

Міністерство аграрної політики та продовольства України
Вінницький національний аграрний університет

ТАРАСЕНКО ВІРА ГРИГОРІВНА



УДК 631.56:635.62

**ТЕХНОЛОГІЧНО-КОНСТРУКТИВНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЦЕСУ
ПІДМОРОЖУВАННЯ КАБАЧКІВ І ГАРБУЗІВ ПРИ ПІДГОТОВЦІ ДО
ДОВГОТРИВАЛОГО ЗБЕРІГАННЯ**

05.18.12 - процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних
виробництв

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Вінниця – 2015

Дисертацією є рукопис

Робота виконана у Таврійському державному агротехнологічному університеті
Міністерства аграрної політики та продовольства України

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Кюрчев Сергій Володимирович,
Таврійський державний агротехнологічний університет,
кафедра технології конструкційних матеріалів,
завідувач кафедри

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Потапов Володимир Олексійович,
Харківський державний університет харчування та торгівлі,
кафедра холодильної та торговельної техніки,
завідувач кафедри

кандидат технічних наук, доцент
Масліков Максим Михайлович,
Національний університет харчових технологій, кафедра
процесів і апаратів харчових виробництв, доцент кафедри

Захист відбудеться "22" січня 2015 р. о "14⁰⁰" годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 05.584.02 у Вінницькому національному аграрному університеті за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Вінницького національного аграрного університету за адресою: 21008, м. Вінниця, вул. Сонячна, 3.

Автореферат розісланий "17" грудня 2014 р.

Учений секретар спеціалізованої
вченої ради, к.т.н., доцент



С.А. Шаргородський

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. Овочі приблизно на 80% задовольняють потреби організму людини у вітамінах і на 60% у калоріях, тому виробництво і зберігання овочів не втрачає своєї актуальності. В останній час в економічно розвинених країнах швидко заморожування широко використовується через те, що забезпечує довготривале зберігання заморожених продуктів. Світовий досвід зберігання овочевої продукції у замороженому стані є перспективним напрямком холодильної технології, який сприяє зростанню виробництва замороженої продукції та її споживанню в несезонний період.

Консервування, як традиційний спосіб зберігання, призводить до втрат близько 50 % вітаміну С при термічній обробці та потребує істотних витрат матеріалів, є ресурсоємним і екологічно не вигідним. Швидко заморожування кабачків і гарбузів, які є одними з розповсюджених культур на території України - ефективний сучасний спосіб зберігання, який дає змогу максимально зберегти їх початкову якість та високі властивості і поживні речовини. Збільшення обсягів виробництва заморожених овочів є одним з найважливіших завдань забезпечення продовольчої безпеки країни.

Дослідженням процесу заморожування і розробкою технології і апаратурного забезпечення зберігання у замороженому стані присвячені праці таких вчених, як Е.Алмаші, І.Г. Чумак, В.П. Оніщенко, В.Й.Іванченко, В.О. Потапов, В.Ф.Ялпачик.

Зв'язок дисертації з науковими програмами і темами. Робота містить результати досліджень, виконаних автором у рамках науково-дослідної роботи кафедри обладнання переробних і харчових виробництв Таврійського державного агротехнологічного університету відповідно до програми №1 науково-дослідних робіт "Розробка наукових основ систем технологій і технічних засобів для забезпечення продовольчої безпеки Південного регіону України" (підпрограма 1.6 "Розробка наукових систем технологій і технічних засобів для переробки сільськогосподарської продукції" державний реєстраційний номер 0102U000680).

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є збільшення терміну зберігання продукції при поліпшенні харчової цінності і поживних властивостей кабачків і гарбузів шляхом оптимізації режимів механічної та термічної обробки та розробки необхідного конструктивного оснащення.

Відповідно до поставленої мети були поставлені наступні завдання дослідження:

- провести аналіз досліджень і закономірностей процесу заморожування;
- обґрунтувати розміри фрагментів кабачків і гарбузів;
- розробити математичну модель процесу заморожування;
- дослідити вплив низьких температур на теплофізичні, фізико-механічні, біохімічні на мікробіологічні показники сировини;
- розробити і обґрунтувати режимні параметри процесу заморожування на основі дослідження впливу попереднього підморожування на адгезійні характеристики кабачків і гарбузів;
- розробити нормативно-технічну документацію, провести виробничі випробування і дати рекомендації виробництву.

Об'єкт дослідження: процес підготовки до довготривалого зберігання кабачків і гарбузів.

Предмет дослідження: технологічні, конструктивні параметри обладнання для заморожування та закономірності зміни біохімічних, теплофізичних і фізико-механічних параметрів кабачків і гарбузів за час зберігання.

Методи дослідження: фізико-математичне моделювання теплофізичних властивостей овочевої сировини; експериментальні методи аналізу фізико-механічних, біохімічних та мікробіологічних змін в овочевій сировині; методи статистичного аналізу експериментальних даних; методи обчислювальної математики, методи техніко-економічного аналізу ефективності промислових технологій. Для аналітичного дослідження використовувались програми: Excel, MathCad, Statistika.

Наукова новизна одержаних результатів. На основі проведених теоретичних та експериментальних досліджень процесу заморожування кабачків і гарбузів вперше було:

- розроблено математичну модель процесу заморожування кабачків і гарбузів;
- проведено оптимізацію геометричних параметрів розмірів фрагментів кабачків і гарбузів виходячи з умов досягнення швидкого заморожування для зберігання високої якості продуктів у замороженому вигляді;
- доведено доцільність попереднього підморожування фрагментів кабачків і гарбузів на основі дослідження адгезійних властивостей;
- отримано залежності, що відображають адгезійні властивості досліджуваної рослинної продукції при її попередньому підморожуванні;
- набуло подальшого розвитку визначення закономірностей змін гістологічних, теплофізичних, біохімічних, фізико-механічних і мікробіологічних показників якості кабачків і гарбузів при заморожуванні та тривалому зберіганні у замороженому вигляді.

