

*Розглянуто питання доповнення наукових основ формування якості харчових продуктів при консервуванні заморожуванням. Маючи теоретичні уявлення та практичні розробки, з'являється можливість скласти своєрідну систему оцінки якості для асортименту замороженої продукції та окремих її видів*

*Ключові слова: заморожування, холодильне зберігання, якість продукту, термічна зворотність, система оцінювання якості*

*Рассмотрены вопросы дополнения научных основ формирования качества пищевых продуктов при консервировании замораживанием. Имея теоретические представления и практические разработки, появляется возможность составить своеобразную систему оценки качества для ассортимента замороженной продукции и отдельных ее видов*

*Ключевые слова: замораживание, холодильное хранение, качество продукта, термическая обратность, система оценивания качества*

УДК 664.8.037

# НАУКОВІ ОСНОВИ ФОРМУВАННЯ ЯКОСТІ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ПРИ КОНСЕРВУВАННІ ХОЛОДОМ

**А. М. Одарченко**

Кандидат технічних наук, доцент  
Кафедра товарознавства, управління якістю та  
екологічної безпеки  
Харківський державний університет  
харчування та торгівлі  
вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

## 1. Вступ

Широка інтеграція продуктів харчування між країнами, необхідність транспортування їх на великі відстані, розповсюдження оптової, мережної, дрібно роздрібною торгівлі призвела до необхідності активного застосування різноманітних методів консервування харчових продуктів. Одним з пріоритетних напрямків отримання екологічно безпечних продуктів харчування з тривалим терміном зберігання є використання штучного холоду. Заморожена сировина чи напівфабрикати фактично не піддаються будь-якій хімічній модифікації або впливу фізичних силових полів, а, відповідно, максимально наближені за компонентним складом до вихідної сировини.

При холодильному зберіганні та транспортуванні одним з найважливіших параметрів, що впливає на якість харчових продуктів, напівфабрикатів та сировини є температура зберігання, а при виробництві заморожених продуктів і їх використанні – температура та швидкість заморожування [1].

При цьому постає проблема, яка полягає у вирішенні питання термічної зворотності процесу заморожування-розморожування. Ця проблема має як прикладне так і наукове значення: прикладне, оскільки впливає на асортимент та якість, а наукове – створення нових категорій оцінки якості, а також вивчення споживчих властивостей на всіх етапах життєвого циклу товару від сировини до споживача.

## 2. Аналіз досліджень і публікацій

Проблемою термічної зворотності процесу заморожування-розморожування вже тривалий час займаються відомі вчені та інститути. Серед них найбільший внесок було зроблено такими вітчизняними та закордонними вченими, як Орлова Н.Я., Руцький О.В., До-

ценко Н. та ін. [2 – 6]. Виходячи з наукових досягнень та практичного досвіду, розроблено широку нормативно-технічну базу. Однак на сьогодні, досконалих систем оцінювання якості на заморожену продукцію немає, тобто в нормативній документації не наведені достатньо розширені фізико-хімічні та термодинамічні властивості замороженої продукції, які могли б впливати на термічну зворотність процесу заморожування-розморожування.

## 3. Формування мети та задач

Метою дослідження є вдосконалення категорії термічної зворотності для формування та покращення якості заморожених харчових продуктів та сировини, що вже існують на ринку або в перспективі будуть розроблені.

Для досягнення визначеної мети сформовані завдання дослідження, в основу яких покладена концепція, яка полягає в тому, що термічна зворотність (мінімальна або нульова площа гістерезису кінетики температур) процесів заморожування-розморожування та керування науково обґрунтованим параметром стану води відносно сухої речовини ( $M_{CW}$ ) дозволяють досягти максимального наближення до вихідної величини фізико-хімічних характеристик консервованої холодою харчової продукції та сприяють значному покращенню якості та функціонально-технологічних властивостей замороженої сировини та харчових продуктів.

## 4. Виклад основного матеріалу

Структура самого дослідження безпосередньо полягає в тому, що відбирається зразок, визначаються його фізико-хімічні показники, а далі проводять

різноманітні дослідження, що передбачають наступні технологічні операції (подрібнення зразку, введення добавок, його сушіння, вибір режимів заморожування, холодильного зберігання та розморожування). В результаті кожен зразок вихідної сировини надає близько 100...120 баз даних, які обробляються на ПК, на основі чого складається система оцінювання якості для конкретного виду сировини, яка була заморожена в певному режимі, зберігалася при температурі -12...-18° С та розморожувалася.

В дослідженні застосовувались стандартні та оригінальні методики. До останніх відносяться такі як:

- калориметричні дослідження процесів заморожування і розморожування, що дозволяють визначити діапазон температур кристалізації та рекристалізації води, кількість вимороженої і не вимороженої вологи [7];

- мікроскопічні дослідження із застосуванням люмінесцентних ламп, що дозволяє ідентифікувати структурні елементи досліджуваних зразків, ступінь дисперсності, морфологію тканин та клітин.

