв повноцінною білковою сировиною. Також ученими й фахівцями в галузі технологій комбінованих продуктів харчування проводяться дослідження з розвитку наукового напрямку, пов'язаного зі створенням технологій харчування із сировини рослинного і тваринного походження. Наприклад, відомі технології молочних продуктів із додаванням листостеблової маси трав, плодових, ягідних, овочевих, рибних напівфабрикатів, рослинного білка і жиру, харчових волокон, водоростей, кальцію, ячної шкаралупи і білка та інших речовин у нативному та обробленому вигляді [2; 3].

Особливої уваги під час створення нових продуктів заслуговує використання зернової сировини, а одним з основних завдань є забезпечення стабільності їх структури [4].

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

Мета та завдання статті. Мета даної статті – розкриття

смыслу:

– дослідження структурно-механічних властивостей продукту структурованого з різним вмістом желатину, жирової компоненти та концентрату ядра насіння соняшнику для встановлення діапазону концентрацій компонентів у рецептурі;

– визначення умовно-миттєвого модуля пружності та високоеластичного модуля продукту структурованого за діапазоном концентрацій основних компонентів;

– установа кінетики еластичності, пластичності та пружності готового продукту в діапазоні концентрації основних компонентів у рецептурі продукту структурованого.

Виклад основного матеріалу дослідження. Структурно-механічні властивості (відносні: деформацію, пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою ваг Карагіна [4; 5] шляхом вивчення деформації стискування продукту структурованого, розташованого між столиком та пуансоном. Метод вимірювання засновано на визначенні деформації, віднесеної до товщини зразка при постійному напруженні. Зазвичай мірою процесу є не деформація, а піддатливість, тобто деформація, віднесена до постійної діючої напруги. Піддатливість в умовах лінійного поводження є константою і не залежить від напруги. Експериментальні дані виражали у вигляді кривих повзучості (рис. 1-3) 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 концентрації концентрату ядер соняшнику (2,5; 5; 7,5%), желатину (1; 3; 5%); олії рафінованої дезодорованої (0; 15; 30%) та рослинного жиру (0; 15; 30%) [4].

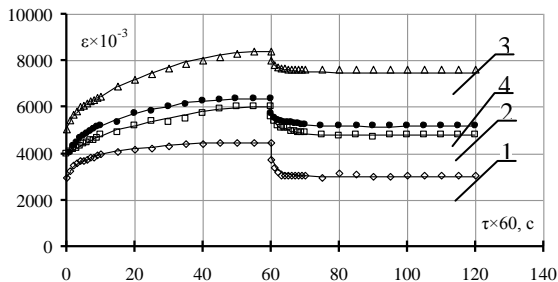


Рисунок 1 – Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації желатину: 1 – 1%; 2 – 3%; 3 – 5%; 4 – контроль (сир «Фета»)

Таблиця 1 – Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту желатину

Позначення	Показник	Концентрація желатину, %		
		1	3	5
$\epsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	7192	4688	4304
$\epsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	1248	1344	192
$\epsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	8440	6032	4496
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Піддатливість, Па^{-1} , 10^{-4}	6,76	4,83	3,60
$E_{пр.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	250,21	312,26	415,24
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	567,8	1815,5	963,8
η^*_{0}	Пластична в'язкість, $\text{Па}\times\text{с}$	3603023	3345664	2341965
K	Відношення деформації зворотної до загальної	0,85	0,78	0,96
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па}\times\text{с}$	267653,	936786,	374714,

Експеримент проводили таким чином. Зразок продукту структурованого розміщували між пуансоном і столиком, а після охолодження і формування у вигляді циліндрика залишали для тиксотропного відновлення структури на $(15...20)\times 60$ с. Потім підбирали фіксоване значення вантажу, який має створювати однакове напруження стискування для всіх досліджуваних зразків. Крім того, також важливо під час проведення досліджень забезпечувати однакову температуру та висоту зразків [1; 4; 5].

Перше миттєве значення абсолютної деформації одержували за допомогою мікроскопа, як тільки навантаження починало діяти на зразок. Після цього з періодичністю 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.

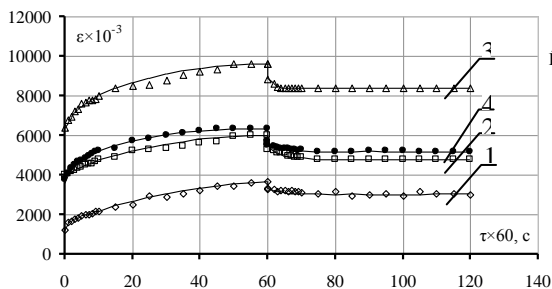


Рисунок 2 – Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації концентрату ядра насіння соняшнику: 1 – 2,5%; 2 – 5%; 3 – 7,5%; 4– контроль (сир «Фета»)

Таблиця 2 – Характеристика залежності показників продукту структурованого від вмісту концентрату ядра насіння соняшнику

