

них можна зробити висновок, що завдяки фізичній модифікації розчинів полімерів, що підлягають капсулюванню можна одержати капсульовані системи з заданими технологічними властивостями. Також зниження в'язкості поліпшує процес капсулювання, та підвищує його ефективність.

Об'єктом подальших досліджень стане вивчення закономірностей впливу фізичної модифікації на фізичні властивості розчинів, а саме взаємозв'язок молекулярної маси розчинів полімерів і поверхневого натягу, та вплив цих параметрів на процес краплеутворення розчинів.

#### Література

1. Нагорний, О. Ю. Дослідження фізико-хімічних змін наповнених гелів на основі натрію альгінату та натрійкарбоксиметилцелюлози [Текст] / О. Ю. Нагорний, Є. П. Пивоваров, П. П. Пивоваров; відпов. ред. О. І. Черевко // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі : зб. наук. пр. / Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. – Харків, 2010. – Вип. 1 (11). – 503 с. : іл., табл.
2. Пивоваров, Є. П. Закономірності формування маси оболонок капсул, одержаних шляхом іонотропного гелеутворення [Текст] : зб. наук. пр. / Є. П. Пивоваров, О. Ю. Нагорний // Наукові праці Одеської національної академії харчових технологій. – 2010. – Вип. 38. – Том. 2. – 466 с.
3. Пивоваров, П. П. Инновационные технологии производства капсулированных продуктов [Текст] / П. П. Пивоваров, О. П. Неклеса, А. Ю. Нагорный // Научно-практический журнал «Продукты & ингредиенты». – 2013. – № 3 (12). – С. 24-25.
4. Kardos, N., Luche, J. // Carbohydrate Res. – 2001. – Vol. 332. – P. 115-131.
5. Nagarajan, R. Inst. Eng. [Text] / R. Nagarajan, G. S. Davies // Chem. Eng. Div. – India – 1980. – Vol. 60. – № 2. – P. 41-44.
6. Schmid, G., Rommel O. // Z. Electrochem. – 1939. – Bd. 45. – P. 659-657.
7. Doulah, M. S. // J. Appl. Polym. Sci. – 1978. – Vol. 22. – P. 1735-1742.
8. Szalay, A. Z. // Phys. Chem. – 1993. – Vol. A 164. – P. 234-240.
9. Freindlich H., Gillign D.W. // Trans Faraday. Soc. 1938. Vol. 34. P. 649 – 654.
10. Кошкарів, Н. Г. Эфиры целлюлозы и крахмала: синтез, свойства, применения [Текст] / Н. Г. Кошкарів, Н. Н. Верховская // Суздань, 2003. – С. 196-198.

*В статті представлено результати досліджень впливу низьких температур та попередньої технологічної обробки перед заморожуванням на якість овочевих напівфабрикатів для перших та других страв на основі буряку столового. Встановлено зміни діапазонів температур кристалізації та плавлення води в досліджуваних зразках за різних режимів тушіння, а також зміни швидкості заморожування за різних режимів підсушування*

*Ключові слова: буряк столовий, тушіння, підсушування, швидкість заморожування, виморожена волога*

*В статье представлены результаты исследований влияния низких температур и предварительной технологической обработки перед замораживанием на качество овощных полуфабрикатов для первых и вторых блюд на основе свеклы столовой. Установлены изменения диапазонов температур кристаллизации и плавления воды в исследуемых образцах при различных режимах тушения, а также изменения скорости замораживания при различных режимах подсушивания*

*Ключевые слова: свекла столовая, тушение, подсушивание, скорость замораживания, вымороженная вода*

УДК 65.012.12:664.8.037:635.11

## ВПЛИВ ПОПЕРЕДНЬОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ОБРОБКИ НА ПРОЦЕС ЗАМОРОЖУВАННЯ ОВОЧЕВОГО НАПІВФАБРИКАТУ

**А. М. Одарченко**

Кандидат технічних наук, доцент

Кафедра товарознавства,  
управління якістю та екологічна безпека

Харківський державний  
університет харчування та торгівлі  
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051  
E-mail: laboratory119@mail.ru

### 1. Вступ

В умовах зниження збереженості свіжих плодів і овочів, обумовленого зміною умов вирощування, механізацією процесів збирання і товарної політики,

одним з напрямів боротьби з втратами врожаю є зберігання його значної частини в замороженому вигляді. Найкращу збереженість вихідних властивостей плодоовочевої сировини забезпечує швидке заморожування [1, 2].

