

## ЛІТЕРАТУРА

1. Вербій В.П. Сучасні методи обробки харчових продуктів.: Навч. посібник. – К.: Київ. нац. торг.-екон. ун-т, 2004. – 134 с.
2. Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв: Лабораторний практикум. – К.: НУХТ, 2009. – 302 с.
3. Пирог Т.П., Решетняк Л.Р., Поводзинський В.М., Грегірчак Н.М. Мікробіологія харчових виробництв/ За ред. Т.П. Пирог. Навчальний посібник. – Вінниця: Нова книга, 2007. – 464 с.
4. Смирнова Т.А., Кострова Е.И. Мікробіологія зерна і продуктів його переробки: Учеб. пособие для вузов. – М.: Агропромиздат, 1989. – 159 с.
5. Афанасьев В.А. Теория и практика специальной обработки зерновых компонентов в технологии комбикормов. – Воронеж: Воронежский государственный университет, 2002. – 296 с.

УДК 637.33

## Дослідження фізико-хімічних властивостей зернових інгредієнтів як структуроутворювачів у виробництві морозива

Поліщук Г.Є., кандидат технічних наук, Мартич В.В., студент, Ковалевська Є.І., кандидат хімічних наук, Янюк Т.І., кандидат технічних наук  
Національний університет харчових технологій, м Київ

*Досліджено набухаємість, гідрофільність, вологозв'язувальну здатність і реологічні характеристики модельних систем на основі гідратованих зернових інгредієнтів. Визначено характер структуроутворення у цих системах порівняно із пшеничним борошном, традиційно використовуваним у виробництві морозива як стабілізатор. Встановлено високу технологічну ефективність зародків пшениці.*

*Исследованы набухаемость, гидрофильность, влагосвязывающая способность и реологические характеристики модельных систем на основе гидратированных зерновых ингредиентов. Определен характер структурообразования в этих системах по сравнению с пшеничной мукой, традиционно используемой в производстве мороженого в качестве стабилизатора. Установлена высокая технологическая эффективность зародышей пшеницы.*

*Nabuhayemist study, wetting, volohozvyazuvalnu ability and rheological characteristics of model systems based on hydrated grain ingredients. The character of structure formation in these systems compared with wheat flour - traditionally used in the production of ice cream as a stabilizer. The high technological efficiency of wheat germ.*

### Постановка проблеми та її зв'язок із найважливішими науковими і практичними завданнями

Відносно новим напрямом у молочній галузі є комбінування сировини. У зв'язку зі світовою кризою, а звідси і зі значним підвищенням цін на молочну сировину, зниженням платоспроможності населення України, а також зі зменшенням обсягів постачання молока на підприємства вітчизняна нормативна база розширюється, в основному за рахунок нових стандартів саме на молоковісні продукти. У зв'язку із цим у галузі з виробництва морозива набув чинності ДСТУ 4735:2007 "Морозиво з комбінованим складом сировини". Нині до 60% морозива виготовляють відповідно до цього стандарту, що доводить актуальність наукових розробок за цим напрямом. Під комбінуванням у молочній промисловості розуміють продукти, до складу яких входять молочна сировина та компоненти немолочного походження – олії та білки [1].

Окрім останніх, як заміники молочних складових до молоковісних продуктів також вносять: сиропи; екстракти з лисяної, трав'яної, кореневої сировини; плодів, ягідні та овочеві напівфабрикати; харчові волокна; водорості; кальцій; яєчну шкаралупу і яєчний білок; лізоцим; вітаміни; напіввітамінні премікси та інші речовини в нативному і обробленому вигляді [2].

Перспективною сировиною для цієї групи продуктів є зерно-ві культури та продукти їхньої переробки, у тому числі зародки та висівки пшениці. Вони багаті на мінеральні речовини (Ca, Mg, P, Fe), вітаміни (токоферолі, тіамін, рибофлавін, піридоксин, ніацин та ін.), поліненасичені жирні кислоти. Вуглеводи представлені у вигляді крохмалю, клітковини, геміцелюлози, лігніну, гуммі та розчинних вуглеводів, у тому числі цукроза і вільні редуруючі цукри. Отже, поєднання зернових компонентів з молочною основою значно підвищує харчову та біологічну цінність готового продукту [3]. Проте, є й інший бік застосування зернових інгредієнтів.

Серед природних структуроутворювачів у харчовій технології найдешевшим і найдоступнішим є крохмаль, суміш лінійної фракції амілози і розгалуженої – амілопектину. Співвідношення між амілозою та амілопектином у різних крохмалях коливається в межах від 1:1,5 до 1:4,5 [4]. Значний вміст крохмалю у зародках пшениці порівняно з іншими представниками зернових дає підставу для можливого їхнього використання як структуроутворювач з метою повної або часткової заміни високоочищених стабілізаторів зарубіжного виробництва, зокрема у технології морозива.

