

**Г.Є. Поліщук, В.В. Мартич, О.В. Грабовська, Є.І. Ковалевська**

Національний університет харчових технологій, Київ

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ОКРЕМИХ РЕОЛОГІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК ГІДРАТОВАНИХ ЗАРОДКІВ ПШЕНИЦІ ЯК СТАБІЛІЗАТОРІВ СТРУКТУРИ МОРОЗИВА**



*Досліджено основні реологічні характеристики суспензій зародків пшениці для формування і стабілізації структури морозива з комбінованим складом сировини. Доведено технологічну ефективність застосованого зернового компонента порівняно з пшеничним борошном як класичним стабілізатором рослинного походження.*

*Ключові слова:* реологічні характеристики, структуроутворення, зародки пшениці, морозиво.

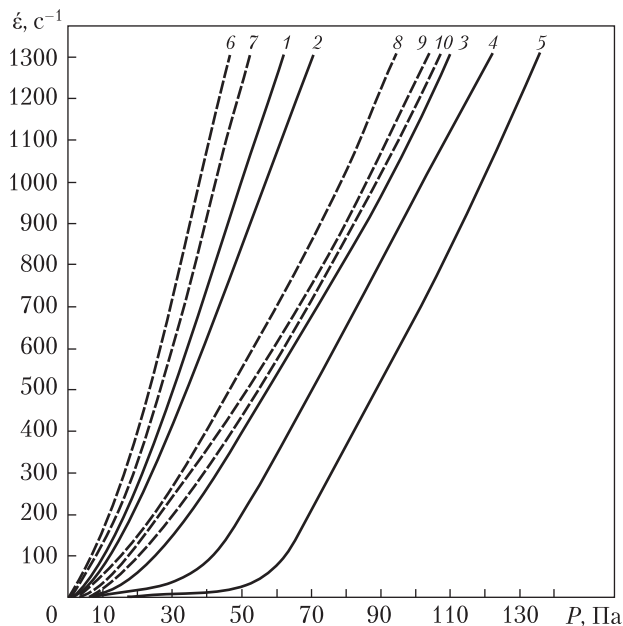
### **ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ**

За оцінкою експертів ринку збуту молочної продукції та статистичних даних останні роки для виробників морозива в Україні були досить складними внаслідок світової економічної кризи на фоні значного підвищення цін на молочну сировину, зниження платоспроможності населення, а також зменшення обсягів постачання молока на підприємства.

Незважаючи на вказані проблеми, виробництво морозива є досить рентабельним у харчовій промисловості. На сьогоднішній день український ринок морозива, на якому домінує вітчизняний виробник з обсягами постачання до 96–98 %, характеризується позитивною динамікою розвитку: відмічається зростання попиту на продукцію, що є основним стимулом розширення асортименту морозива вітчизняними виробниками. Так, у 2000 р. споживання морозива на душу населення України в середньому складало близько 2 кг, а в 2010 році — досягло 2,5 кг. В умовах жорсткої конкуренції

виробники морозива постійно працюють над розширенням асортименту продукції та вдосконаленням технологій у напрямку розробки нових рецептур морозива або вдосконалення існуючих.

Одним із найважливіших та обов'язкових рецептурних інгредієнтів при виробництві морозива є стабілізатори або стабілізаційні системи, які не лише формують та стабілізують структуру сумішей та морозива, а й впливають на тривалість технологічного процесу [1]. В Україні такі харчові добавки не виготовляють, тому підприємства-виробники морозива закуповують стабілізатори та стабілізаційні системи за кордоном, що суттєво позначається на вартості готового продукту. Звідси постає проблема пошуку шляхів часткової або повної заміни стабілізаторів на природні структуроутворювачі у складі рослинної вуглеводо- та білкововмісної сировини вітчизняного походження [2]. Перспективним напрямком у вирішенні даної проблеми є дослідження технологічних властивостей окремих груп зернових культур та продуктів їх переробки для збагачення та стабілізації структури морозива.



**Рис. 1.** Реологічні криві плинності модельних систем з різною температурою  $t_{\text{тепл. обробки}}$  (°C). Для водних суспензій зародків пшениці: 1 – 20; 2 – 40; 3 – 60; 4 – 80; 5 – 100. Для водних суспензій борошна пшеничного (контроль): 6 – 20; 7 – 40; 8 – 60; 9 – 80; 10 – 100

Раніше нами було досліджено ряд технологічних властивостей (набухливість, гідрофільність, вологозв'язувальна здатність, реологічні характеристики) модельних систем на основі гідратованих зернових інгредієнтів та обрали з них найбільш ефективний – зародки пшениці [3]. Одержані результати дали змогу зробити припущення щодо можливості повної або часткової заміни високоочищених стабілізаторів на зародки пшениці у виробництві морозива, що потребує додаткових наукових досліджень.

