

УДК 664.8.037.5:635

В.Ф. Ялпачик, В.Г. ТарасенкоТаврійський державний агротехнологічний університет
72312, м. Мелітополь, пр. Б.Хмельницького 18**ВИБІР ТЕМПЕРАТУРИ ЗАМОРОЖУВАННЯ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ ПО ВИМОРОЖЕНІЙ ВОДІ***Робота направлена на дослідження фазового перетворення води в лід деяких видів плодовоовочевої продукції. В результаті проведених досліджень встановлена температура, до якої необхідно проводити процес заморожування***Ключові слова:** Перетворення води в лід – Енергія зв'язку – Плодовоовочева продукція – Температура – Незамерзаюча вода – Заморожування*The work is directed on research of phase transformation of water in frost of some types of products fruit and vegetable. The as a result conducted researches a temperature at which it is needed to produce the process of freezing are resulted in this article.***Keywords** – Transformation of water in frost – Energy of communication – Products fruit and vegetable – Temperature – Non-freezing water – Freezing.**I. ВСТУП**

Постановка проблеми. Фазовий перехід води в лід обумовлює гальмування дифузійних процесів, хімічних і біохімічних реакцій, зберігаючи за рахунок цього якісні характеристики продукту на тривалий період.

Дослідження показали, що хімічний склад плодів і овочів визначає досить низькі температури замерзання. Висока масова частка водорозчинних речовин у водній фазі сільськогосподарської продукції обумовлює підвищення осмотичного тиску і зниження температури початку замерзання. Причому, певний набір водорозчинних речовин, їх специфічні властивості визначають індивідуальне значення криоскопічних температур і ступінь захисту від пошкоджувальної дії холоду.

Якість замороженої рослинної тканини більшою мірою залежить від умов заморожування і від кількості незамерзаючої води. Тому заморожування плодів і овочів для тривалого зберігання необхідно проводити до такої температури, при якій кількість незамерзаючої води буде такою, яка неприступно для хімічних реакцій.

Аналіз останніх досліджень. Перетворення води в лід при відведенні тепла дуже важливим явищем в холодильній технології, яке спричиняє істотні наслідки, що впливають на якість продукції. Фізиці льодоутворення, властивостям води і льоду присвячено багато досліджень [3,4,5,6].

З результатів досліджень випливає, що низькі температури призводять до різкого скорочення енергії руху молекул, унаслідок чого вони з більшою інтенсивністю взаємоорієнтуються в певному порядку, властивому їх положенню в кристалі. Скорочення руху молекул води виражається в зниженні загальної внутрішньої енергії речовини, яку класифікують як приховану теплоту льодоутворення і що виділяється під час кристалізації [2,7,8]. При низьких температурах молекули води, що перейшли у вільний стан, входять до складу кристалів. При низьких температурах молекули води входять до складу кристалів льоду, збільшуючи їх розміри і тиск на протоплазму руйнуючи її.

Мета роботи. Дослідити кінетику фазового перетворення води в лід при різних температурах і використання отриманих даних для вибору режимів заморожування і тривалого зберігання сільськогосподарської продукції.

II. ОСНОВНА ЧАСТИНА

Щоб зробити обґрунтований висновок про якісні зміни заморожених продуктів, необхідно знати про можливі структурні зміни, пов'язані з дією холоду. Дія холоду виражається в руйнуванні адсорбованих шарів води, особливо тих, які на найбільшій відстані від поверхні.

Вимерзання вологи залежить від енергії її зв'язку з сухою речовиною плодовоовочевої продукції. В процесі заморожування, виникаючі осмотичні сили незамерзаючої води прагнуть

відірвати міцно зв'язну воду і перевести її в розчин, де вона потім перейде в лід.

III. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Рівноважну енергію зв'язку (E) визначали залежно від температури замороженого продукту. Для розрахунків використовували формулу Д.Г. Рютова [1]:

$$E = L \cdot \frac{-t}{273,15}, \quad (1)$$

де L – питома теплота перетворення води в лід, кДж/кг;

t – кінцева температура продукту, °С.

$$L = 334,2 + 2,12t + 0,0042t^2 \quad (2)$$

Результати розрахунків представлені на рис. 1.

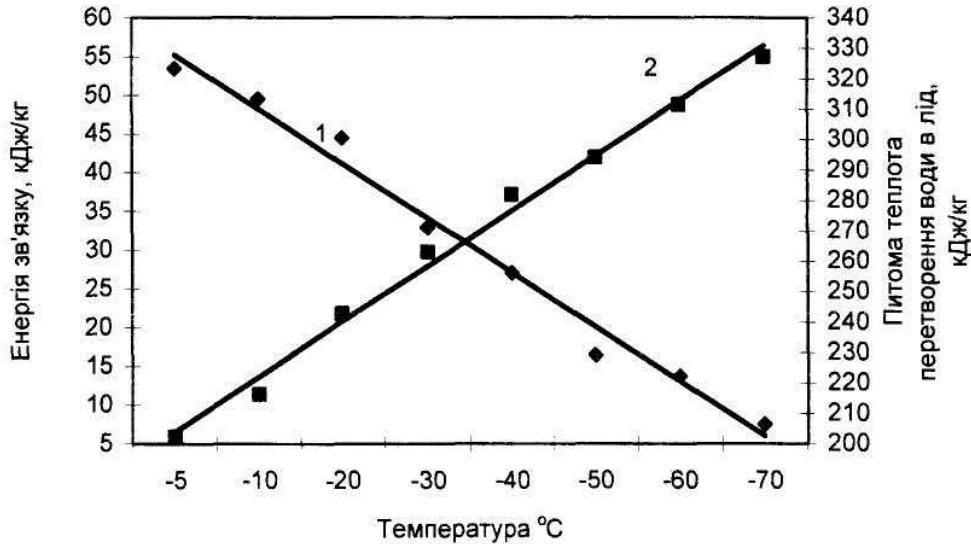


Рисунок 1 – Енергія зв'язку води в заморожуваній системі плодоовочевої продукції: 1 – зміна питомої теплоти перетворення води в лід; 2 – зміна енергії зв'язку води в заморожуваній системі плодоовочевої продукції.

Стани рівноваги при температурі t прирівнюються до енергії зв'язку води з сухими речовинами продукту.

Аналіз рис. 1 показав, що внаслідок пониження температури плодоовочевої продукції, в замороженій системі залишається незамерзла вода з великою енергією зв'язку. Це зв'язано з тим, що виморожування води відбувається в напрямку від малоенергоємних форм зв'язку з сухою речовиною продукту до високоенергоємних форм.

Для встановлення температури заморожування плодоовочевої продукції, при якій кількість незамерзаючої води буде такою, яке недоступно для біохімічних реакцій. Ці технологічні умови заморожування являються чинником стабільності продуктів при тривалому зберіганні.

Теоретично по апроксимованій Чижовим Г.Б. із закону Рауля формули (2) була визначена кількість вимороженої води:

$$\omega = \frac{1,105}{1 + \frac{0,31}{\lg [t + (1 - t_{кр})]}} \quad (3)$$

де ω – кількість вимороженої води %;

t – температура заморожування, °С;

$t_{кр}$ – криоскопічна температура, °С.

Для експериментального дослідження кількості вимороженої води використовувався криогенний спосіб заморожування. Для цього в судину Дьюара з рідким азотом об'ємом 30 л опускали овочі з завчасно встановленими в них термопарами.

Овочі нарізували кружечками, для проведення досліду брали два однакових за розмірами кружечка, в середину одного встановлювали термопару, а другий перед заморожуванням зважували на електронних вагах, потім обидва кружечки поміщали в судину Дьюара з рідким азотом. Для цього було виготовлено пристосування, що дозволяє опускати випробовувані зразки овочів на одному рівні для рівномірного теплообміну між парами рідкого азоту і зразками.