На сьогоднішній день ринок заморожених напівфабрикатів з овочів – це один із сегментів ринку замороженої продукції в Україні, що найбільш динамічно розвивається.

Асортимент заморожених напівфабрикатів з овочів на українському ринку сьогодні великий: перець салатний, цвітна капуста, брюссельська капуста, капуста брокколі, зелений горошок, квасолю, зерна і качани кукурудзи, шпинат, кабачки молоді, морква, овочеві суміші (царська, гавайська, китайська, мексиканська, річна, весняна, для супу, по-сільському, овочеve рагу і ін), спаржа, картопля фрі та інші [3, 4].

Проте на часі залишаються актуальними питання розширення асортименту заморожених овочевих напівфабрикатів високого ступеня готовності, що вимагає отримання нових знань про процеси, які відбуваються при заморожуванні і їх вплив на споживні властивості нових напівфабрикатів.

## 2. Аналіз досліджень і публікацій

Одним із способів підготовки напівфабрикатів для перших і других страв є технологічна операція – тушіння, яка інактивує ферменти, розм'якшує рослинні тканини і сприяє набухання крохмалю і целюлози [5].

Основними критеріями при виборі способу заморожування є швидкість і економічність проведення процесу. При цьому кількість теплоти, що відводиться повітрям від продукту, прямопропорційна площі поверхні контакту повітря з продуктом, різниці температур повітря і продукту та коефіцієнту теплопередачі від продукту до повітря. При цьому режими заморожування є єдиним чинником, який, так чи інакше, визначає товарні властивості консервування заморожуванням буряків. Оскільки вода є основним середовищем, в якій відбуваються біохімічні, ферментативні реакції і мікробіологічні процеси, то її кількість перед заморожуванням об'єкта буде визначати не тільки енергетичні витрати, швидкість заморожування, продуктивність морозильних установок, але і, в кінцевому підсумку, – якість готової продукції [6].

При заморожуванні відбуваються незворотні процеси, зумовлені коагуляцією, агрегацією високомолекулярних сполук, розчинених у воді в нативному стані. Утворення льоду в процесі заморожування призводить до зниження розчинності окремих компонентів через підвищення їх концентрації в рідкій фазі. Якщо цей процес (зниження кількості розчинника) провести до етапу заморожування, то слід чекати зміни, на кривих кінетики температури зразка, точок кристалізації різних форм вологи [7].

## 3. Формування мети та задач

Метою даної роботи було вивчення кінетичних закономірностей температури зразків напівфабрикатів для перших і других страв на основі столового буряка, а також кількісна оцінка вимороженої вологи при різних температурах заморожування.

## 4. Виклад основного матеріалу

При проведенні досліджень використовували наступні види попередньої технологічної обробки буряку столового: тушіння в трьох режимах: 1,0 – до повної готовності; 0,7 – скорочений режим тушіння і 1,3 – режим тривалого тушіння, а також 3 режими підсушування: 0,95 (до втрати продуктом 5% вологи від її початкового вмісту), 0,85 (до втрати 15% вологи від її початкового вмісту) та 0,70 (до втрати 30% вологи від її початкового вмісту). Режим готовності визначався органолептично, внаслідок чого були встановлені тимчасові параметри приготування для кожного з режимів.

Процес заморожування здійснювався за допомогою низькотемпературного калориметра [8]. В якості холодоносія використовували пари рідкого азоту, які змішувалися в певній пропорції з повітрям для створення необхідних температур:  $-20^{\circ}\text{C}$ ,  $-50^{\circ}\text{C}$  і  $-70^{\circ}\text{C}$ . Заморожуванню піддавався зразок тушкованого буряку, масою 20 г, який занурювався в калориметр із заданою мінусовою температурою середовища. Процес заморожування вважався закінченим при досягненні всередині досліджуваного зразка температури, що дорівнює температурі середовища. Після цього моменту здійснювали процес розморожування продукту шляхом встановлення в камері калориметра температури навколишнього середовища. Експеримент вважали завершеним після досягнення температури зразка  $+20\pm 2^{\circ}\text{C}$ .