Новизна одержаних результатів підтверджена патентами на корисну модель: № 26205 (2007 р.) «Спосіб підготовки кабачків до зберігання»; №27716 (2007 р.) «Спосіб виготовлення консервованої овочевої ікри»; №44109 (2009) «Спосіб консервування кабачків».

Практичне значення одержаних результатів:

- обґрунтовані оптимальні режими заморожування і зберігання плодів кабачків і гарбузів;
- розроблені технологія та конструктивне оснащення процесу підморожування, що знайшли впровадження у ТОВ ВКФ „Мелітопольська черешня” та у ПАТ „Рефма”;
- на основі експериментальних результатів дослідження розроблена та затверджена технологічна інструкція на виробництво заморожених кабачків і гарбузів;
- результати наукових досліджень і розроблену методику визначення адгезії харчових продуктів впроваджені у навчальний процес Таврійського державного агротехнологічного університету (м. Мелітополь) при вивченні дисципліни «Процеси і апарати харчових виробництв».

Особистий внесок дисертанта полягає в аналізі теоретичного матеріалу, виконанні патентного пошуку, розробці методики і проведенні експериментальної частини роботи, отриманні і узагальненні результатів досліджень, підготовці матеріалів до публікації та складанні заявок на корисну модель, розробці технічної документації. У наукових роботах, виконаних у співавторстві, дисертанту належить планування і підготовка дослідної роботи, участь у експериментальних дослідженнях, аналіз і обробка результатів. Основні положення дисертації і висновки сформульовані дисертантом особисто.

Апробація результатів дисертації. Основні положення і результати дисертаційної роботи доповідались і обговорювались на науково-технічних конференціях професорсько-викладацького складу (м. Мелітополь, ТДАТУ, 2006-2014 р.р.), на таких вітчизняних і міжнародних конференціях: на III Всеукраїнській науково-практичній Інтернет-конференції «Соціум. Наука. Культура» (Київ, 29-31 січня 2008), на міжнародній науково-технічній конференції «Актуальні проблеми і новітні технології харчової та переробної галузі» (Луганськ, 23-24 квітня 2008), на VIII Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв» (Харків, 30-31 жовтня 2008), на V міжнародному форумі молоді «Молодь і сільськогосподарська техніка в XXI столітті» (Харків, 2-3 квітня 2009), на Всеукраїнській науково-практичній конференції «Прогресивні техніка та технології харчових виробництв, ресторанного господарства і торгівлі. Економічна стратегія і перспективи розвитку сфери торгівлі та послуг» (Харків, 20 травня 2009), на V Міжнародній науково-практичній конференції «Харчові технології-2009» (Одеса, 8-9 жовтня 2009), на VII Міжнародній науково-практичній конференції «Проблеми харчових технологій і харчування. Сучасні виклики і перспективи розвитку» (Святогірськ, 7-9 вересня 2011), на 7-ій міжнародній науково-технічній конференції „Сучасні проблеми холодильної техніки і технології” (Одеса, 14-16 вересня 2011), на Всеукраїнській науково-практичній конференції молодих учених і студентів „Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді” (Харків, 26 березня 2014).

Публікації. За матеріалами дисертації опубліковано 24 наукових праці, у тому числі 16 статей у наукових фахових виданнях, що затверджені ДАК України, 1 стаття у міжнародному виданні, 3 деклараційних патенти України на корисну модель і 4 тези доповідей на наукових конференціях.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, 5-х розділів, висновків, списку використаних джерел, який налічує 220 найменувань, у тому числі 10 латиницею та 7 додатків. Робота викладена на 155 сторінках машинописного тексту, містить 27 таблиць, 54 рисунки.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтована актуальність теми дисертаційної роботи, сформульовано мету, завдання дослідження, показано наукову новизну та практичне значення отриманих результатів.

У першому розділі „Аналіз закономірностей процесу заморожування та його конструктивна реалізація” проаналізовано закономірності процесу заморожування. Розглянуто існуюче технологічне оснащення для реалізації процесу заморожування, досліджені сортові відмінності дослідної сировини. Обґрунтовано технологію та конструктивну схему обладнання та процесу підморожування.

Для реалізації процесу швидкого заморожування використовуються швидкоморозильні апарати, але для невеликих сільськогосподарських підприємств придбання швидкоморозильного апарату є недоцільним через його велику вартість і високу продуктивність. Пропонується перед заморожуванням проводити попереднє підморожування для запобігання явища злипання нарізаних овочів у великі блоки.

Тому нами пропонується конструкція пристрою для попереднього підморожування, конструкцію якого представлено на рис.1.

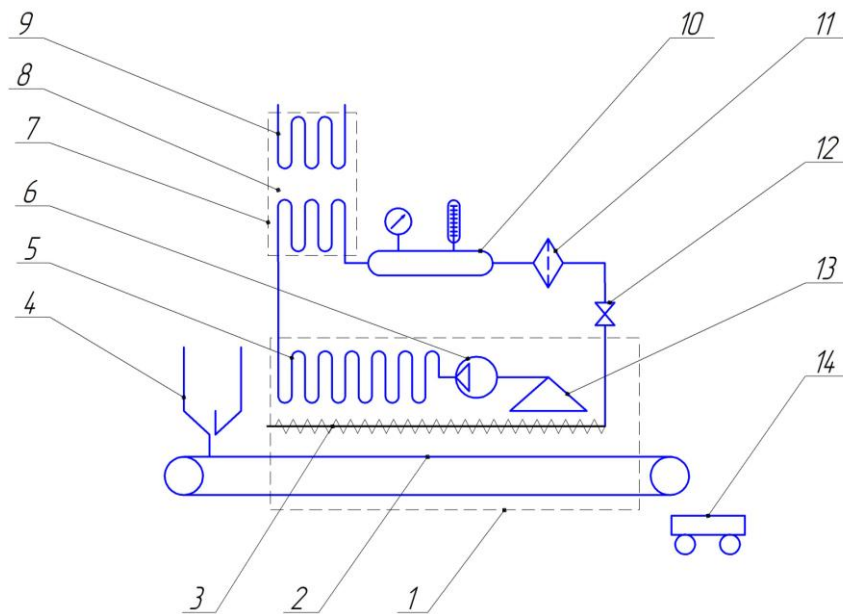


Рис.1. Загальний вигляд пристрою для попереднього підморожування

1 - камера охолодження; 2 - транспортер; 3 - трубопровід з соплами;
4 - завантажувальний бункер; 5 - рекупераційний радіатор; 6 – компресор;
7 - теплообмінник; 8 - радіатор-охолоджувач; 9 - випарник холодильника;
10 - ресивер; 11 - фільтр-вогловідокремлювач; 12 - вентиль;
13 - вогловідокремлювач; 14 - візок для приймання готової продукції.

