

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАСТИ ЗАКУСОЧНОЇ

Гурський П.В., к.т.н., проф.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)

Перцевий Ф.В., д.т.н., проф., Бідюк Д.О., к.т.н., доц.

(Сумській національний аграрний університет)

За допомогою еластопластометра Толстого Д.М. досліджено реологічні характеристики пасти закусочної на основі сиру кисломолочного нежирного та їх залежність від вмісту сиру кисломолочного в рецептурі. Встановлена залежність еластичності, пластичності та пружності готового продукту від вмісту сиру кисломолочного нежирного.

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.

Розробка нової технології сирної пасти закусочної [1] 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 засвоюваність готового продукту [2;3;4].

### Завданням експерименту було:

1) дослідження структурно-механічних властивостей сирної пасти з різним вмістом сиру кисломолочного знежиреного, для встановлення діапазону концентрацій основного білкового компоненту в рецептурі;

2) визначення умовно-миттєвого модуля пружності та високоеластичного модуля сирної пасти по діапазону концентрацій сиру кисломолочного знежиреного;

3) встановлення кінетики еластичності, пластичності та пружності готового продукту в діапазоні концентрації кисломолочного сиру

знежиреного в рецептурі пасти;

4) визначення періоду релаксації та раціональної концентрації сиру знежиреного в рецептурі для забезпечення пастоподібної текстури.

Структурно-механічні властивості (відносні: деформацію, пружність, пластичність, еластичність) визначали за допомогою еластопластометра Толстого Д.М [5, 6]. шляхом вивчення деформації зсуву сирної пасти, розташованої між пластинами, одна з яких нерухома металева, інша рухома з органічного скла. На внутрішній поверхні пластини мають рифлення для кращого їх зчеплення з продуктом і усунення прослизання. Метод вимірювання заснований на визначенні деформації зсуву, 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) будуючи залежність відносної деформації від часу дії напруження  $\gamma = f(\tau)$  [4].

Експеримент проводили наступним чином. Зразок пасти розміщували між пластинами–вкладишами, а після формування і охолодження виймали та залишали для тиксотропного відновлення структури на 15...20 хв. Потім підбирали фіксоване значення вантажу, який повинен створювати однакоє напруження зсуву для всіх досліджуваних зразків. Крім того також важливо, при проведенні досліджень, забезпечувати однакою температуру та висоту зразків [5;6].

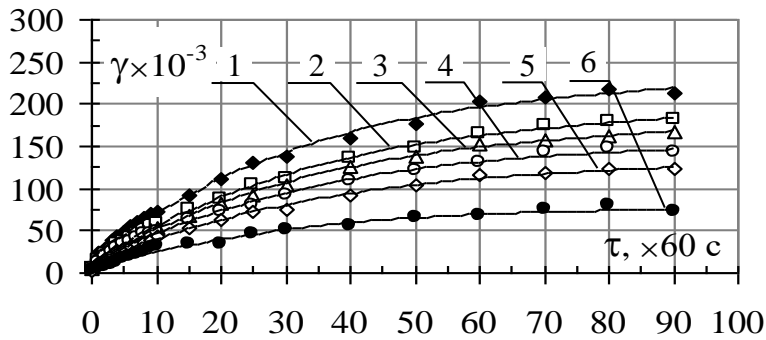


Рис. 1. Кінетика повзучості пасти закусочної протягом зберігання, днів: 1 – 1; 2 – 7; 3 -14; 4-21; 5-28; 6-35

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

Аналіз кривих повзучості (рис.1) показав, що при напруженні зсуву  $32,7 \pm 1,5$  Па після 50...60 хвилин навантаження загальна деформація для всіх досліджуваних зразків з різним вмістом сиру кисломолочного залишається незмінною, тобто при подальшій тривалості навантаження виникає повзучість

сирної пасти.

Це свідчить про те, що зсувальне навантаження на верхню пластину було підібране правильно [6].

Як видно з кривих повзучості сирної пасти, найбільш текучим є зразок з вмістом сиру кисломолочного  $25 \pm 2\%$  із загальною деформацією  $780,0 \times 10^{-3}$ , найбільш стійким до зсувального напруження є зразок з вмістом сиру кисломолочного  $50 \pm 2\%$  із загальною деформацією  $158,0 \times 10^{-3}$  (табл.1), що узгоджується з органолептичними показниками продукту. Встановлено, що діапазон концентрацій сиру кисломолочного 30...40% в сирній пасти є найбільш раціональним і забезпечує необхідну текстуру готового продукту (рис.1).