Формування та стабілізація морозива значною мірою обумовлені в'язкістю багатокомпонентних сумішей перед фрезеруванням. На реологічні характеристики сумішей, у свою чергу, впливають: хімічний склад, гідрофільні властивості високомолекулярних сполук, зміна їх фізичних характеристик у виробничому циклі оброблення та ін. [4]. З підвищенням в'язкості сумішей опір до танення та збитості морозива

збільшуються, але до певної міри структуроутворення. Одним із найвпливовіших чинників, який обумовлює в'язкість сумішей, є вид та властивості стабілізатора, функції якого полягають у зв'язуванні вільної вологи та утворенні просторової структури, опорі до зростання кристалів льоду та швидкого танення [5].

Отже, при розробленні технології нових видів морозива з використанням сировини, що може виявляти стабілізаційну здатність, необхідно вивчити у першу чергу фізико-хімічні властивості модельних систем, що стануть основою для розроблення складу сумішей для морозива із зерновим компонентом.

Наразі нами переслідувалась мета обґрунтувати доцільність застосування зародків пшениці у складі морозива на молочній основі та удосконалити технологічні режими його виробництва, встановивши раціональні режими попереднього теплового оброблення водних суспензій зародків пшениці для максимального структурування морозива. Як зерновий компонент нового виду було обрано зародок пшениці харчовий відповідно до ТУ У 45.22.014-95, а як традиційний стабілізатор для виготовлення контрольних зразків було застосовано борошно пшеничне вищого гатунку відповідно до ДСТУ 46.004-99. Дослідження реологічних характеристик модельних систем було проведено на віскозиметрі «REOTEST II» в системі співвісних циліндрів ( $S/S_1$ ) за температури 20 °C та градієнта швидкості в діапазоні  $3 \div 1312 \text{ c}^{-1}$  [6].

#### ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ МОРОЗИВА НА МОЛОЧНІЙ ОСНОВІ ІЗ ЗАРОДКАМИ ПШЕНИЦІ: ПОСТАНОВКА ТА РЕЗУЛЬТАТ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Попередньо авторами було виявлено високі функціонально-технологічні показники зародків пшениці порівняно з борошном пшеничним вищого гатунку, борошном з пророщеної пшениці та борошном з пророщеного жита. Тому актуальним стало вивчення реологічних характеристик модельних систем, що містять зародки пшениці. Як контрольний зразок засто-

сували гідратоване борошно пшеничне, порівняно з суспензіями із гідратованим борошном пшеничним, традиційно використовуваним як стабілізатор при виробництві морозива.

У першу чергу нами було з'ясовано вплив пастеризації на характер структурування модельних систем при різних температурних режимах. Для цього готували досліджувані зразки *вода/зародки пшениці* та *вода/борошно пшеничне* з однаковим вмістом зернового інгредієнта: 2 г сухої наважки змішували з водою в об'ємі 98 см<sup>3</sup> за температури 20 °С при постійному перемішуванні протягом 30 хв, після чого зразки піддавали температурному обробленню при 20; 40; 60; 80 та 100 °С протягом 3 хв з подальшим охолодженням до 20 °С і проводили реологічні вимірювання.

Реологічні криві плинності та в'язкості модельних систем наведено на рис. 1 та рис. 2.

Результати розрахунку основних реологічних характеристик досліджуваних систем з вмістом зернового компонента 2 % наведено у табл. 1.

За характером реологічних кривих плинності (рис. 1) можна стверджувати, що структуру досліджуваних систем можна віднести до коагуляційного типу ( $P_{к1} > 0$ ).

Зразки № 1, 2 (зародки) та № 6, 7 (борошно) характеризуються найменш розвиненою струк-