В робочій камері охолодження 1 розташовані транспортер 2, трубопровід з соплами для подачі переохолодженого повітря 3. Перед робочою камерою розташований завантажувальний бункер 4, а за нею візок для приймання готової продукції 14. Холодоагент, який відпрацював, приймається до приймального пристрою вогловідокремлювача 13, звідки надходить до компресора 6, який стискує сухе холодне повітря. За компресором 6 розташований рекупераційний радіатор 5. Після виходу з камери розташований теплообмінник 7, в якому розташований радіатор-охолоджувач 8 і випарник холодильника 9. Охолоджений стиснений холодоагент накопичується в ресивері 10, звідки через фільтр-вогловідокремлювач 11 надходить до регулюючого вентилля 12.

У другому розділі „Обґрунтування методів експериментального визначення параметрів процесу заморожування кабачків і гарбузів” описано методики експериментальних досліджень, які були проведені при виконанні роботи: методику проведення досліджень показників якості, методику заморожування і дефростації, методика визначення кількості вимороженої води, фізико-механічних властивостей кабачків і гарбузів при тривалому зберіганні в замороженому стані, методику визначення адгезійних характеристик дослідної сировини, методику визначення впливу часу зберігання сировини у замороженому стані.

Також представлені лабораторні установки та експериментальний прилад для визначення адгезії (рис.2), в якому зусилля відриву вимірюється по деформації тензометричної балки із записом результату на стрічці осцилографа.

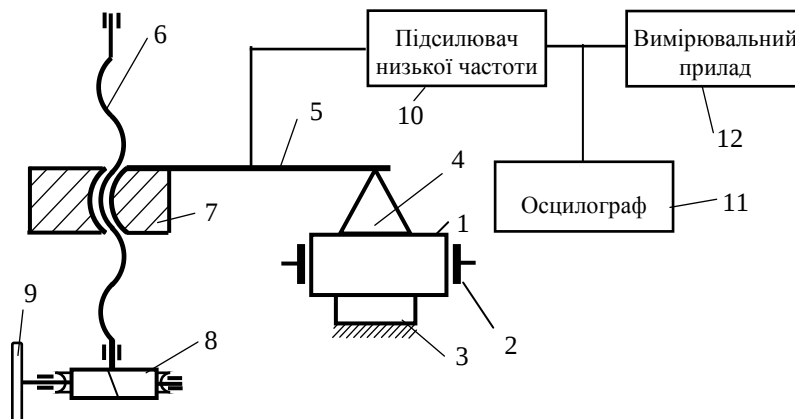


Рис. 2. Схема приладу для вимірювання адгезії: 1 – зразок; 2 – затискач; 3 – нерухома площадка; 4 – пластина; 5 – тензометрична балка; 6 – гвинт; 7 – гайка; 8 – черв'ячна пара; 9 – маховик; 10 – тензопідсилювач; 11 – осцилограф; 12 – вимірювальний прилад.

Прилад працює таким чином: зразок 1 закріплюють в затискачах 2. Гайка 7, на якій закріплена тензометрична балка 5, утворює з ходовим гвинтом різьбове з'єднання. При обертанні ходового гвинта гайка 7 з тензометричною балкою переміщається в залежності від напрямку обертання вгору або вниз. Обертання гвинта здійснюється через черв'ячну пару 8 вручну маховиком 9. До тензометричної балки 5 кріпиться пластина 4. Для створення попереднього контакту на пластину 4 встановлювали вантажі.

Фотографію приладу для вимірювання адгезії представлено на рис. 3.

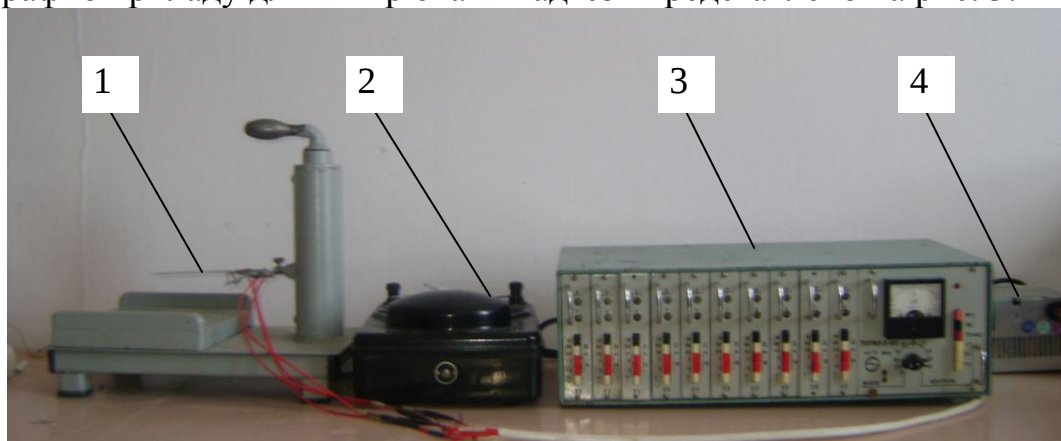


Рис. 3. Фотографія приладу для вимірювання адгезії:
1-тензобалка; 2-міліамперметр; 3-тензопідсилювач; 4-блок живлення.