Овочі заморожували в парах рідкого азоту до температури -10, -20, -30 і -40 °С.

Заморожування кабачка, баклажана здійснювалося кружечками розміром 5×2 см, гарбузи шматочками 0,4×0,4×0,4 см.

Після досягнення заданої температури, яку контролювали за допомогою потенціометра КВ-1, досліджуваний зразок подрібнювали і поміщали в сушильну шафу, де висушували при температурі 103...105 °С до постійної маси.

Масову частку вологи визначали по формулі

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_1}, \quad (4)$$

де m_1 – маса зразка до заморожування, г;

m_2 – маса зразка після висушування, г.

Результати досліджень по зміні фазового стану води під впливом низьких температур плодовоовочевій продукції, замороженій до різних температур, були використані для побудови діаграм. На рис. 2 показаний вплив температури заморожування на фазову зміну води плодовоовочевій продукції. Результати досліджень дозволяють допустити, що водна фаза продукції містить незамерзаючу частку при будь-якій температурі.

На рис. 2, 3, 4, 5, 6 приведені графіки динаміки фазового переходу води в лід баклажана, кукурудзи, гарбуза, кабачка і пелюстки відповідно.

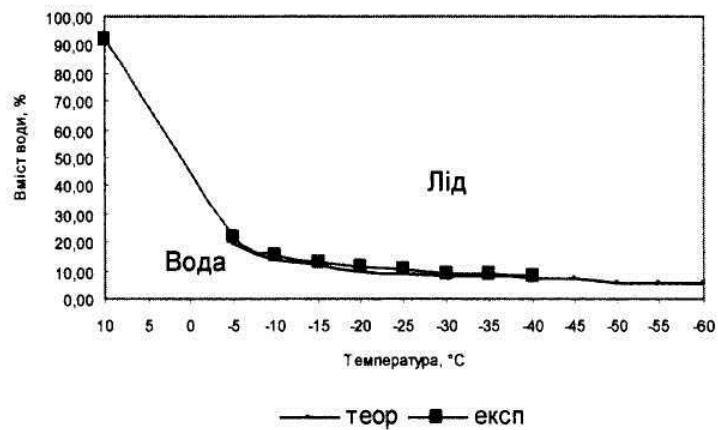


Рисунок 2 – Залежність вмісту води від температури заморожування баклажана

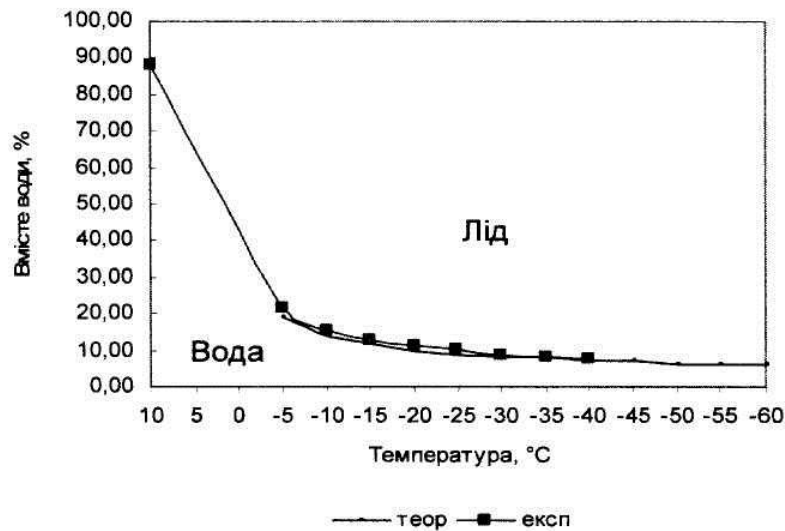


Рисунок 3 – Залежність вмісту води від температури заморожування кукурудзи

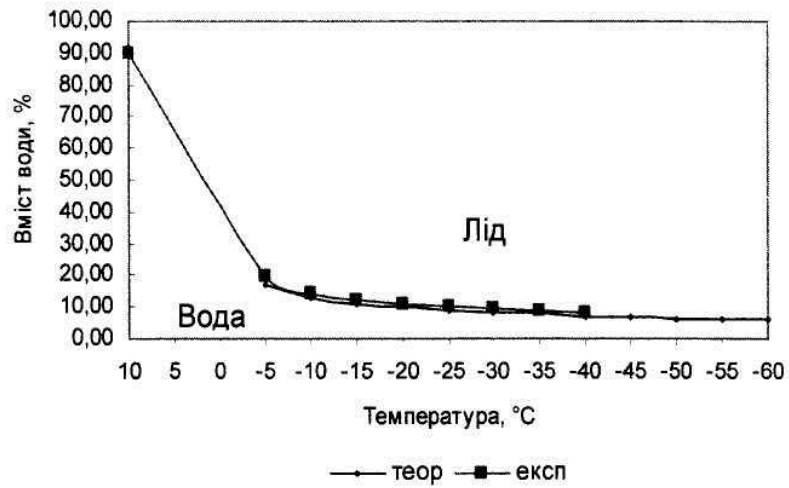


Рисунок 4 – Залежність вмісту води від температури заморожування гарбуза