Контроль температури в зразку здійснювали у продукті, а також контролювали температуру входу та виходу з камери калориметра суміші повітря та азоту. Реєстрацію здійснювали за допомогою хромель-копелевих термодатчиків, е.р.с. яких реєстрували цифровим потенціометром, сполученим з портом ПК. Статистичну обробку та апроксимацію бази даних проводили за допомогою програмного засобу Mathcad 2001.

Загальний вигляд термограм при заморожуванні і нагріванні зразків представлений на рис. 1.

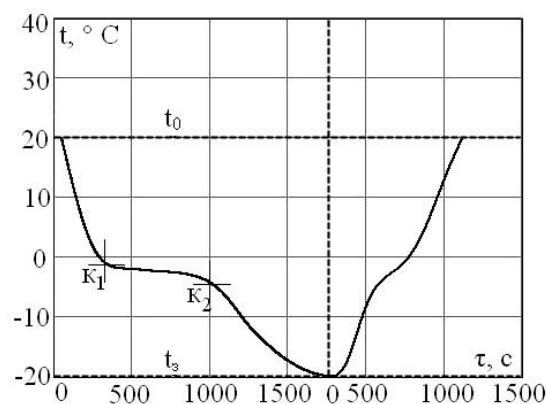


Рис. 1. Залежність температури ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) буряку столового від часу ( $\tau$ , с) при заморожуванні-нагріванні:  $t_0$  – початкова температура зразка;  $t_3$  – температура заморожування,  $K_1$  – температура початку кристалізації,  $K_2$  – температура кінця кристалізації

Термограма розбита на дві ділянки, відокремлені вертикальною лінією: ліва частина – ділянка заморо-

жування при постійній температурі заморожування (для  $-20^{\circ}\text{C}$ ), права частина – нагрівання при постійній температурі, рівній температурі навколишнього середовища. Видно, що криві заморожування і розморожування не мають повної симетрії відносно шкали часу: тривалість заморожування дещо більше, ніж розморожування. Очевидно, це обумовлено двома основними факторами: різною теплопровідністю зразка, що містить лід або рідина [9]. Однак, на всіх кривих чітко простежуються характерні ділянки, які можна ідентифікувати за так званими критичними точками: ділянка від початку заморожування до точки  $K_1$  характеризується охолодженням зразка до початку утворення льоду. Потім до точки  $K_2$  відбувається безпосередній процес кристалізації частини води, яку будемо називати «виморожена» (точка  $K_2$ ). Після точки  $K_2$  відбувається охолодження зразка до температури заморожування.

На кривій нагрівання також можна ідентифікувати аналогічні ділянки, які обумовлені розморожуванням води (таненням льоду).

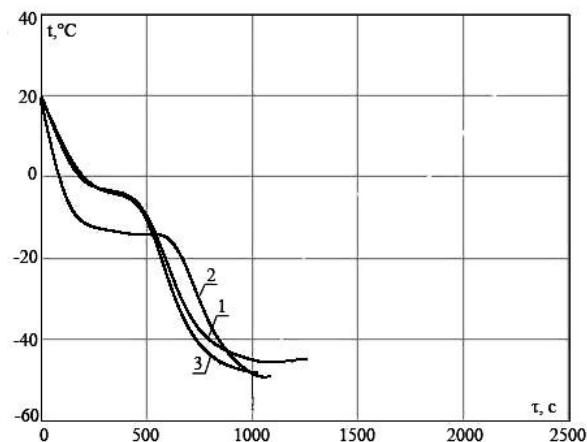
Заморожені продукти перед вживанням піддають дефростації (нагрівання), мета якої – доведення продуктів до стану, близького до вихідного. Розбіжність між кривими заморожування і розморожування пояснюють розходженням теплопровідності льоду і води, оскільки теплопровідність льоду в 4 рази перевищує теплопровідність рідкої води, а коефіцієнт теплопровідності розмороженого продукту приблизно в 2... 2,5 рази нижче, ніж у замороженого [10]. Внутрішня температура продукту в початковий період зростає до точки танення льоду і залишається постійною, після чого швидко підвищується до заданого рівня  $4...5^{\circ}\text{C}$ .