У третьому розділі „Теоретичні засади процесу підготовки кабачків і гарбузів до довготривалого зберігання” обґрунтовані основні технологічні параметри підготовки кабачків і гарбузів до тривалого зберігання у замороженому стані. Так, обґрунтовано розміри фрагментів кабачків і гарбузів на основі досягнення умов швидкого заморожування.

Як відомо, найбільш простою та універсальною формулою для розрахунку тривалості процесу заморожування є відома формула Планка з урахуванням кінцевої теплоємності замороженої частини продукту та коефіцієнту форми

$$\tau_{зам} = \frac{L\rho R}{t_{кр} - t_{ср}} \Phi \left(\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) + \frac{C\rho R}{2\Phi} \left[\frac{R}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{\ln(1+Bi)}{Bi} \right) \right] \quad (1)$$

де $\tau_{зам}$ – час заморожування, с;

L – питома теплота льодоутворення, $3,35 \cdot 10^5$ Дж/кг;

ρ – щільність продукту, кг/м³;

C – питома теплоємність продукту, Дж/кг·К;

R – характерний розмір продукту, м;

λ – коефіцієнт теплопровідності продукту, Вт/(м·К);

α – коефіцієнт тепловіддачі від поверхні продукту до охолоджуючого повітря, Вт/(м²·К);

$t_{ср}$ – температура охолоджуючого середовища, °С;

$t_{кр}$ – криоскопічна температура продукту, °С;

Bi – число Біо, $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$;

Φ – коефіцієнт форми, краще визначати за співвідношенням

$$\Phi = 1 + \left(\frac{R_x}{R_y} \right)^2 + \left(\frac{R_x}{R_z} \right)^2, \quad (2)$$

де, R_x , R_y , R_z - розміри тіла вздовж осей x, y, z прямокутної системи координат (розташованої у геометричному центрі тіла), вісь Oz поєднує найбільш віддалені точки тіла на його поверхні, вісь Ox - найбільш наближені точки тіла (рис. 4). Характерним розміром для процесу теплоперенесення є розмір R_x . Коефіцієнт форми згідно (2) змінюється в межах від 1 до 3, $\Phi=1$ відповідає найменш упакованим тілам (нескінченна пластина), $\Phi=3$ відповідає сфері (найбільш упаковане тіло).

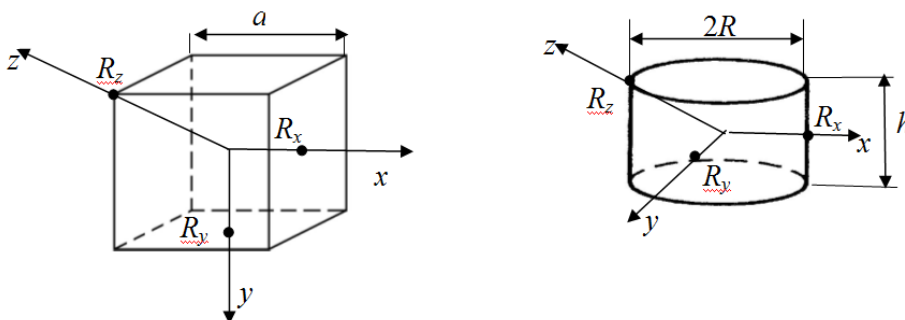


Рис. 4. Визначення коефіцієнтів форми для куба та циліндра

Коефіцієнт форми для куба зі стороною a та характерними розмірами $R_x=R_y=R_z=a/2$ дорівнює

$$\Phi_{\text{куб}} = 1 + \left(\frac{a/2}{a/2} \right)^2 + \left(\frac{a/2}{a/2\sqrt{2}} \right)^2 = 2.5, \quad (3)$$

Для циліндра коефіцієнт форми залежить від його радіуса R та висоти h , а саме,

$$R_y = R; \quad R_x = \frac{h\sqrt{R_y^2 + (a/2)^2}}{2R_y}; \quad R_z = h\sqrt{R_y^2 + (a/2)^2}, \text{ то}$$

$$\Phi_{\text{цил}} = 1 + \left(\frac{h\sqrt{R^2 + (a/2)^2}}{2R^2} \right)^2 + \left(\frac{h}{2R} \right)^2, \quad (4)$$

Коефіцієнт форми циліндра змінюється в межах 1...2,6. Найменше значення відповідає нескінченно тонкому циліндру ($R_x \ll R_z$; $R_y \ll R_z$), найбільше циліндру для якого $R_x = R_y$, висота такого циліндра згідно рівняння (4) дорівнює $h = 1,57R$.

Середню лінійну швидкість заморожування визначили з урахуванням (1) - (2):

$$\omega_{\text{зам}} = \frac{R_x}{\tau_{\text{зам}}} = \frac{\Phi}{\left(\frac{L\rho}{\alpha - t_{\text{кр}}} \left(\frac{R_x}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \right) + \frac{C\rho}{2} \left[\frac{R_x}{2\lambda} + \frac{1}{\alpha} \left(1 - \frac{\ln(1 + \text{Bi})}{\text{Bi}} \right) \right] \right)} \quad (5)$$

де $\omega_{\text{зам}}$ - середня лінійна швидкість заморожування, м/с.

Для визначення умов, за яких відбуватиметься швидке заморожування, було побудовано залежність середньої швидкості заморожування (5) для шматочків гарбуза у формі кубиків та кабачків у формі низького циліндру з оптимальною висотою $h = 1,57R$. У розрахунках використовувалися теплофізичні характеристики, отримані для цих плодів у попередніх експериментах, що зведено в табл. 1.