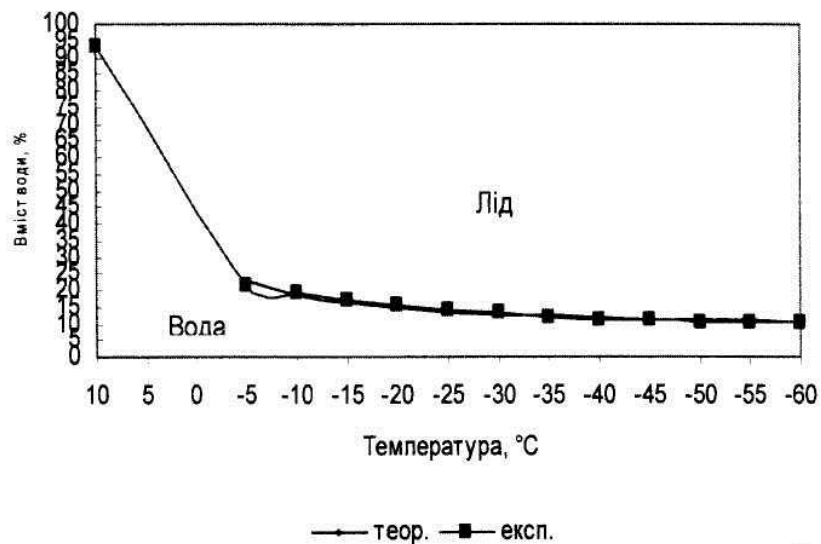


Рисунок 5 – Залежність вмісту води від температури заморожування кабачка

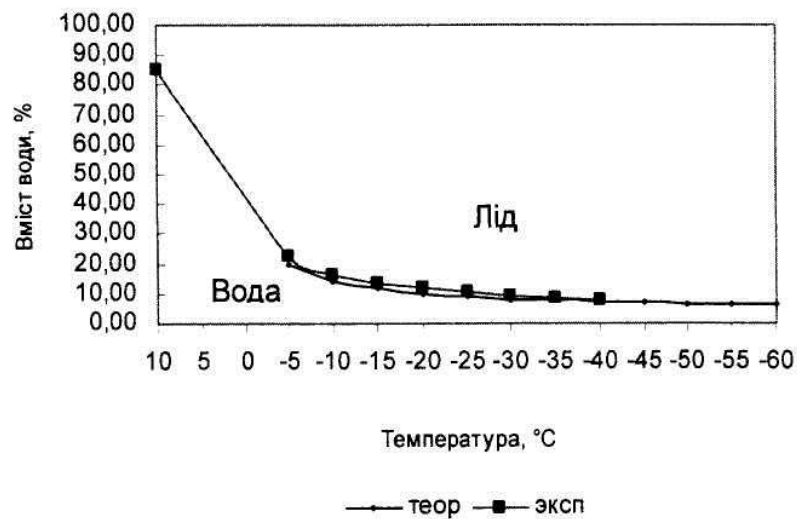


Рисунок 6 – Залежність вмісту води від температури заморожування перцю

Проведений аналіз діаграм показав, що кінетика зміни фазового стану води мала наступну закономірність (рис. 2-6). За час зниження температури до мінус 5 °С у водній фазі плодів в лід перейшло 60-70 %. При цій температурі водна фаза плодів представляє гетерогенну систему "вода - лід". Масова частка рідкої фази складає від 20 до 25 %.

На етапі заморожування до температури мінус 20 °С спостерігалось незначне зниження масової частки незамерзаючої води у всіх плодах і склало 10-14 %. З пониженням температури до мінус 60 °С масова частка вимороженої води склала 4-5 % і кількість води, яка залишилася в плодах, дорівнювала 6-9 %.

Отже, це ще раз підтверджує, що температура, до якої слід проводити заморожування, повинна бути мінус 20 °С.

Аналіз графіків, отриманих теоретичним і експериментальним шляхом показав, що величина відхилення даних, отриманих теоретичним шляхом на 5-7 % відрізняються від таких, що отримані експериментально.

IV. ВИСНОВКИ

Інтенсивна кристалізація води починається на першому етапі заморожування в області температур від 0 до мінус 5 °С. Інтенсивність кристалізації води знижується в діапазоні температур від мінус 20 °С до мінус 60 °С. Температура, до якої потрібно проводити заморожування і зберігання плодів, повинна бути мінус 20 °С.