Для введеної категорії термічної зворотності використовували методи, які широко застосовуються у фізичній хімії і термодинаміці, де опис станів складних систем має вигляд певних функцій стану:

$$f(T, P, v_{i-1}, M_{cw}, R, \eta, \sigma, d, \gamma), \quad (1)$$

де  $T$  – температура, К;  $P$  – тиск, Па;  $v_{i-1}$  – число молей компонентів, моль;  $M_{cw}$  – параметр ємності води зі зв'язування сухої речовини, кг/моль;  $R$  – характеристики кольору, відн. од.;  $\eta$  – в'язкість, Па·с;  $\sigma$  – деформаційні напруги, Па;  $d$  – дисперсний склад видимих частин, м;  $\gamma$  – електропровідність, Ом·м.

Для цієї функції було введено новий параметр, який позначається  $M_{cw}$ .

$$M_{cw}(O_x, v_c) = \frac{m_c^T(T_x, v_c)}{v_w^0(1-\xi(T, v_c))} + \frac{m_c^*(T_x, v_c)}{v_w^0(1-\xi(T, v_c))}, \quad (2)$$

Суть даного параметру – це відношення маси сухих речовин до числа молей невимороженої води. Використовуємо величину молей води, що обернено утримують суху речовину аналогічно поняттю активності води.

При цьому графічний аналіз можливих рівнів питомої енергії зв'язку води на кілограм сухої речовини схематично може бути зображений на рис. 1. Зони I та III характеризуються стійкістю властивостей відповідно, зона II є предметом технологічних операцій: попередньої підготовки сировини до заморожування, холодильного зберігання та розморожування.

Візуалізація ефектів впливу на тканини рослинної сировини може бути наочно продемонстровано за допомогою мікроскопії. На мікрофотографії (рис. 2) зі збільшенням у 100 разів добре видно області окреслені клітинними структурами, і їх зміни пов'язані з тепловою обробкою і після розморожування. Застосування ультрафіолетової лампи дозволяє ідентифікувати місце розташування хімічних компонентів, які здатні до люмінесценції, зміна кількості яких побічно характеризує руйнування рослинних клітин під дією операції технологічної обробки або заморожування.

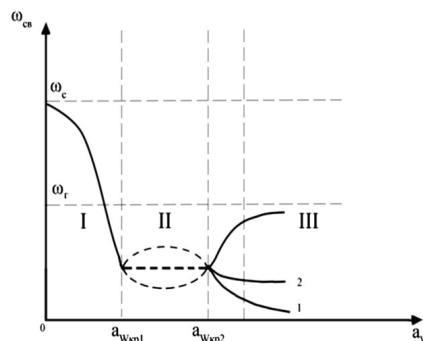


Рис. 1. Залежність масової частки сухих ( $\omega_{св}$ ) речовин від питомої активності води ( $a_w$ ):  $\omega_c$  – енергія зв'язку «сухого» стану,  $\omega_r$  – енергія зв'язку повністю розчиненого «сухої» речовини; 1 – утворення осаду; 2 – стійкість до розшарування;  $a_{wкр1}$ ,  $a_{wкр2}$  – критичні точки

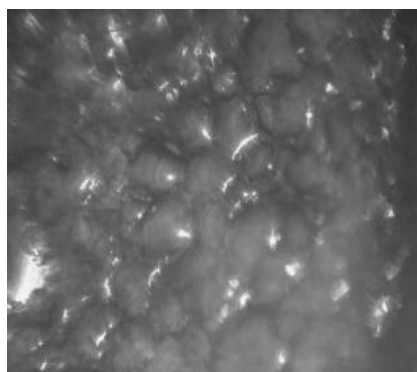


Рис. 2. Мікрофотографія буряку сушеного після тушіння, замороженого до -70° С в УФ

Кінетику і динаміку процесів заморожування здійснювали на розробленому і запатентованому низькотемпературному калориметрі, який дозволяє записувати базу даних у комп'ютер в автоматичному режимі. У цьому ж калориметрі також здійснювали і розморожування. Обробку даних проводили за допомогою програмного засобу MathCad 2001 [8, 9].

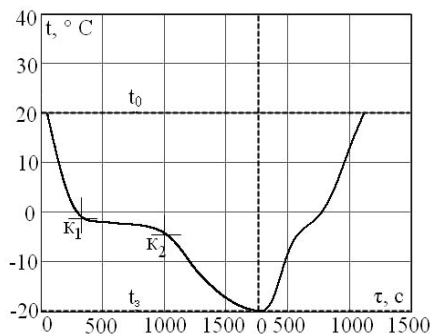
На рис. 3 зазначені області заморожування і розморожування. На цьому рисунку видно певну асиметрію цих процесів, ступінь якої визначається температурою заморожування.

Методика достатньо чутлива, щоб визначити критичні точки, де спостерігається кристалізація та рекристалізація вологи компонентів зразків. Видно, що на положення критичних точок, окрім температури заморожування, впливають операції технологічної обробки сировини до заморожування.