Таблиця 1

Характеристики процесу заморожування кабачків і гарбузів

Параметр	Позначення	Продукт	Величина
Коефіцієнт теплопровідності, (середнє значення на лінії заморожування), Вт/(м·К)	λ	кабачок	0,69
		гарбуз	0,7
Питома теплоємність (середнє значення на лінії заморожування), Дж/(кг·К)	C	кабачок	3250
		гарбуз	3150
Щільність (середнє значення на лінії заморожування), кг/м ³	ρ	кабачок	950
		гарбуз	920
Радіус кабачка, м	R	кабачок	0,01...0,04
Сторона кубу, м	$2R$	гарбуз	0,02...0,06
Висота, м	h	кабачок	1,57R
Коефіцієнт форми	Φ	кабачок	2,6
		гарбуз	2,5
Кріоскопічна температура продукту, °С	$t_{\text{кр}}$	кабачок	-1,07
		гарбуз	-0,67
Температура охолоджуючого повітря, °С	$t_{\text{ср}}$	-40	

Коефіцієнт тепловіддачі розраховувався за рівнянням (6)

$$Nu = 0.39 Pr^{\frac{1}{3}} Re^{0.64}, \quad (6)$$

де $Nu = \frac{\alpha R}{\lambda_{cp}}$ число Нусельта, λ_{cp} - коефіцієнт теплопровідності охолоджуючого

середовища, Вт/(м·К).

Результати розрахунків наведено на рис. 5. Як видно з наведених даних, існує максимальне значення радіусу кружечка плоду за даного коефіцієнту тепловіддачі при якому виконуються умови швидкого заморожування ($\omega_{зам} \geq 5$ см/год). Для радіусів плоду більших ніж R_{max} швидкість заморожування буде менше ніж рекомендовано для швидкого заморожування.

Згідно наведених розрахунків умовам швидкого заморожування для кабачків з радіусом плоду від 1 до 3,7 см відповідає заморожування з коефіцієнтом тепловіддачі $\alpha=300$ Вт/(м²·К) або з радіусом плоду від 1 до 2,6 см з коефіцієнтом тепловіддачі $\alpha=150$ Вт/(м²·К).

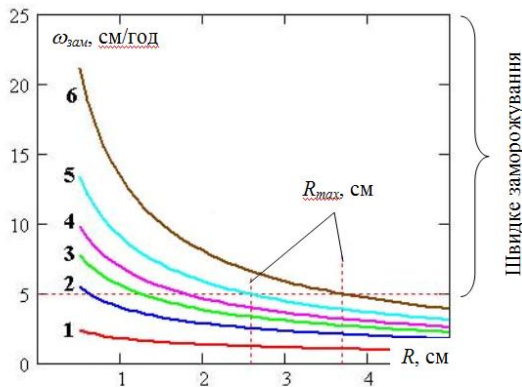


Рис. 5. Лнійна швидкiсть заморожування кабачка, залежно вiд радиуса плоду та коефiцiєнту тепловiддачi: 1- 20 Вт/(м²·К); 2- 50 Вт/(м²·К); 3- 75 Вт/(м²·К); 4- 100 Вт/(м²·К); 5- 150 Вт/(м²·К); 6- 300 Вт/(м²·К).

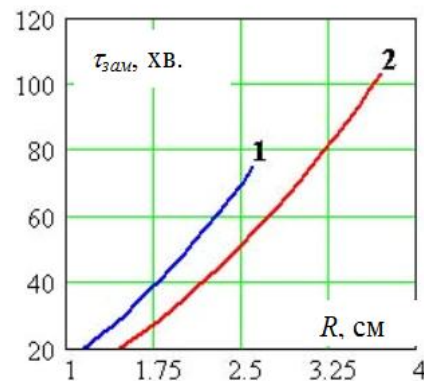


Рис. 6. Розрахункова тривалiсть швидкого заморожування кабачкiв з радиусом плоду вiд 1 до 3,7 см залежно вiд коефiцiєнтом тепловiддачi у апаратi: 1 - $\alpha=150$ Вт/(м²·К); 2 - $\alpha=300$ Вт/(м²·К).

На рис. 6 наведено розрахункову тривалiсть заморожування за рiвнянням (1) для кабачкiв з радиусом плоду вiд 1 до 3,7 см (коефiцiєнт форми $\Phi=2,6$) у апаратi з коефiцiєнтом тепловiддачi $\alpha=150$ Вт/(м²·К) та $\alpha=300$ Вт/(м²·К).

Було виконано обгрунтування режиму заморожування шматочкiв гарбуза у формi кубикiв. Для розрахункiв використанi теплофiзичнi характеристики, отриманi для гарбуза у попереднiх експериментах, якi зведено в табл.1.

Згiдно наведених на рис. 7 результатiв розрахункiв умовам швидкого заморожування ($\omega_{зам} \geq 5$ см/год) вiдповiдають кубики гарбуза з розмiром не бiльше 4,2 см за коефiцiєнта тепловiддачi $\alpha=300$ Вт/(м²·К). Якщо коефiцiєнт тепловiддачi складає $\alpha=150$ Вт/(м²·К) то максимальний розмiр сторони кубика не бiльше 3 см.

На рис. 8 наведено розрахункову тривалість заморожування за рівнянням (1) для кубиків гарбуза з розміром сторони $2R$ від 2 до 4 см (коефіцієнт форми $\Phi=2,5$) у апараті з коефіцієнтом тепловіддачі $\alpha=150$ Вт/(м²·К) та $\alpha=300$ Вт/(м²·К).

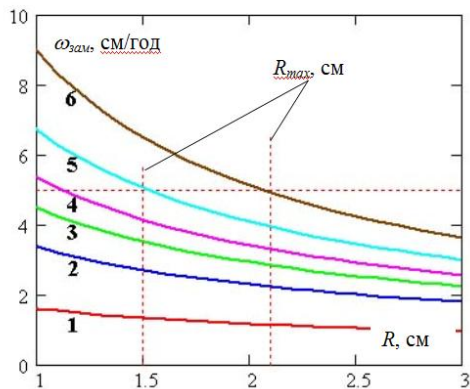


Рис. 7. Лінійна швидкість заморожування гарбуза, залежно від розмірів кубика $2R$ та коефіцієнту тепловіддачі: 1- 20 Вт/(м²·К); 2- 50 Вт/(м²·К); 3- 75 Вт/(м²·К); 4- 100 Вт/(м²·К); 5- 150 Вт/(м²·К); 6- 300 Вт/(м²·К).