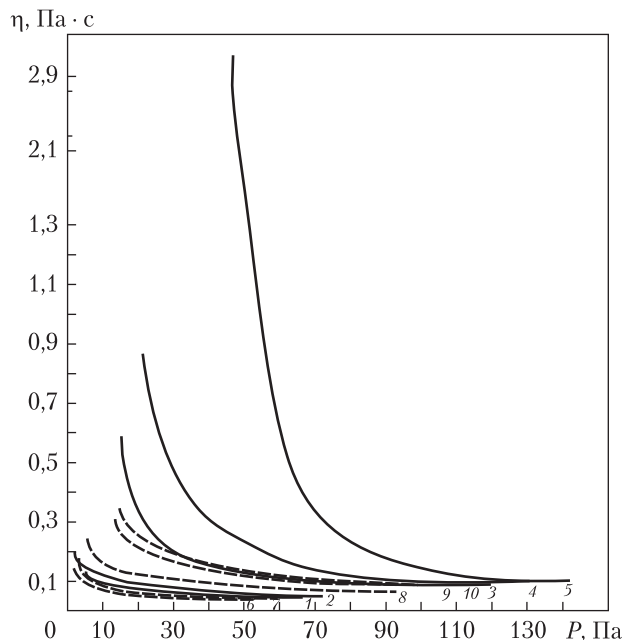


Рис. 2. Реологічні криві в'язкості модельних систем з різною  $t_{\text{тепл.обробки}}$

турою при досягненні сталого значення практично зруйнованої надмолекулярної структури ( $\eta_m = 0,04-0,05 \text{ Па} \cdot \text{с}$ ). Ефективніше структурування відбувалося у зразках 8, 9, 10 з пшеничним борошном у температурному діапазоні оброблення 60÷100 °С. Найбільше структуруван-

Таблиця 1

Основні реологічні характеристики гідратованих зернових компонентів

№ зразка	Система	$t_{\text{пастер.}}, \text{ } ^\circ\text{C}$	В'язкість, Па · с			Міцність, Па			$P_{к1}/P_{к2}$	$P_m/P_{к1}$
			$\eta_0$	$\eta_m$	$\eta_0 - \eta_m$	$P_{к1}$	$P_{к2}$	$P_m$		
1	Суспензія зародків пшениці з різною $t_{\text{тепл.обробки}}$	20	0,119	0,044	0,075	1,50	7,00	13,33	0,214	8,89
2		40	0,179	0,051	0,128	2,00	8,33	15,33	0,240	7,665
3		60	0,536	0,084	0,452	5,00	19,50	30,50	0,256	6,100
4		80	0,858	0,093	0,765	11,50	44,23	41,00	0,260	3,565
5		100	2,859	0,102	2,757	22,12	59,00	69,00	0,375	3,115
6	Суспензія борошна пшеничного з різною $t_{\text{тепл.обробки}}$	20	0,107	0,035	0,072	0,50	3,00	10,50	0,167	21,000
7		40	0,161	0,04	0,121	1,00	5,00	11,50	0,200	11,500
8		60	0,241	0,071	0,170	3,50	16,33	28,50	0,214	8,143
9		80	0,298	0,079	0,219	5,00	23,00	35,00	0,217	7,000
10		100	0,328	0,082	0,246	6,00	25,33	38,00	0,237	6,333

ня сумішей після їх оброблення за температур 60÷100 °С характерне для зразків 3, 4, 5.

З підвищенням температури пастеризації в'язкість зразка 3 у діапазоні граничного напруження зсуву 15÷45 Па змінювалася у межах від 0,536 до 0,15 Па·с, а в діапазоні 45÷110 Па — від 0,15 до 0,084 Па·с. За цих же умов для зразка 4 у діапазоні граничного напруження зсуву 22÷60 Па в'язкість змінювалася у межах значень від 0,858 до 0,2 Па·с, а в діапазоні 60÷130 Па — досягала сталого значення практично зруйнованої надмолекулярної структури —  $\eta_m = 0,093$  Па·с.

Для зразка 5 числове значення гранично зруйнованої структури було найбільшим порівняно з іншими зразками і становило 2,859 Па·с. У діапазоні граничного напруження зсуву 45÷75 Па в'язкість змінювалася більше ніж у 10 разів, що свідчить про надто крихку структуру, а в діапазоні 75÷140 Па — від 0,25 до 0,1 Па·с.

Різниця значень ефективної в'язкості ( $\eta_0 - \eta_m$ ) для менш розвинених структур (зразки 1, 2, 6, 7) становила 0,072÷0,17 Па·с, для більш структурованих (зразки 8, 9, 10) — 0,241÷0,328 Па·с, а для максимально структурованих (зразки 3, 4, 5) — 0,452÷2,757 Па·с. При цьому міцність ( $Pk_1$ ) систем, віднесених до останньої групи, збільшувалася приблизно у 2,5–3 рази при поступовому підвищенні температури пастеризації в діапазоні 60÷100 °С.