Формування та стабілізацію фізичних характеристик морозива значною мірою обумовлює в'язкість багатоконпонентних сумішей перед фризераванням.

На реологічні характеристики сумішей, у свою чергу, впливають хімічний склад (масові частки стабілізатора, білків, жирових компо-

нентів, вуглеводів та ін.), гідрофільні властивості високомолекулярних сполук, зміна їхніх фізичних і технологічних характеристик у виробничому циклі та режимі технологічного оброблення.

З підвищенням в'язкості сумішей опір до танення та збитість морозива збільшуються, але до певного ступеню структуроутворення системи. При цьому кремоліподібність структури також збільшується, але швидкість збивання зменшується, що дає підставу рекомендувати відносно низьку в'язкість для швидкого фризрування сумішей на потужних лініях. Тому необхідно контролювати в'язкість сумішей під час виробництва морозива.

Одним із найвпливовіших факторів, який обумовлює в'язкість подібних сумішей, є вид і властивості стабілізатора. Він зв'язує вільну вологу, утворює просторову желелодібну структуру, завдяки чому збільшується збитість продукту та дисперсність повітряної фази, а також знижується дестабілізація жирової фази морозива. Такі системи мають високу здатність чинити опір зростанню кристалів льоду та швидкому таненню [5].

Традиційними стабілізаторами природного походження для виробництва морозива є агар, карагеман, камеді, крохмаль, желатин, лектин, пшеничне борошно вищого гатунку [6]. Недоліком технологічних властивостей останнього є недостатня ефективність у структуроутворенні та вологозв'язуванні порівняно із сучасними стабілізаційними системами. Перевагою борошна пшеничного є доступність за рахунок вітчизняного виробництва та низька вартість.

На внутрішньому ринку з'являються нові види зернопродуктів: борошно різного помелу та борошно із пророщеного зерна, спеціально обробленого, висівки та ін. В наукових публікаціях інформація щодо технологічних властивостей подібної сировини, зокрема їхньої структуроутворювальної та вологозв'язувальної здатності, досить обмежена [7]. Зернові продукти є цінною сировиною, яка вміщує широкий спектр життєво необхідних речовин і може відігравати функцію як стабілізації, так і збагачення цими речовинами у виробництві молоковісних продуктів, і зокрема морозива з комбінованим складом сировини.

Отже, при розробленні нових видів морозива із сировиною рослинного походження, в першу чергу, необхідно вивчити фізико-хімічні властивості модельних систем для обрання найбільш технологічно ефективних видів зернопродуктів.

**Метою** науково-дослідної роботи є вибір нового виду зернового інгредієнта для ефективного вологозв'язування та структуроутворення сумішей для виробництва морозива.

**Завдання роботи:**

- а дослідження гідрофільності, набухаємості та вологозв'язування ряду зернових компонентів вітчизняного виробництва;
  - б вивчення характеру структуроутворення модельних систем порівняно із пшеничним борошном.
- Як зернові компоненти авторами обрано сировину:
- а зародок пшеничний харчовий відповідно до ТУ У 45.22.014-95;
  - б борошно із пророщеної пшениці та борошно із пророщеного жита відповідно до ТУ У 15.6-30670112-001:2006;
  - в борошно пшеничне вищого гатунку відповідно до ГОСТ 46.004-99.

Набухаємість сировини, тобто вбирання вологи і набухання при замочуванні, визначали ваговим методом [8].

Зв'язану воду визначали індикаторно-рефрактометричним методом [9].

Міру гідрофільності визначали за кількістю зв'язаної води, що припадає на 100 г абсолютно сухої речовини [9].

Реологічні властивості модельних систем і сумішей для морозива досліджували на віскозиметрі REOTEST II в системі співвісних циліндрів (S/S<sub>1</sub>) за температури 20°C та градієнта швидкості в діапазоні 3-1312 с<sup>-1</sup> [10].

**Виклад основного матеріалу досліджень**

Експериментальні дані щодо набухаємості, гідрофільності та вмісту зв'язаної води для всіх зернових інгредієнтів наведено у табл. 1.