Таблиця 1

**Залежність загальної деформації сирної пасти від вмісту сиру кисломолочного в рецептурі**

Вміст сиру кисломолочного в рецептурі пасти, %	Загальна деформація, $\gamma_{заг}$ .
25	$780,0 \times 10^{-3}$
30	$636,0 \times 10^{-3}$
40	$369,0 \times 10^{-3}$
50	$158,0 \times 10^{-3}$

За результатами досліджень кінетики деформації сирної пасти закусочної обчислювали наступні реологічні характеристики: умовно-миттєвий модуль пружної деформації, модуль еластичності (рис.2); еластичність, пластичність, пружність (рис.3); тривалість релаксації (рис.4).

З аналізу графіка залежності модулів (рис.2) видно, що в діапазоні концентрацій сиру кисломолочного 20...30% умовно миттєвий модуль пружності зростає на  $17,2 \pm 0,5\%$ , в діапазоні 30...40% – на  $33,2 \pm 0,5\%$ , а діапазоні 40...50% – на

$40,8 \pm 0,5\%$ . Збільшення вмісту сиру в рецептурі пасти понад 40% спричиняє різке зростання модуля пружності, що призводить до ущільнення текстури продукту можливо в наслідок посилення міжмолекулярної дії молочного білка і переходу пастоподібної структури в скибкову.

Вплив концентрації сиру кисломолочного в рецептурі пасти в цілому не суттєво впливає на величину високоеластичного модуля, який зростає повільно і тільки в діапазоні 40...50% має значне збільшення (табл.2).

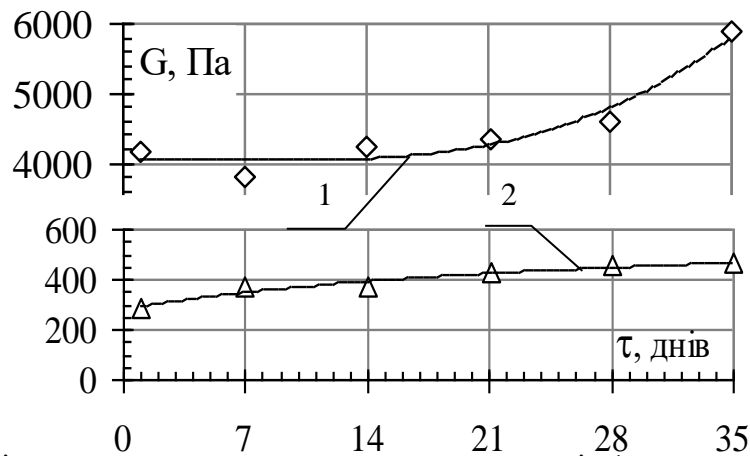


Рис. 2. Залежність умовно миттєвого модуля пружності -1 та високоеластичного модуля -2 пасти закусочної від тривалості зберігання

Таблиця 2

**Вплив сиру кисломолочного в рецептурі сирної пасти на умовно миттєвий модуль пружності та високоеластичний модуль**

Вміст сиру кисломолочного в рецептурі пасти, %	Умовно миттєвий модуль пружності, $G_{np}$ (Па)	Високоеластичний модуль $G_{el}$ (Па)
20	2450,00	46,00
25	2600,00	76,00
30	2960,50	102,10
40	4430,50	234,00
50	7840,00	643,22

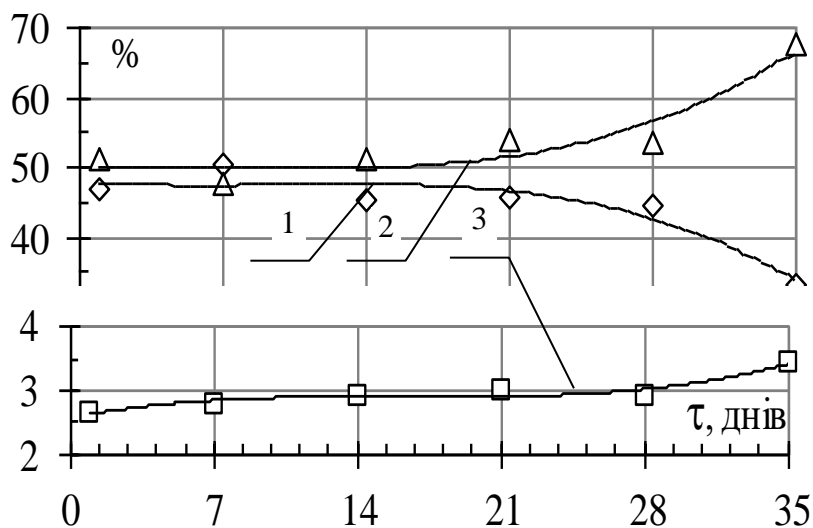


Рис. 3. Залежність відносних: пластичності - 1 еластичності - 2 та пружності - 3 пасти закусочної від тривалості зберігання

Результати розрахунків відносної пластичності, еластичності та пружності готового продукту підтверджують, що концентрація сиру кисломолочного в діапазоні 30...40% забезпечує пластичні властивості сирної пасти. Як видно з графіка (рис.3) криві пластичності та еластичності в даному

діапазоні мають найменшу розбіжність –  $4,7 \pm 0,8\%$ .