Як видно з рис. 2, діапазони кристалізації води змінюються, що обумовлено зміною таких фізичних характеристик, як щільність, теплопровідність зразка, а також змінами колоїдного стану крохмалю та інших високомолекулярних сполук.

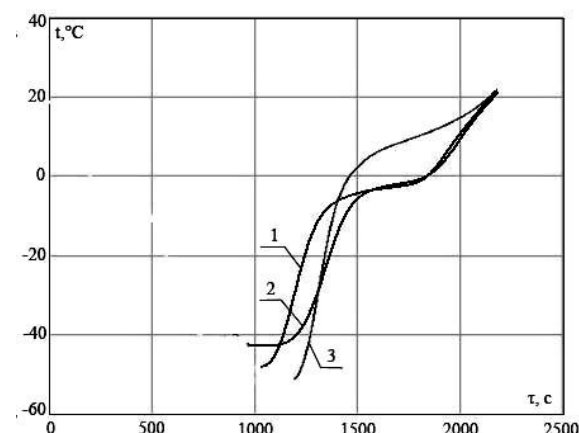
Основні характеристики процесів заморожування і нагрівання досліджуваних зразків буряка столового наведено в табл. 1.

З представлених у табл. 1 даних видно, що зі зниженням температури заморожування кількість вимороженої вологи збільшується. Стосовно попередньої технологічної обробки, то будь-який з використаних режимів тушіння буряка столового зміщує діапазони температур кристалізації і плавлення вологи. При цьому у режимі тушіння 1,3 діапазони температур кристалізації та плавлення зміщені в область більш низьких температур, в порівнянні з іншими режимами гасіння.

Діапазони температур кристалізації та плавлення води, що спостерігаються, обумовлені тим, що досліджувані зразки мають досить велику масу, тому їх охолодження не відбувається миттєво. Точка замерзання залежить від швидкості охолодження харчового продукту та швидкості проходження вологи через стінки рослинної клітини в міжклітинний простір. Це ж слід віднести і до нагрівання досліджуваного зразка. Така організація досліджень дозволяє зробити практичний висновок, а саме – наблизити проведений модельний експеримент до реальних виробничих умов, де використовується заморожування шматків, блоків і т.п., а температура досліджуваного зразка по всьому об'єму також не рівномірна.



а



б

Рис. 2. Залежність температури ( $t$ ,  $^{\circ}\text{C}$ ) від часу ( $\tau$ , с) при заморожуванні (а) та нагріванні (б) буряку столового після різних режимів тушіння: 1 – режим 1,0; 2 – режим 0,7; 3 – режим 1,3.

Аналізуючи діапазони кристалізації вимороженої вологи в досліджуваних зразках буряка столового, необхідно відзначити, що зміни спостерігаються як за різних температур заморожування, так і за різних технологічних режимів готовності даного харчового продукту. Цей факт пояснюється тим, що зміни в рослинних клітинах у процесі охолодження починають відбуватися вже поблизу точки кристалізації вологи.

Швидкість заморожування об'єктів залежить від зовнішніх умов заморожування (температура, швидкості руху охолоджувальної середовища) і від теплофізичних характеристик самого об'єкта [6]. За відсутності фазових переходів швидкість заморожування з часом буде зменшуватися залежно від температури об'єкта, оскільки температура досліджуваного зразка наближається до температури навколишнього середовища. За наявності фазових переходів I роду (кристалізації) спостерігається явище, коли температура досліджуваного зразка наближається до температури кристалізації і виділяється теплота. Внаслідок цього його температура не змінюється і швидкість охолодження наближається до нуля. Це добре видно на рис. 3.

