

УДК 620.2:664.647.3

*Досліджено кінетику температури під час заморожування та розморожування плодкових напівфабрикатів-добавок в формі начинок. Досліджено зміни кількості вимороженої та невимороженої вологи в плодкових напівфабрикатах-добавках в формі начинок в процесі зберігання*

*Ключові слова: начинка, волога, кінетика*

*Исследована кинетика температуры при замораживании и размораживании плодовых пастоподобных полуфабрикатов-добавок в форме начинок. Исследовано изменение количества вымороженной и не вымороженной влаги в плодовых полуфабрикатах-добавках в форме начинок в процессе хранения*

*Ключевые слова: начинка, влага, кинетика*

*The kinetics of temperature at freezing and unfreezing of fruit half-staffs was researched. The content of frozen and non-frozen water in fruit half-staffs at storage was determined*

*Key words: half-staff, water, kinetics*

## Вступ

Останнім часом в харчовій промисловості особливий інтерес виробники приділяють до технологій, що передбачають тривалі терміни зберігання продуктів високого ступеню готовності. Споживчі та технологічні властивості продуктів з тривалим терміном придатності, і, перш за все, такий показник як підвищена здатність продукту тривало зберігати свої властивості, значною мірою зумовлені складом і вмістом вологи, її формами і енергіями зв'язку [1].

### 1. Постановка проблеми у загальному вигляді

Стан води в харчових продуктах досліджують різними методами, але всі вони засновані на тій властивості зв'язаної води, що ця фракція за своїми фізичними і хімічними характеристиками відрізняється від звичайної об'ємної води. Фракція зв'язаної води відрізняється від об'ємної води своєю молекулярною рухливістю, діелектричними властивостями, коефіці-

# ДОСЛІДЖЕННЯ СТАНУ ВОЛОГИ ПАСТОПОДІБНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ В ПРОЦЕСІ ЗАМОРОЖУВАННЯ, РОЗМОРОЖУВАННЯ, ЗБЕРІГАННЯ

**А. О. Пак**

Кандидат технічних наук, старший викладач  
Кафедра енергетики та фізики\*  
Контактний тел. (057) 349-45-00  
E-mail: pak\_andr@mail.ru

**А. В. Євтушенко**

Аспірант  
Кафедра товарознавства в митній справі\*  
\*Харківський державний університет харчування та торгівлі  
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна

ентом заломлення світла, схильністю до замерзання і рядом інших характеристик.

### 2. Мета та завдання статті

Метою роботи є дослідження стану вологи у плодкових пастоподібних напівфабрикатах-добавках у формі начинок в процесі заморожування, розморожування та зберігання.

### 3. Виклад основного матеріалу дослідження

З метою дослідження процесів, що відбуваються під час заморожування та розморожування, було досліджено кінетику температури під час даних операцій.

Кінетика заморожування отримувалась наступним чином. В досліджуваний зразок, що знаходився у паронепроникній ємності, розміщали термометри. Дану ємність поміщали у низькотемпературний калориметр [2], вхідна температура в якому підтриму-

валась постійною та дорівнювала  $-80^{\circ}\text{C}$ . При цьому реєструвався сигнал від термопар, що знаходились в зразку, на вході та виході із калориметру. Експеримент закінчувався при досягненні однакової температури на вході та виході вимірювального прибору.

Відомо, що зміни продукту після заморожування визначаються характером процесу розморожування: чим менші відмінності між характером кінетики заморожування та кінетики розморожування, тим менші зміни якості продукту. На рис. 1 представлені нормовані кінетики заморожування (1) та розморожування (2) для яблучно-абрикосової (ЯА) (а), яблучно-абрикосово-сливової (ЯАС) (б) та абрикосово-сливової (АС) (в) начинок.

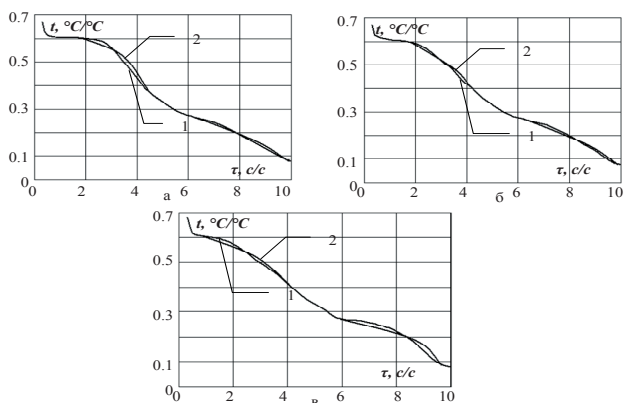


Рис. 1. Кінетика заморожування (1) та розморожування (2) для ЯА (а), ЯАС (б) та АС (в) начинок

Як видно з рис. 1, гістерезис має місце, але він незначний, що дає підстави вважати: зміни якісних показників фруктових начинок, які відбулись під час розморожування через гістерезис, є несуттєвими.