**Таблиця 1. Фізичні характеристики гідратованих зразків зернових інгредієнтів**

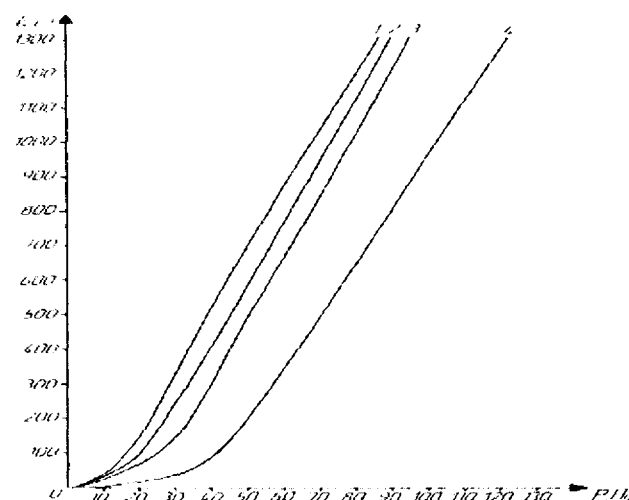
Вид зернового компонента	Набухаємість, %	Гідрофільність, W, %	Кількість зв'язаної води, г
Борошно пшеничне	39,57±0,99	21,37±0,32	0,389±0,011
Борошно з пророщеної пшениці	68,43±1,37	32,73±0,72	0,597±0,014
Борошно з пророщеного жита	75,26±2,26	37,02±0,70	0,676±0,019
Зародок пшеничний харчовий	91,75±2,29	96,71±2,61	1,634±0,049

Із табличних даних видно, що гідрофільність і набухаємість борошна пшеничного вищого гатунку значно нижчі, ніж у борошно із пророщеної пшениці та жита, а для зародків пшениці ці показники більші у 2,5-3 рази.

За вмістом зв'язаної води можна стверджувати, що борошно пшеничне вищого гатунку найменше зв'язує вологу (0,389 г), борошно із пророщеної пшениці та жита має дещо кращу здатність до зв'язування вологи, а зародки пшениці більш ніж у 4 рази перевищують цей показник порівняно із пшеничним борошном. Таким чином, саме зародки пшениці є найбільш ефективною гідрофільною добавкою.

Для реологічних досліджень зернових компонентів готували у вигляді 5% водної суспензії за температури 20°C при постійному перемішуванні (30 хв.). Після цього зразки піддавали пастеризації при 80°C протягом 3 хв. (загальноприйнятий технологічний режим пастеризації суміші для виробництва морозива), охолоджували до 20°C і проводили вимірювання на віскозиметрі.

Експериментальні дані представлено на реологічних кривих плинності та в'язкості модельних систем (рис. 1, 2).

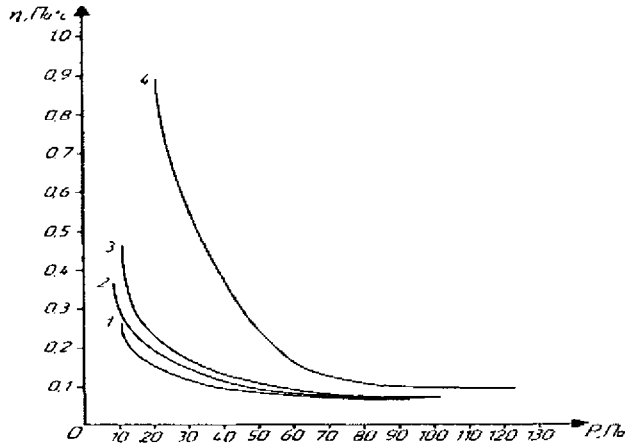


**Рис. 1. Реологічні криві плинності модельних систем на основі різних видів зернових інгредієнтів**

Результати розрахунків основних реологічних характеристик досліджуваних систем представлено у табл. 2.

Одержані реологічні параметри дають підстави стверджувати, що в усіх досліджуваних суспензіях утворюється структура коагуля-

ційного типу. У таких структурах частинки дисперсної фази взаємодіють безпосередньо або через тонкі прошарки рідкого дисперсійного середовища. Коагуляційні контакти, як правило, з'являються на ліофобних ділянках мозаїчної поверхні частинок дисперсної фази, що дає можливість використати поверхнево-активні речовини як для послаблення, так і для підсилення таких контактів. Зв'язок частинок у контактах структури відбувається за рахунок сил міжмолекулярної взаємодії. Сам контакт локалізується на невеликій поверхні частинки (точковий контакт), тому для коагуляційних структур характерні низька міцність, висока пластичність, здатність до високоеластичних деформацій, яскраво виражена тиксотропія [10]. Коагуляційний тип структури є ідеальним для сумішей у виробництві морозива і надає певні реологічні властивості готовому продукту.



**Рис. 2.** Реологічні криві в'язкості модельних систем на основі різних видів зернових інгредієнтів  
Умовні позначення для рис. 1, 2:  
Водні суспензії: 1 – борошна пшеничного вищого гатунку; 2 – борошна із пророщеного жита; 3 – борошна із пророщеної пшениці; 4 – зародків пшениці.  
Найменш структурованою є модельна система вода/борошно пшеничне, а найбільш – система на основі зародків пшениці.