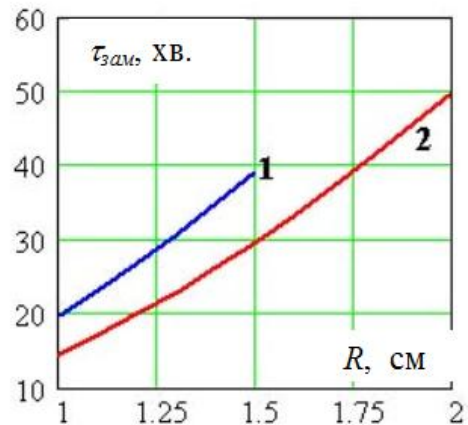


Рис. 8. Розрахункова тривалість швидкого заморожування кубиків гарбуза з розміром сторони від 2 до 4 см залежно від коефіцієнтом тепловіддачі у апараті: 1 - $\alpha=150$ Вт/(м²·К); 2 - $\alpha=300$ Вт/(м²·К).

Для обґрунтування товщини підмороженого шару і температури, при якій припиняється злипання шматочків, були проведені теоретичні та експериментальні дослідження. Згідно запропонованої технології підготовки кабачків і гарбузів до довготривалого зберігання вони спочатку доцільно проводити їх підморожування з метою утворення замороженого шару на поверхні продукту, який перешкоджає злипання шматочків продукту на наступному етапі заморожування. При цьому етапи підморожування та заморожування відбуваються у різних апаратах: оскільки існує певний технологічний проміжок часу, коли продукт перевантажується з пристрою для підморожування до швидкозаморозильного апарату, то за цей час підморожений шар продукту не повинен досягти криоскопічної температури.

При визначенні зв'язку між часом нагрівання та товщиною підмороженого шару були зроблені наступні припущення: товщина підмороженого шару δ не велика у порівнянні з характерним розміром продукту R (рис. 9); поверхня підмороженого шару має температуру -5 °С, бо згідно отриманих нами результатів адгезія практично припиняється при температурі мінус 4-5 °С; решта продукту має криоскопічну температуру, теплообмін на межі не замороженого та підмороженого шару відсутній; теплофізичні характеристики підмороженого шару сталі та відповідають середнім значенням на лінії фазового переходу.

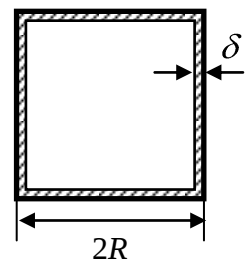


Рис. 9. Геометрія підмороженого шару продукту.

Рівняння теплового балансу для середньої температури підмороженого шару за цих допущень записано наступним чином

$$C_{зам} \rho_{зам} \delta \frac{dt}{d\tau} = \alpha_{cp} S (t_{cp} - t), \quad (7)$$

де $C_{зам}$ – питома теплоємність замороженого продукту, Дж/(кг·К);

$\rho_{зам}$ – щільність замороженого продукту, кг/м³;

S – площа поверхні продукту, м²;

t – середня температура замороженого шару, К;

t_{cp} – температура навколишнього середовища, К;

α_{cp} – коефіцієнт тепловіддачі від навколишнього середовища, Вт/(м²·К).

Рішення цього диференційного рівняння відносно кінетики середньої температури при нагріванні замороженого шару матиме наступний вигляд

$$t = t_0 + (t_{cp} - t_0) \left[1 - \exp\left(-\frac{\alpha_{cp}}{C_{зам} \rho_{зам} \delta} \tau\right) \right], \quad (8)$$

де t_{ni0} – початкова температура замороженого шару, К.

Визначено товщину замороженого шару, який за час між моментом вивантаження з пристрою для попереднього підморожування до моменту завантаження у швидкоморозильний апарат досягає криоскопічної температури

$$\delta = \frac{\alpha_{cp} \tau_{mex}}{C_{зам} \rho_{зам} \ln\left(\frac{t_{cp} - t_{ni0}}{t_{cp} - t_{кр}}\right)}, \quad (9)$$

де τ_{mex} – тривалість технологічного інтервалу для перевантаження продукту з пристрою для попереднього підморожування до швидко морозильного апарату, с.

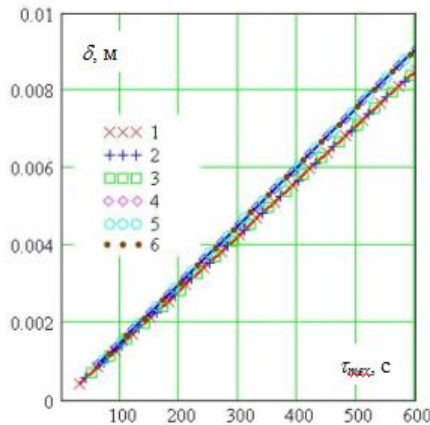


Рис.10. Розрахункова товщина шару продукту, який залишається у криоскопічному стані залежно від тривалості технологічного інтервалу перевантаження продукту: кабачок: 1- $R=0.01$ м; 2- $R=0.02$ м; 3- $R=0.03$ м; гарбуз 4- $2R=0.02$ м; 5- $2R=0.03$ м; 6- $2R=0.04$ м.