Позначення	Показник	Вміст концентрату ядра насіння соняшнику, %		
		2,5	5	7,5
$\varepsilon_{зв.}$	Зворотна деформація, 10^{-3}	8432	4688	2160
$\varepsilon_{нез.}$	Незворотна деформація, 10^{-3}	1248	1344	1536
$\varepsilon_{заг.}$	Загальна деформація, 10^{-3}	9680	6032	3696
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Піддатливість, Па^{-1} , 10^{-4}	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
η^*_0	Пластична в'язкість, $\text{Па}\times\text{с}$	3,60	3,35	2,93
K	Відношення деформації зворотної до загальної	0,87	0,78	0,58
$\eta_{пр}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па}\times\text{с}$	3,23	9,37	5,20

Дослідження залежності структурно-механічних показників продукту структурованого від концентрації основних рецептурних компонентів проводилися таким чином: змінювали концентрацію одного компонента при фіксованому значенні інших. Рациональними значеннями було прийнято: концентрат ядра насіння соняшнику – 5%; желатин – 3%; олія – 15% та жир рослинний – 15%.

За результатами дослідження впливу концентрації основних рецептурних компонентів на кінетику деформації реологічні характеристики продукту структурованого наведено в табл. 1–3.

Як видно з кривих повзучості продуктів структурованих (рис 1–3), найбільш текучими є зразки з вмістом концентрату ядра насіння соняшнику 2,5%, із загальною деформацією 9680×10^{-3} ; із вмістом желатину 1%, із загальною деформацією 8440×10^{-3} , та з вмістом олії 30%, із загальною деформацією 8496×10^{-3} .

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

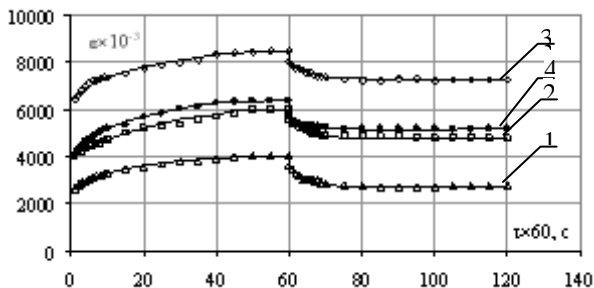


Рисунок 3 – Залежність деформації навантаження та релаксації продукту структурованого від концентрації жирової компоненти:

**1 – олія, 30%; 2 – олія:жир рослинний – 1:1, 30%;
3 – жир рослинний, 30%; 4 – контроль (сир «Фета»)**

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

Таблиця 3 – Характеристика залежності показників модельної системи продукту структурованого від вмісту олії та рослинного жиру

Позначення	Показник	Олія, 30%	Олія+жир рослинний, 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
σ	Напруження, Па	1249	1249	1249
I	Піддатливість, $\text{Па}^{-1}, 10^{-4}$	0,0068	0,0048	0,0032
$E_{мп.}$	Умовно миттєвий модуль пружності, Па	222,4	312,2	494,1
$E_{ел.}$	Вискоеластичний модуль (Па)	520,4	1815,5	1219,8
η^*_0	Пластична в'язкість, $\text{Па}\times\text{с}$	9367860	3345664	9367860
K	Відношення деформації зворотної до загальної	0,94	0,78	0,88
$\eta_{мп.}$	В'язкість пружної післядії, $\text{Па}\times\text{с}$	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 каркаса структуроутворювача і переходу скибкової структури в крихку, тверду. Збільшення вмісту концентрату ядра насіння соняшнику понад 7,5% та вмісту рослинного жиру понад 15% спричиняє різке підвищення модуля пружності, що призводить до утворення твердої структури. Збільшення вмісту олії в рецептурі понад 15% спричиняє зниження модуля пружності, що призводить до в'язкої структури, можливо, внаслідок зниження міжмолекулярних зв'язків білка з олією через гідрофільно-гідрофобну взаємодію; зростання його емульгуючої здатності через зменшення вільної вологи в рецептурі; зменшення концентрації желатину понад 1% спричиняє суттєве зменшення модуля пружності та призводить до збільшення текучості структури, можливо, внаслідок послаблення просторового каркаса структуроутворювача й руйнування скибкової структури. Зменшення вмісту олії понад 15% спричиняє збільшення модуля пружності та призводить до ущільнення структури, можливо, внаслідок посилення зв'язків вологи з білком через її нестачу в системі.

Висновки. Установлено, що діапазон концентрацій концентрату ядра насіння соняшнику $5\pm 2\%$, рослинних жирів $30\pm 5\%$ та желатину $3\pm 2\%$ (рис. 1-3) в продукті є раціональним і дозволяє регулювати консистенцію готового продукту в потрібних межах для продуктів структурованих і найкраще узгоджується з характеристиками аналогу – сиру «Фета».

Список літератури

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. – 1999. – № 1. – 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 ; пер. с англ. под науч. ред. канд. техн. наук, доц. Ю. Г. Базариновой. – СПб. : Профессия, 2008. – 480 с.
5. Крусь, Г. Н. Методы исследования молока и молочных продуктов [Текст] / Г. Н. Крусь, А. М. Шалыгина, З. В. Волокитина. – М. : Колос, 2000. – 368 с.

Отримано 1.10.2010. ХДУХТ, Харків.

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