Збільшення сиру кисломолочного в рецептурі сирної пасти понад 40% призводить до підвищення пластичності на  $21,4 \pm 1,2\%$  (табл.3), до значного зростання пружності на  $63,4 \pm 1,2\%$  та до суттєвого зниження

еластичності на  $34,6 \pm 1,2\%$ . Таке зниження еластичності та зростання пружності призведе

до крихкості текстури продукту.

Таблиця 3

**Вплив концентрацій сиру кисломолочного в рецептурі пасти на відносну пластичність, еластичність, пружність**

Показники	Вміст сиру кисломолочного в рецептурі пасти, %			
	25	30	40	50
Відносна пружність, %	1,03	1,30	1,65	4,51
Відносна пластичність, %	47,55	48,82	51,24	65,21
Відносна еластичність, %	52,12	51,68	49,21	32,18

Вивчення релаксації напруг (рис.3) не тільки дозволяє порівнювати зразки між собою, але і має важливе практичне значення. У процесі релаксації напруг знижуються пружні і підвищуються пластичні властивості структури [7].

Період релаксації характеризує швидкість процесу, тобто переходу системи з нерівноважного термодинамічного стану, викликаного зовнішніми впливами, у стан термодинамічної рівноваги [5;6]. За цей час напруга убуває майже в 2 рази (табл.4).

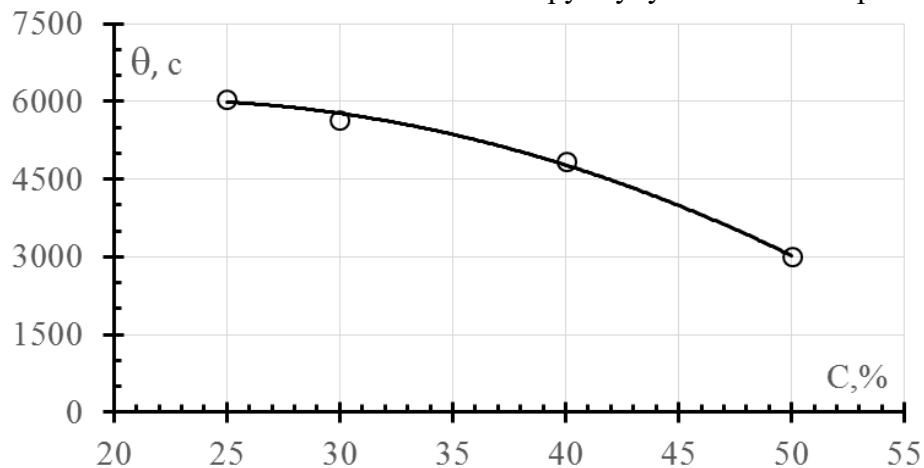


Рис. 4 Залежність часу релаксації напруг пасти закусочної від вмісту сиру кисломолочного

Якщо релаксація напруг у матеріалі завершена, то внутрішні напруження в ньому будуть мінімальними. Це сприятливо

позначається на пластичних властивостях сирної пасти.

Таблиця 4

**Залежність часу релаксації напруг сирної пасти від вмісту сиру кисломолочного в рецептурі**

Вміст сиру кисломолочного в рецептурі пасти, %	Час релаксації пасти, c
25	6110,0
30	5890,0
40	5271,8
50	2875,9

В діапазоні концентрацій сиру кисломолочного 30...40% в рецептурі час релаксації сирної пасти зменшується на  $10,5 \pm 1\%$ , а понад 40% на  $45,4 \pm 1\%$ , що свідчить про зростання пружних властивостей і зменшення еластичних, а значить негативно впливає на процес вимішування готового продукту та його фасування [7].

**Висновки.**

Дослідженням реологічних показників розробленого нового продукту–пасти закусочної по кривих повзучості було встановлено, що діапазон вмісту сиру кисломолочного 30...40% в рецептурі є раціональним для забезпечення пастоподібної структури.

Концентрація сиру кисломолочного менше 30% в рецептурі сприяє різкому зменшенню еластичності до  $46,0 \pm 4$  Па, і підвищеній текучості закусочної пасти.