Таблиця 1

Основні характеристики процесів заморожування та нагрівання буряку столового після різних режимів технологічної обробки

Технологічна обробка досліджуваного зразка	$t_{зам}, ^\circ C$	Діапазон температур кристалізації води, $^\circ C$	Діапазон температур плавлення води, $^\circ C$	Кількість вимороженої води, %
Контроль	-20	-1,5...-4,5	-4,3...-1,5	53,5±0,5
	-50	-3,6...-8,8	-8,2...-2,7	56,0±0,5
	-70	-0,1...-3,1	-3,9...-0,1	78,5±0,7
Режим тушіння 1,0	-20	-3,7...-8,6	-8,4...-3,8	74,5±0,7
	-50	-2,2...-8,6	-7,9...-1,8	52,5±0,5
	-70	-1,5...-7,5	-7,6...-1,4	50,0±0,5
Режим тушіння 0,7	-20	-0,2...-4,2	-4,0...-0,5	73,0±0,7
	-50	-2,7...-8,2	-8,1...-2,4	71,5±0,7
	-70	-1,0...-6,5	-6,1...-0,9	72,0±0,7
Режим тушіння 1,3	-20	-3,7...-11,7	-12,2...-4,1	54,0±0,5
	-50	-9,4...-17,0	-17,1...-8,8	74,5±0,7
	-70	-8,1...-15,4	-16,1...-8,2	80,0±0,8

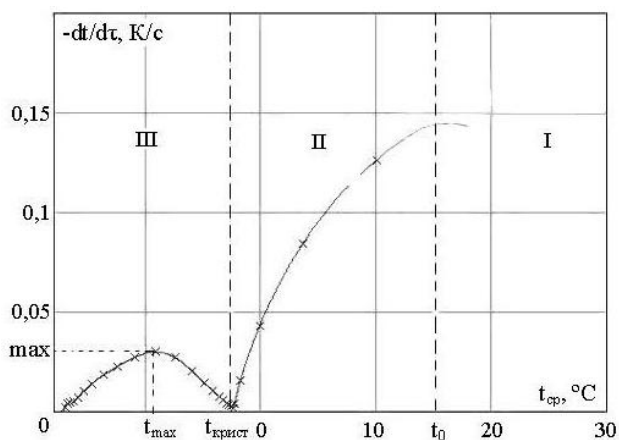


Рис. 3. Залежність швидкості зміни середньої температури ( $dt/dt, K/c$ ) досліджуваного зразка буряку столового від температури ( $t_{cp}, ^\circ C$ ) в процесі заморожування: I – початковий нестационарний стан досліджуваного зразка; II – охолодження досліджуваного зразка до температури кристалізації; III – охолодження досліджуваного зразка до температури заморожування

Після кристалізації змінюються теплофізичні характеристики досліджуваного зразка і поведінка його температури (при постійній зовнішній температурі) виглядає, як показано на рис. 3. (ділянка III). Швидкість температури в залежності від температури самого об'єкта змінюється нелінійно, і в області низьких температур має максимум (max). Максимум швидкості охолодження після кристалізації води при однакових зовнішніх умовах характеризує температуропровідність досліджуваного зразка: чим вище швидкість температури, тим більше його температуропровідність.

Характеристику швидкості охолодження досліджуваних зразків буряку столового залежно від

технологічної обробки можна проаналізувати за даними в табл. 2.

Таблиця 2

Швидкість заморожування досліджуваних зразків буряку столового після різних режимів технологічної обробки

Технологічна обробка досліджуваного зразка	$t_{зам}, ^\circ C$	Максимальна швидкість заморожування, $K/c$	$t_{крист}, ^\circ C$		
Режим тушіння 0,7	Контроль	-20	0,024±0,002	-5,9	
		-70	0,33±0,03	-10,5	
	Режим підсушування 0,95	-20	0,032±0,003	-7,8	
		-70	-	-	
	Режим підсушування 0,85	-20	0,038±0,004	-3,6	
		-70	0,39±0,04	-10	
Режим підсушування 0,70	-20	0,025±0,002	-4,4		
	-70	0,26±0,02	-7,1		
Режим тушіння 1,0	Контроль	-20	0,030±0,003	-2,1	
		-70	0,23±0,02	-2,9	
	Режим підсушування 0,95	-20	0,023±0,002	-2,6	
		-70	0,33±0,03	-4,4	
	Режим підсушування 0,85	-20	0,029±0,003	-2,5	
		-70	0,20±0,02	-5,1	
	Режим підсушування 0,70	-20	0,021±0,002	-3,9	
		-70	0,20±0,02	-8,5	
	Режим тушіння 1,3	Контроль	-20	0,031±0,003	-5,3
			-70	0,26±0,02	-22,2
		Режим підсушування 0,95	-20	0,024±0,002	-4,2
			-70	0,27±0,02	-8,5
Режим підсушування 0,85		-20	0,014±0,001	-4,5	
		-70	0,27±0,02	-17,9	
Режим підсушування 0,70		-20	0,018±0,002	-9,5	
		-70	0,24±0,02	-22	