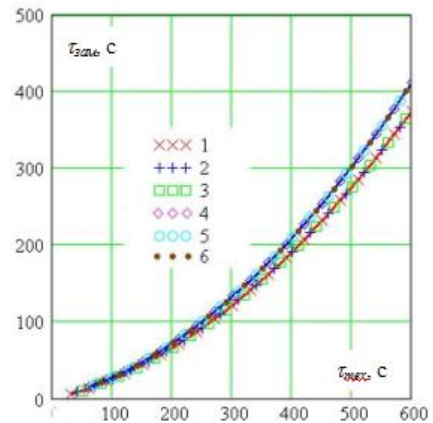


Рис.11. Розрахункова тривалість підморожування шматочків кабачків та гарбуза залежно від тривалості технологічного інтервалу перевантаження продукту при $\alpha=300$ Вт/(м²·К): кабачок: 1- $R=0.01$ м; 2- $R=0.02$ м; 3- $R=0.03$ м; гарбуз 4- $2R=0.02$ м; 5- $2R=0.03$ м; 6- $2R=0.04$ м;

Визначено товщину замороженого шару продукту. На рис. 10 наведено розрахункову товщину шару продукту, який залишається у криоскопічному стані

залежно від тривалості технологічного інтервалу при початковій температурі $t_{\text{нід}} = -5^{\circ}\text{C}$. Коефіцієнт тепловіддачі за природної конвекції у повітрі α_{cp} за температури $t_{\text{cp}} = 20^{\circ}\text{C}$ визначали з критеріального рівняння

$$\text{Nu} = 1.18(\text{Gr Pr})^{\frac{1}{8}}, \quad (10)$$

Таким чином, на етапі попереднього підморожування продукту треба досягти товщини замороженого шару, яка розраховується за рівнянням (9). На практиці під час попереднього підморожування неможливо контролювати цю товщину, а контролюється тільки час підморожування.

Час підморожування, тобто тривалість охолодження та формування шару замороженого продукту можна розрахувати за формулою

$$\tau(\delta) = \frac{C\rho R^2}{\Phi\lambda} \left[\left(\frac{L + C_0(t_0 - t_{\text{кр}})}{C(t_{\text{кр}} - t_{\text{cp}})} + \frac{1}{2} \right) \left(\frac{\delta^2}{2R^2} + \frac{\delta}{\text{Bi} R} \right) - \frac{\ln\left(1 + \text{Bi} \frac{\delta}{R}\right)}{\text{Bi}^2} \right] \quad (11)$$

де C_0 – питома теплоємність не замороженого продукту, Дж/(кг·К);

t_0 – початкова температура продукту, $^{\circ}\text{C}$.

За рівнянням (11) з урахуванням (9) була розрахована тривалість попереднього підморожування шматочків кабачків та гарбуза різного розміру (рис.11) за умов швидкого заморожування (коефіцієнт тепловіддачі $300 \text{ Вт}/(\text{м}^2\cdot\text{К})$, радіус кружечків кабачку $R=0,01\ldots 0,03 \text{ м}$, висота $h=1,57R$; кубики гарбуза розміром $2R=0,02\ldots 0,04 \text{ м}$), $t_0=20^{\circ}\text{C}$.

Здійснено математичне моделювання процесів заморожування кабачків і гарбузів за різних умов теплообміну. Відмічено, що при аналізі процесів тільки охолодження сировини достатньо було б провести необхідне моделювання в рамках лінійних крайових задач теплопровідності. В області негативних температур лінійні постановки не можуть використовуватись. Математична модель записана в наступному вигляді (з використанням загальноприйнятих позначень):

$$\begin{cases} C_e(T)\rho(T)\frac{\partial T(x,\tau)}{\partial \tau} = \frac{1}{x^r} \cdot \frac{\partial}{\partial x} \left[\lambda(T)x^r \frac{\partial T(x,\tau)}{\partial x} \right]; & \tau > 0, \\ T(x,0) = f(x), \\ \lambda[T(\tau)]\frac{\partial T(\tau)}{\partial x} + \alpha_1(\tau)[T_{c1}(\tau) - T(\tau)]\frac{F_1}{F_2} = 0, \\ -\lambda[T(\tau)]\frac{\partial T(\tau)}{\partial x} + \alpha_2(\tau)[T_{c2}(\tau) - T(\tau)] = 0 \end{cases} \quad (12)$$

Тут моделюючою функцією виступає температурне нестационарне і одномірне поле $T(x, \tau)$, $C_e(T)$ – ефективна питома теплоємність продукту, $\rho(T)$ – густина продукту, $\lambda(T)$ – ефективна теплопровідність (перколяція теплоти) продукту, $\alpha_1(\tau)$, $\alpha_2(\tau)$ – змінні в часі коефіцієнти тепловіддачі відповідно з внутрішньої та зовнішньої поверхні теплообміну, $T_{c1}(\tau)$, $T_{c2}(\tau)$ – температури охолоджуючого середовища, що омиває відповідно внутрішню та зовнішню поверхні.

На рисунку 12 представлені приклади графіків побудованих за результатами досліджень для кабачків і гарбузів при різних способах їх заморожування.

За результатами апробації розходження між розрахованими та експериментальними значеннями температур у характерних точках об'єктів заморожування не перевищує похибки експериментальних даних ($\pm 1...2^{\circ}\text{C}$). Узгодженість даних лежить в границях похибки експериментальних даних, яка складає не більше $1,5...2,0^{\circ}\text{C}$ за весь період заморожування.