Встановлено, що водна фаза продукції містить незамерзаючу частку при будь-яких температурах.

Значення кількості вимороженої води залежно від температури, отримані теоретичним і експериментальним шляхом, відрізняються один від одного на 5-7 %.

ЛІТЕРАТУРА

1. Рютов Д.Г. Влияние связанной воды на образование льда в пищевых продуктах при их замораживании // Холодильна техніка.-№5.-С.32-37.
2. Чижев Г. Б. Теплофизические процессы в холодильной технологии пищевых продуктов. 2-е изд., перераб. - М.: Пищевая пром-сть, 1979. - 272 с.
3. Мендельсон К. Физика низких температур / К.Мендельсон // Пер. с англ. И.Н. Гончарова под ред. Н.Е. Алексеевского.- М.: Иностранная литература, 1963.-228с.
- 4.
5. Дерягин Б.В. Вода в дисперсных системах / Б.В. Дерягин, Н.В. Чураев, Ф.Д. Овчаренко.-М.: Химия, 1989.-288с.
6. Вода в пищевых продуктах / Под ред. Дакуррта.-М.: Пищевая промышленность, 19809.-361с.
7. Анджелл К.А. Вода и водные растворы при температурах ниже °С / К.А. Анджелл, М.Г. Ските, С.А. Райс.- Киев: Наукова Думка, 1985.-387с.
8. Кокшарова Т.Е. Определение количества вымороженной влаги в твердых сычужных сырах / Т.Е. Кокшарова, З.С. Соколова // Холодильная обработка и хранение пищевых продуктов: Сб. научных трудов.-Л., 1979.-С.110-114.
9. Головкин Н.А. Холодильная технология пищевых продуктов / Н.А. Головкин, Г.Б. Чижев.- М.: Госторгиздат, 1963.-237с.

Получена в редакции 06.10.2008, принята к печати 24.10.2008