Вміст сиру кисломолочного понад 40% в рецептурі спричиняє зростання модуля пружності на  $40,8 \pm 0,5\%$ , що свідчить про посилення зв'язків білкових молекул і, як наслідок, перехід пастоподібної структури продукту в скибкову.

Збільшення концентрації сиру

кисломолочного в пасти викликає значне зростання пружності на  $63,4 \pm 1,2\%$  та суттєве зниження еластичності на  $34,6 \pm 1,2\%$ , що призводить до крихкості текстури продукту [5].

Кінетика часу релаксації пасти закусочної підтверджує, що діапазон концентрацій 30...40% сиру кисломолочного в рецептурі забезпечує необхідні пластичні властивості продукту.

#### Література

1. Патент 71798 А Україна, МКП А23С19/08. Спосіб отримання пастоподібного плавленого сиру емульсійного типу /Гурський П.В., Перцевий Ф.В., Гринченко О.О., Савгіра Ю.О., Машкін М.І., Полевич В.В., Париш Н.М. Заявл. 26.12.03; Опубл. 15.12.04; Бул.№12.
2. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник /Под ред. Ю.А.Мачихина. – М.: Агропромиздат. – 1990.– 271 с.
3. Крусь Г.Н., Шалыгина А.М., Волокитина З.В. Методы исследования молока и молочных продуктов.–М.: Колос 2000, 368 с.

1. No. 71798 A UKRAINE, INC A23S19 / 08. Sposib otrimannya pastopodibnogo fused Ser emulsiynogo type [Method cheese pasty emulsion type] / Gursky P.V., F.V.Pertseva, Grinchenko O.O., Savgira J.O., Mashkin M.I., Polevich V.V., Parish N.M. Stated. 26.12.03; Publ. 15.12.04; Byul.№12. [in Ukrainian].
2. Reometryya pyschevoho of products and raw materials [Rheometry food raw materials and products]: Reference / Ed. Y.Machikhina. - M.: Agropromizdat. - 1990.- 271 p. [in Russian].
3. G.N.Krus, Shalygina A.M., Volokitina Z.V. Methods studies of milk and milk produktov [Methods of research of milk and milk produktov]. M.: Kolos 2000, 368 p. [in Russian].
4. Nikolaev B.A. Changing the structural and mechanical properties pyschevyyh produktov [Changing the structural and

4. Николаев Б.А. Изменение структурно-механических свойств пищевых продуктов.– М.: Экономика. 1964, 223 с.
5. Горбатов А.В. Структурно-механические характеристики пищевых продуктов /Справочник/ – М.: Легкая и пищевая промышленность, 1982, 286 с.
6. Горбатов А.В. Реология мясных и молочных продуктов.– М.: Пищевая промышленность 1979, 383 с.
7. Какимов А.К., Какимова Ж.Х., Гаврилова Н.Б. Исследование релаксационных характеристик плавленых сыров // Сыроделие и маслоделие №2 2004, с. 38–40.

#### References

- mechanical properties of food produktov].- M.: Economics. 1964, 223 p. [in Russian].
5. A.V.Gorbatov Structural and mehanicheskye pyschevyyh characteristics of products [Structural and mechanical characteristics of the food] / Directory / - M.: Light and Food Industry, 1982, 286 p. [in Russian].
6. Gorbatov A.V. Myasnyh and rheology of milk produktov [Rheology of meat and dairy produktov]. M.: Food Industry 1979, 383 p. [in Russian].
7. How A.K., Kakimova J.H., Gavriloa N.B. Study relaksatsyonnyh characteristics plavlennyh syrov [Research relaxation characteristics of processed cheese and butter manufacturing] // Cheesemaking №2 2004, p. 38-40. [in Russian].

#### Анотация

### ИССЛЕДОВАНИЕ РЕОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПАСТЫ ЗАКУСОЧНОЙ Гурський П.В., Перечный Ф.В., Бидюк Д.А.

С помощью елатопластометра Толстого Д.М. исследованы реологические характеристики пасты закусочной на основе творага нежирного и их зависимость от содержания творага в рецептуре. Установлена зависимость эластичности, пластичности и упругости готового продукта от содержания творага нежирного.

#### Abstract

### RESEARCH RHEOLOGICAL CHARACTERISTICS PASTES DINER

Gursky P.V., Pepper F.V., Bidyuk D.O.

With the help of the device Tolstoi D.M. The rheological characteristics of the paste diner based on low-fat cottage cheese, and their dependence on the content of cottage cheese in recipes. The dependence of the elasticity of the finished product plasticity and elasticity of the content of low-fat cottage cheese.