Динамічна межа здатності до плинності ( $Pk_2$ ) та міцність структурного каркасу надмолекулярних зв'язків ( $Pm$ ) для суспензій на основі зародків пшениці в діапазоні температур 60÷100 °С з кожним підняттям температури зростала приблизно в 2–3 рази для  $Pk_2$  та у 1,3÷2,3 разів для  $Pm$ . Суспензії борошна пшеничного для аналогічного діапазону температур характеризувалися нижчими значеннями динамічної межі здатності до плинності (16,33÷25,33 Па) та міцності структурного каркасу (28,5÷38 Па).

Міцність структурних зв'язків  $Pk_1/Pk_2$  для суспензій борошна пшеничного практично однакова. Для контрольних зразків 7, 8, 9, 10 вона знаходилася у межах 0,2÷0,237, а для зразка 6 становила 0,167.

Для суспензій на основі зародків пшениці спостерігалася дещо інша картина. При температурі 20 °С міцність структурних зв'язків дорівнювала 0,214; в діапазоні 40÷80 °С вона коливалася у межах 0,24÷0,26, а при 100 °С досягала значення 0,375. Отже, можна стверджувати, що підвищення температури пастеризації призводить до надлишкового зміцнення водних прошарків, які з'єднують просторовий каркас систем. У результаті цього зникає їх пластичність, підвищується механічна міцність, крихкість та пружність. Вказана тенденція може призвести до утворення кристалізаційно-конденсаційної структури, яка є небажаною, оскільки не забезпечує належного формування та стабілізації структури м'якого морозива. Така структура спостерігалася і при температурі нижче 80 °С.

Пояснити отримані результати досліджень можна з урахуванням хімічного складу зародків пшениці. Відомо, що вони містять білків 24–42 %, вуглеводів — 16,5–20 %, ліпідів — 13–24 %, мінеральних речовин — 4,5–6,5 % [7]. Найбільше впливати на процес структуроутворення можуть білки, слизи, крохмаль та фосфоліпіди.

Основна частина вуглеводів зародків пшениці представлена полісахаридами — крохмалем, клітковиною, геміцелюлозами, пентозанами. Водорозчинні пентозани (слизи або гумі) мають підвищену здатність до гідратації та гелеутворення. Близько половини з них — це глікопротеїди, які утворюють в'язкі розчини з подальшим перетворенням в присутності окислювачів у щільний гель. Розчинні пентозани поглинають воду у співвідношенні 1 : 15, нерозчинні — добре набухають у воді, поглинаючи воду, що перевищує їх масу в 10 разів.

Крохмаль містить у своєму складі два полісахариди — лінійну амілозу і розгалужений амілопектин у співвідношенні 1 : 3,5. Тому одним із пояснень підвищення в'язкості може слугувати також і механізм клейстеризації крохмалю, що міститься у зародках пшениці у вигляді крохмальних зерен (гранул), різних за розміром та формою.

За звичайної температури зерна крохмалю нерозчинні у воді (зразки 1 та 6). При підви-

щенні температури водних крохмальних суспензій понад 30 °С відбувається часткове руйнування водневих зв'язків між молекулами в зернах крохмалю, що призводить до зміни структури модельних систем (зразки 2 та 7). Тобто зростає гідратація амілози та амілопектину, що супроводжується збільшенням («набуханням») зерен крохмалю. При подальшому підвищенні температури амілоза частково дифундує з аморфної частини зерна та переходить у розчин, а амілопектин залишається у нерозчинному вигляді. У подальшому зерна крохмалю руйнуються, полісахариди кристалічної частини зерна переходять у розчин і клейстеризуються. Для пшеничного крохмалю клейстеризація починається в середньому при 62,5 °С (зразки 3 та 8). При охолодженні концентрованого клейстеру утворюються драгли. Більші зерна всіх видів крохмалю набухають та клейстеризуються швидше, ніж дрібні. Крохмаль повністю клейстеризується при співвідношенні його і води 1 : 10, що повністю відповідає заданим умовам проведення дослідів.

У зародках пшениці містяться в основному прості білки (протеїни). Білки мають значну гідратаційну здатність за рахунок гідрофільних груп, розміщених на поверхні білкової глобули (-CO-NH-, -NH<sub>2</sub>, -COOH). Вони, на відміну від крохмалю, зв'язують воду осмотично, тобто міцніше. Під час гідратації навколо кожної молекули білка утворюються водні оболонки, що складаються з орієнтованих певним чином у просторі молекул води. Білки зародків пшениці гліадин і глютенін поглинають воду, набухають, злипаються і утворюють пружну, еластичну масу — сиру клейковину; її гідратаційна здатність (кількість води, поглинутої відносно сухої маси білку) складає 170–250 % [8]. У зародках пшениці міститься 1,6 % фосфатидів, в основному лецитин — природний емульгатор. Він є також гідрофільним колоїдом, який набрякає у воді.