За отриманими даними було також побудовано залежність різниці між температурою на вході та температурою на виході ( $\Delta t$ ) від температури зразка ( $t_{\text{зр}}$ ) в процесі заморожування (рис. 2) та розморожування (рис. 3). Для отриманих залежностей ділянки, на яких різниця температур між входом та виходом калориметру ( $\Delta t$ ) постійна, відповідають процесу кристалізації вологи в зразку, а температура в середині досліджуваного являється температурою кристалізації даної вологи. Значення  $\Delta t$  при цьому пропорційне кількості вологи, що кристалізується. Дані ділянки мають визначену ширину, обумовлену розміром зразка, його теплопровідністю та швидкістю заморожування.

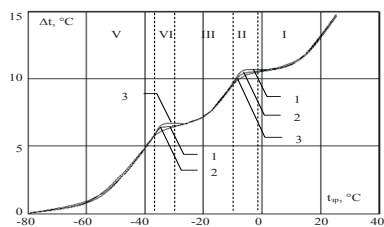


Рис. 2. Залежність різниці температур вхід-вихід калориметру від температури зразка під час заморожування

Отримані залежності для досліджуваних фруктових начинок мають п'ять характерних ділянок. Перша

ділянка (I) відповідає охолодженню зразка, а саме, сухих речовин, вільної та зв'язаної вологи, до температури кристалізації вільної вологи; друга (II) – кристалізації вільної вологи зразку; третя (III) – охолодженню сухих речовин, зв'язаної вологи та льоду, що утворився в процесі кристалізації вільної вологи. Четверта ділянка (IV) відповідає процесу кристалізації зв'язаної вологи; п'ята (V) – охолодженню зразка до кінцевої температури калориметру, а саме  $-80^{\circ}\text{C}$ .

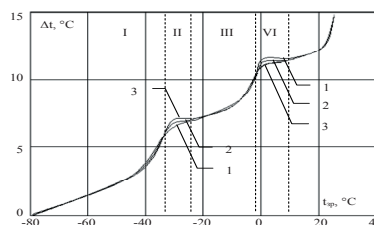


Рис. 3. Залежність різниці температур вхід-вихід калориметру від температури зразка під час розморожування

Криві, отримані під час заморожування трьох досліджуваних зразків, мають однаковий характер. Відмінності у поведінці спостерігаються лише на другій та четвертій ділянках, які відповідають процесу кристалізації вологи. З отриманих залежностей видно, що друга ділянка, на якій відбувається кристалізація вільної вологи, найбільшу ширину має для ЯА начинки, а найменшу – для АС начинки. Четверта ділянка, на якій відбувається кристалізація зв'язаної вологи, навпаки, найширша для АС начинки, і найвужча – для ЯА. З виду залежностей видно, що більша частина зв'язаної вологи кристалізується за температури від  $-30^{\circ}\text{C}$  до  $-35^{\circ}\text{C}$ . Оскільки в замороженому стані знаходиться більша частина зв'язаної вологи, то зміни якості фруктових начинок в процесі зберігання за даних температур будуть мінімальними. Таким чином, це свідчить про те, що пониження температури зберігання відносно  $-35^{\circ}\text{C}$  є нераціональним.

Після досягнення зразком температури калориметра у попередньому експерименті, тобто температури  $-80^{\circ}\text{C}$ , температуру на вході калориметра підвищували до  $25^{\circ}\text{C}$  та підтримували постійною. При цьому реєструвався сигнал від термопар, що знаходились у зразку та різницю температур вхід-вихід. Криві, отримані під час розморожування (рис.3), теж мають п'ять характерних ділянок. Перша ділянка (I) відповідає підігріву зразка, до температури плавлення льоду, що утворився при кристалізації зв'язаної вологи; друга (II) – його плавленню; третя (III) – підігріву зразка до температури плавлення льоду, що утворився в процесі кристалізації вільної вологи. Четверта ділянка (IV) відповідає процесу плавлення льоду, утвореного при кристалізації вільної вологи; п'ята (V) – підігріву зразка до кінцевої температури калориметра, яка дорівнює  $25^{\circ}\text{C}$ . Як і при заморожуванні відмінності у поведінці залежностей різних зразків виникають на етапах плавлення (II та IV ділянки) льоду, що утворився під час кристалізації вологи. Друга ділянка найширша для АС та найвужча для ЯА начинки, а четверта найвужча для АС та найширша для ЯА начинки.

Пояснити отриманий результат можна наступним чином. Загальний вологовміст фруктових начинок, який розраховується за формулою:

$$w = \frac{m_v}{m_{c.p.}}$$

де  $m_v$  – маса води, яку утримує зразок;  $m_{c.p.}$  – маса сухих речовин зразка, дорівнює для ЯА начинки 4,3, ЯАС начинки – 4,0, для АС – 3,8 кг/кг.

Значення вологовмісту досліджуваних фруктових начинок відрізняється не більше ніж на 10%, тобто кількість води, яка кристалізується при охолодженні даних зразків до температури  $-80^{\circ}\text{C}$  практично однакова. Таким чином ширина другої та четвертої ділянок, як при заморожуванні, так і при розморожуванні визначається співвідношенням вільнозв'язаної води.