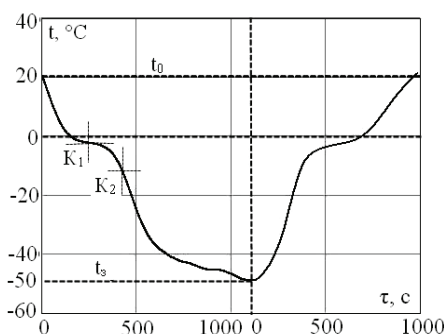
Встановлено, що у зразках з великим вологовмістом діапазони кристалізації вологи зміщуються у бік більш високих температур, а зі зниженням температури заморожування до -70° С кількість вимороженої води у зразках з високим вологовмістом більше ніж у зразках з меншим вологовмістом.

Знайдено, що режими попередньої підготовки і температура заморожування впливають і на колірність зразків буряка столового, що відображено на спектрах пропускання водних екстрактів з нього. Поряд із хімічними і мікробіологічними показниками отримані

дані покладені в основу для визначення раціональних режимів заморожування і розморожування буряка столового, як компонента овочевого напівфабрикату для перших та других страв.



а



б

Рис. 3. Залежність температури ( $t$ , °C) буряку столового від часу ( $\tau$ , с) при заморожуванні-нагріванні:  $t_0$  – початкова температура зразку;  $t_3$  – температура заморожування;  $K_1$  – температура початку кристалоутворення;  $K_2$  – температура кінця кристалоутворення

Заморожування достатньо ефективно при консервуванні сезонного врожаю ягід, однак питання транспортування свіжих і заморожених ягід відіграють значний вплив для забезпечення високих показників якості [10]. Корегування стійкості ягід до деформації здійснювали шляхом їх технологічної обробки у водних розчинах натрій карбоксиметилцелюлози (Na-КМЦ). Механічні характеристики насипного шару свіжих ягід та після розморожування досліджували прикладаючи різні напруги. Встановлено, що обробка ягід розчином Na-КМЦ, як до заморожування так і після зменшує деформацію насипного шару, що пояснюється захисною дією тонкої плівки Na-КМЦ на покривні тканини ягід. Отже, оброблені ягоди зберігають свої властивості при транспортуванні, розморожуванні, а також мають значні смакові якості і практично не відрізняються від свіжозібраних ягід.

## 5. Висновки

Використання системного підходу до категорії термічної зворотності стосовно операцій заморожування-розморожування харчової сировини та нових параметрів їх стану дозволяє отримати:

- наукові відомості про поведінку сировини при заморожуванні, холодильному зберіганні і розморожуванні;
- наукове обґрунтування режимів заморожування, холодильного зберігання і розморожування широкого асортименту харчових продуктів;
- створити системи оцінювання якості широкого асортименту заморожених харчових продуктів;
- сформувати ряд технологічних завдань для виробництва широкого асортименту заморожених харчових продуктів;
- розробити нові види замороженої продукції і впровадити їх у виробництво.

## Література

1. Алмаши, Э. Быстрое замораживание пищевых продуктов [Текст] / Э. Алмаши, Л. Эрдели, Т. Шарей. - М. : Легкая и пищевая промышленность, 1981. - 406 с.
2. Орлова, Н. Я. Консистенция и влагоудерживающая способность замороженных плодов [Текст] / Н.Я. Орлова // Пищевая промышленность. - 1992. - №1. - С. 24-25.
3. Руцкий, А. В. Холодильная технология обработки и хранения продовольственных продуктов [Текст] / А. В. Руцкий. - Минск : Высшая школа, 1991. - С. 197.
4. Доценко, Н. Кризахист айви при заморожуванні [Текст] / Н. Доценко, Е. Кротов, А. Бровченко // Харчова і переробна промисловість. - 1997. - № 12. - С. 24-25.
5. Orlova, N. Y. Biological value of new semi-frozen vegetables for healthy nutrition [Текст] / N. Y. Orlova, S. O. Belinska, N. V. Kameneva // The 17<sup>th</sup> IGWT Symposium and 2010 international conference of commerce. - Romania, Buharest, 2010.
6. Orlova, N. Y., Quality and safety of multikomponent frozen vegetable convenience foods [Текст] / N.Y. Orlova, S.O. Belinska, N.V. Kameneva // The 10<sup>th</sup> international commodity science. Current trends in commodity science. - Poznan, Poland, 2009.
7. Freezing process improves food quality [Текст] // J.Food Eng.Int. - 1990. - V.15(2). - С. 60.
8. Wells, J.H. A graphical interpretation of time-temperature related quality changes in frozen food [Текст] / J.H. Wells, R.P. Jingsh // Winter Meet. Amer. Joc. Agr. Eng. - 1985. - № 65(02). - С. 1-22.
9. Fennema, O. Cryogenic freezing of foods [Текст] / O. Fennema // Cryog. Eng. Conf. Boulder Co. - 1997. - № 8. - С. 41-46.
10. Gray, A.P. Effect of freezing process on product properties [Текст] / A.P. Gray. - 1968.