Відсутність повної інформації про якісний та кількісний склад зародків пшениці не дає можливості чітко обґрунтувати поведінку ос-

таних як структуроутворювачів сумішей для морозива, що обумовлює необхідність додаткового дослідження хімічного складу обраного зернового інгредієнту.

Отже, можна зробити припущення, що морозиво на молочній основі із зародками пшениці можна одержувати без додаткового внесення стабілізаторів структури або стабілізаційних систем. Остаточний висновок буде зроблено авторами після виробництва партії морозива молочного із зародками пшениці у напівпромислових умовах при проведенні технохімічного контролю показників якості нового виду продукту. При одержанні позитивного технологічного ефекту інноваційну розробку можна буде рекомендувати для широкого впровадження.

## ВИСНОВКИ

1. Суспензії гідратованих зернових компонентів можна віднести до структурованих твердо-подібних тіл коагуляційного типу за значеннями статичної межі до течії  $R_k$ , яка більша нуля.

2. Найбільші структуроутворювальні властивості зародки пшениці проявляють у діапазоні температур 80–100 °С, що свідчить про доцільність прийняття традиційних технологічних режимів пастеризації сумішей при виробництві морозива з комбінованим складом, а саме 85 °С з витримкою 3–5 хв.

3. Аналіз проведених досліджень дає підставу рекомендувати зародки пшениці як природний стабілізатор до застосування у виробництві морозива.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Скорченко Т.А., Осьмак Т.Г. Сухі суміші для морозива оздоровчого та лікувально-профілактичного призначення // Молочное дело. — 2008. — № 4. — С. 11–13.
2. Поліщук Г.Є., Вовкодав Н.І., Рибак О.М., Бреус Н.М. Розроблення математичних моделей для прогнозування реологічних характеристик морозива з нетрадиційними рецептурними компонентами // Молочна промисловість. — 2008. — № 6 (49). — С. 40–43.
3. Зародок пшеничний харчовий: ТУ У 45.22.014:1995, чинний від 1995-05-01.
4. Титова технологічна інструкція з виробництва морозива молочного, вершкового, пломбір; плодово-ягідного,

- ароматичного, шербету, льоду; морозива з комбінованим складом сировини ТТІ 31748658-1-2007 до ДСТУ 4733:2007, 4734:2007, 4735:2007, чинна від 01.01.2008.
5. *Справочник* по производству мороженого / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьева. — М.: ДеЛи принт, 2004. — 798 с.
  6. *Манк В.В.* Колоїдна хімія: Підр. / Л.С. Воловик, Є.І. Ковалевська, В.В. Манк та ін. ред. В.В. Манка. — К.: 1999. — 238 с.
  7. *Родионова Н.С.* Исследование процесса обогащения молочного сырья биологически активными ингредиентами растительного происхождения // Питание и общество. — 2010. — № 7. — С. 4–6.
  8. *Кретович В.Л.* Биохимия зерна и хлеба: монография / В.Л. Кретович. — М.: Наука, 1991. — 133 с.

*Г.Е. Полищук, В.В. Мартич,  
Е.В. Грбовская, Е.И. Ковалевская*

ИССЛЕДОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ РЕОЛОГИЧЕСКИХ  
ХАРАКТЕРИСТИК ГИДРАТИРОВАННЫХ  
ЗАРОДЫШЕЙ ПШЕНИЦЫ КАК  
СТАБИЛИЗАТОРОВ СТРУКТУРЫ МОРОЖЕНОГО

Исследованы основные реологические характеристики суспензий зародышей пшеницы для формирования и

стабилизации структуры мороженого с комбинированным составом сырья. Подтверждена технологическая эффективность применяемого зернового компонента по сравнению с пшеничной мукой как классическим стабилизатором растительного происхождения.

*Ключевые слова:* структурообразование, зародыши пшеницы, реологические характеристики, мороженое.

*G.E. Polischuk, V.V. Martich,  
E.V. Hrabovska, E.I. Kovalevska*

STUDY OF INDIVIDUAL REOLOGICAL  
CHARACTERISTICS OF HYDRATED WHEATGERM  
AS ICE CREAM STRUCTURE STABILIZERS

The basic rheological characteristics of wheat germ suspensions for the formation and stabilization of ice cream structure with a combined raw material composition are studied. Technological effectiveness of the grain component compared with wheat flour as a classical plant stabilizer is proven.

*Keywords:* structure formation, wheat germ, rheological properties, ice cream.

Стаття надійшла до редакції 12.01.12