Дослідження змін кількості вимороженої та невимороженої води в плодівих напівфабрикатах-добавках в формі начинки в процесі зберігання проводилось низькотемпературним калориметричним методом. Даний метод заснований на вимірі кількості теплоти, що виділяється під час кристалізації вільної води в харчовій сировині. Ідея методу полягає у вимірі сигналу диференціальної термодіаграми, яка реєструє зміну температури потоку холодного повітря, що омиває вологий матеріал [3].

Об'єктами дослідження були фруктові начинки з додаванням пектину [4] (ЯА, ЯАС, АС) як свіжоприготовлені так і після 9 міс. зберігання.

На рис. 4 приведені апроксимаційні функції сигналів отриманих під час заморожування свіжоприготовлених (1, 2, 3) та після зберігання (4, 5, 6) фруктових начинок: 1, 4 – ЯА, 2, 5 – ЯАС, 3, 6 – АС

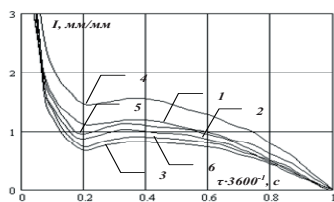


Рис. 4. Апроксимаційні функції сигналів отриманих під час заморожування свіжоприготовлених (1, 2, 3) та після зберігання (4, 5, 6) фруктових начинок: 1, 4 – ЯА, 2, 5 – ЯАС, 3, 6 – АС

В табл. 1 наведені значення кількості вимороженої та невимороженої води у досліджуваних об'єктах розраховані за апроксимаційними функціями.

Кількість вимороженої води у зразку АС найменше і дорівнює 0,35 відн.од., що в 1,1 разу менше, ніж у ЯАС та у 1,2 рази менше ЯА, що обумовлено більшою кількістю пектину у АС начинці у порівнянні з двома іншими.

В процесі зберігання з водою в начинках відбулись наступні зміни: кількість вимороженої води у начинці ЯА збільшилась в 1,3 рази; в начинці ЯАС – в 1,15 рази; в начинці АС – в 1,1 рази. Збільшення кількості вимороженої води пояснюється гідролізом цукрів, дубильних і пектинових речовин. Дані реакції супроводжуються збільшенням кількості вільної води.

Таким чином, отримані результати свідчать про те, що додавання пектину сприяє, по-перше, збільшенню кількості невимороженої води, а, по-друге, зменшен-

ню змін у співвідношенні між вимороженою та невимороженою водою.

Таблиця 1

Кількість вимороженої та невимороженої води у фруктових начинках

Найменування начинки	Кількість невимороженої води, відн.од.	Кількість вимороженої води, відн.од.
свіжоприготовлені		
ЯА	0,57	0,43
ЯАС	0,62	0,38
АС	0,65	0,35
після 9 місяців зберігання		
ЯА	0,45	0,55
ЯАС	0,56	0,44
АС	0,61	0,39

### Висновки

Досліджено кінетику заморожування та розмороження фруктових начинок. Відзначено, що відмінності у кінетиці для різних зразків, а саме звужування, або розширення, спостерігаються на ділянках, які залежать від кількості води, яка на них кристалізується.

Встановлено, що оскільки за температури нижче  $-35^{\circ}\text{C}$  більша частина зв'язаної води знаходиться в замороженому стані, то пониження температури зберігання відносно даного значення є нераціональним. Досліджено гістерезис між кінетиками заморожування та розморожування. Відзначено, що гістерезис має місце як для зв'язаної, так і для вільної води, але він несуттєвий, що дає підстави вважати зміни якісних показників фруктових начинок під час розморожування несуттєвими.

Низькотемпературним калориметричним методом визначено кількість вимороженої та невимороженої води у свіжоприготовлених фруктових начинках та після 9 міс. зберігання. Встановлено, що в процесі зберігання через гідроліз цукрів, дубильних і пектинових речовин, кількість вимороженої води збільшується, а невимороженої відповідно зменшується.

### Література

1. Вода в пищевых продуктах / Под общ. ред. Р.В. Дакуорта / Пер. с англ. – М.: Пищевая промышленность, 1980. – 375с.
2. Погожих М. І. Характеристики приладу для визначення вільної та зв'язаної води низькотемпературним калориметричним методом / М. І. Погожих, М. М. Пуркан, А. О. Пак // Обладнання та технології харчових виробництв: Темат. зб. наук. наук. пр. – Донецьк: ДонДУЕТ ім. М. Туган-Барановського, 2005. – Вип. 13. – С. 177-185.
3. Погожих Н.І., Потапов В.А., Пак А.О. Способ определения свободной и связанной влаги // Науковий вісник Полтавського університету споживчої кооперації України. Серія «Технічні науки». – 2004. – №2(13). – С.44-48.
4. Євтушенко А.В. Оптимізація споживчих властивостей та розробка рецептури фруктових начинок // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2010. – №2/6(44). – С.67-69.