Аналізуючи температуру кристалізації вимороженої води в досліджуваних зразках буряку столового, необхідно відзначити, що зміни спостерігаються як за різних температур заморожування, так і за різних режимів технологічної обробки даного харчового продукту. Встановлено, що температура кристалізації змінюється в прямій залежності від температури заморожування. Так, максимальне значення температури кристалізації відмічено при  $t_{зам} = -70^\circ C$ , мінімальна при  $t_{зам} = -20^\circ C$ .

Значення максимальної швидкості заморожування за  $t_{зам} = -20^\circ C$  і різних режимів технологічної обробки практично не змінюються і знаходиться в межах від 0,014 до 0,038  $K/c$ . Це свідчить про те, що темп охолодження не лімітується теплофізичними властивостями досліджуваного зразка, хоча його щільність і масова частка води для різних технологічних режимів обробки відрізняються. Однак при  $t_{зам} = -50^\circ C$  і  $-70^\circ C$  швидкість збільшується практично на порядок, що обумовлено низькою температурою середовища. При

цьому, чим нижче температура заморожування, тим істотніше вплив операцій технологічної обробки на швидкість процесу охолодження.

---

### 5. Висновки

---

Таким чином, експериментально було встановлено, що температура кристалізації вимороженої води в досліджуваних зразках столового буряку зміщується в прямій залежності від температури заморожування, а також попередньої технологічної обробки даного продукту. Експериментально було визначено та графічно підтверджені точки початку та кінця про-

цесу кристалізації та плавлення вимороженої води в досліджуваних зразках буряку столового, а також розраховано її фактичну кількість.

Крім того, встановлено, що швидкість охолодження за низьких температур можна регулювати за рахунок зміни теплофізичних властивостей досліджуваного зразка при його технологічній обробці (тушіння, сушіння) перед заморожуванням.

Отримані дані можуть бути використані для визначення раціональних режимів заморожування та розморожування столового буряку у складі заморожених напівфабрикатів для перших і других страв з метою забезпечення їх високої якості.

---

### Література

1. В.В.М., Frozen vegetables [Текст] / В.В.М. // Restaurants & institutions. – 1996. - No 14. - С. 110
2. Lydecker, T., Frozen & canned vegetables [Текст] / T. Lydecker // Foodservice director. - 1997. - No 2. - С. 134
3. Мельник, А. Замороженные овощи – обзор рынка [Текст] / А. Мельник // Мороженые и замороженные продукты. – 2010. – № 3. – С. 25-27.
4. Осауленко, О. Г. Україна у цифрах у 2010 році [Текст] / О. Г. Осауленко. – К.: Август Трейд, 2011. – 251 с.
5. Douglas Goff, H., The use of thermal analysis in the development of a better understanding of frozen food stability [Текст] / H. Douglas Goff // Pige&App1. Chem. - Vol. 67, No 11. - 1995. - С. 1801-1808.
6. Mazur, P., Cryobiology: The freasing of biological systems [Текст] / P. Mazur // Science. - 1970. - No. 168. - С. 934-949.
7. Lovelock, J. E., Denaturation of lipid-protein complex [Текст] / J. E. Lovelock // Proc. Roy. Soc. London B. - 1957. - No 147. - С. 427-433.
8. Патент № 13953 Україна, МПК А/23L 1/00. Пристрій для визначення кількості вільної та зв'язаної вологи при температурах, близьких до температури рідкого азоту / А. М. Одарченко, Д. М. Одарченко, М. І. Погожих. – № 200511091; Заявлено 23.11.2005; Опубл. 17.04.2006. Бюл. №4.
9. Zhou, Y. G., Effect of water content on thermal behaviors of common buckwheat flour and starch [Текст] / Y. G. Zhou // Journal of Food Engineering. - 2009. - No. 2. - С. 242-248.
10. Алмаши, Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов [Текст] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарой. – М.: Легкая и пищевая пром-сть, 1981. – 406 с.