**Таблиця 2.** Реологічні характеристики модельних систем на основі гідратованих зернових інгредієнтів

№ зразка	Водна суспензія	В'язкість, Па·с				Міцність, Па			
		$\sigma$	$\eta_0$	$\eta_m$	$\eta_0 - \eta_m$	$R_{k1}$	$R_{k2}$	$R_m$	$R_{k1}/R_{k2}$
1	борошна пшеничного	0,238	0,066	0,172	2	14	24	0,143	12
2	борошна із пророщеного жита	0,322	0,068	0,254	3	18	32	0,167	10,667
3	борошна із пророщеної пшениці	0,429	0,071	0,358	4	23,33	40,67	0,171	10,168
4	зародків пшениці	0,858	0,093	0,765	6,5	36,5	50	0,178	7,692

Для перших трьох зразків суспензій (табл. 2, рис. 2) в діапазоні значень граничного напруження зсуву з 10 до 30 Па спостерігається різке падіння в'язкості (від 0,45 до 0,15 Па·с), а з 30 до 100 Па в'язкість змінюється незначно (від 0,15 до 0,1 Па·с) і досягає свого сталого найменшого значення, яке відповідає практично зруйнованій надмолекулярній структурі ( $\eta_m$ ).

Для системи на основі зародків пшениці в діапазоні значень граничного напруження зсуву з 25 до 60 Па спостерігається поступове падіння в'язкості. Так, в'язкість незруйнованої структури  $\eta_0$  зменшується від 0,86 до 0,2 Па·с, а з 60 до 130 Па вона змінюється незначно і досягає сталого значення практично зруйнованої надмолекулярної структури – 0,093 Па·с.

Всі розглянуті системи належать до структурованих твердоподібних тіл, оскільки для них статична межа до течії  $R_k$  більша за нуль.

Таким чином, у суспензії зародків пшениці процес структуровання протікає найінтенсивніше, що дає можливість рекомендувати саме цю систему як ефективний структуроутворювальний компонент у виробництві морозива.

## Висновки

Всі досліджувані зернові інгредієнти належать до гідрофільних харчових систем. Найбільша вологов'язувальна здатність проявляється у зародків пшениці.

Суспензії всіх зернових інгредієнтів можуть бути віднесені до структурованих твердоподібних тіл з явно вираженою надмолекулярною структурою коагуляційного типу.

Експериментальні дані щодо гідрофільності підтверджують реологічними параметрами для всіх досліджуваних систем.

Гідратовані зародки пшениці порівняно з іншими системами характеризуються найвищими гідрофільними та структуроутворюючими властивостями, що дає можливість рекомендувати їх до застосування у виробництві морозива як структуроутворювач і стабілізатор.

Перспективами подальших досліджень у даному напрямі є вивчення реологічних характеристик сумішей для виробництва морозива із зародками пшениці як стабілізуючою та збагачувальною рослинною добавкою.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Продукти молочні та молоковісні. Номенклатура та вимоги до назв: ДСТУ 7170:2010. – [Чинний від 2011-10-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2011. – 6 с. – (Національні стандарти України).
2. Мусина О.Н. Применение зерновых компонентов в молочной отрасли / О.Н. Мусина // Молочная промышленность. – 2006. – №10. – С. 60-61.
3. Захарова Л.М. Кисломолочные белковые продукты с зерновыми добавками / Л.М. Захарова // Молочная промышленность. – 2005. – №5. – С. 62-63.
4. Крутин А.В. Стабилизаторы в продуктах специального назначения / А.В. Крутин, С.А. Равношюкин, О.В. Козлова // Молочная промышленность. – 2009. – №8. – С. 59-60.
5. Справочник по производству мороженого / Ю.А. Оленев, А.А. Творогова, Н.В. Казакова, Л.Н. Соловьева – М.: «Делфи принт», 2004. – 798 с.
6. Справочник по гидроколлоидам / Г.О. Филлипс, Л.А. Вильямс. Перевод с англ. под ред. А.А. Кочетковой и Л.А. Сарафановой. – Санкт-Петербург: ГИОРД, 2006. – 536 с.
7. Поліщук Г.Є., Вовкодав Н.І., Рыбак О.М., Бреус Н.М. Розроблення математичних моделей для прогнозування реологічних характеристик морозива з нетрадиційними рецептурними компонентами // Молочно промисловість. – 2008. – №6 (49). – С. 40-43.
8. Ганзенко В.В. Разработка технологии производства сухого заменителя цельного молока на основе полносоставного зерна сои: дис. на соискание науч. степени канд. техн. наук: спец. 05.18.12 «Процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств» / В.В. Ганзенко. – Киев, 2007. – 170 с.
9. Косої В.Д., Меркулов М.Ю., Юдина С.Б. Контроль качества молочных продуктов методами физико-химической механики. – СПб.: ГИОРД, 2005. – 208 с.
10. Мачихин Ю.А. Реометрия пищевого сырья и продуктов: Справочник / Под ред. Ю.А. Мачихина. – М.: «Агропромиздат», 1990. – 271 с.