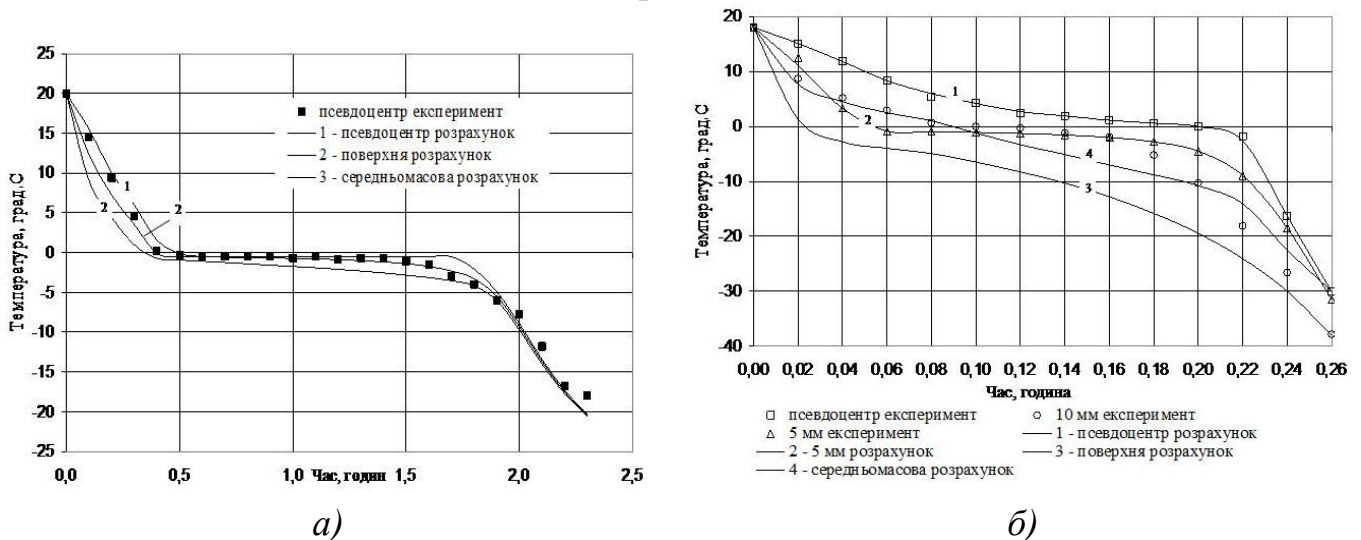


Рис. 12. Порівняння розрахункових і експериментальних значень температур при різних способах заморожування: а) - кружечка кабачка; б) - кубика гарбуза в насиченій парі азоту

У четвертому розділі „Експериментальний аналіз досліджуваних процесів та обладнання” обґрунтовано температуру підморожування кабачків і гарбузів на основі адгезійних властивостей, визначені фізико-механічні та теплофізичні властивості кабачків і гарбузів, досліджено біохімічний та мікробіологічний склад цих овочів при заморожуванні і низькотемпературному зберіганні.

Для обґрунтування режиму заморожування визначали адгезійні властивості. При дослідженні використовували прилад, зображений на рис.3 Для оцінки впливу різних факторів на адгезію були проведені серії дослідів: залежно від часу, тиску попереднього контакту і від температури на поверхні продукту. На рис.13 представлений графік залежності адгезії від часу попереднього контакту. Представлена на рис.14 крива відображає залежність адгезії кабачків і гарбузів від тиску попереднього контакту.

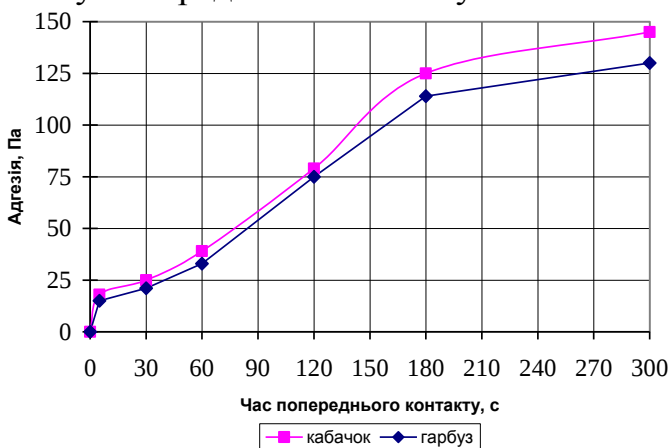


Рис. 13. Залежність адгезії від часу попереднього контакту

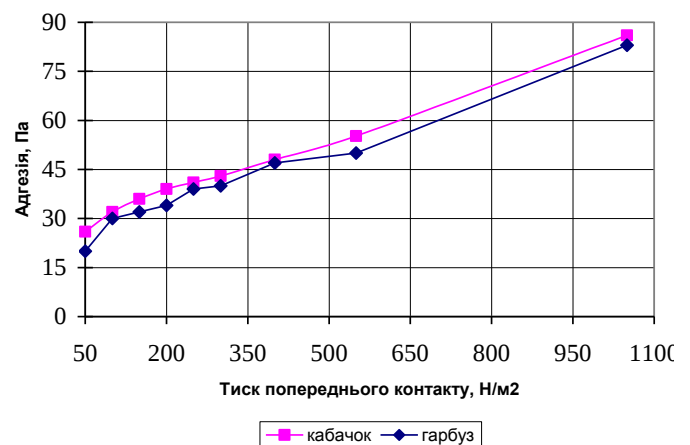
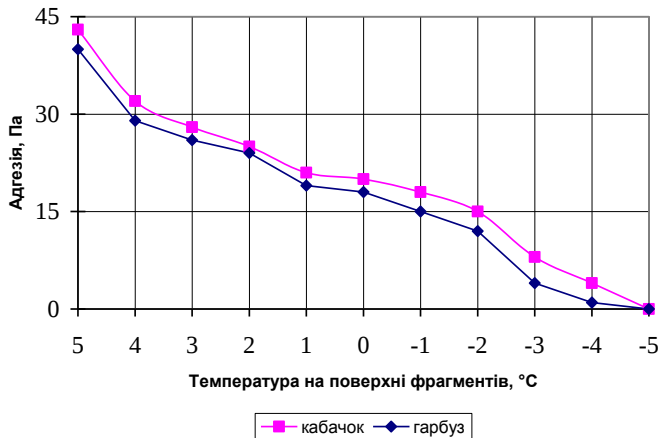


Рис. 14 Залежність адгезії від тиску попереднього контакту

Збільшення часу і тиску попереднього контакту супроводжується зростанням дійсної площі контакту і кількості осередків, які мають максимальне зчеплення з пластиною, що визначає змочування матеріалу пластини.

Питання про зміну адгезії при зміні температури на поверхні продукту становить значний практичний інтерес. Результати наведені на рис. 15.



При зниженні температури на поверхні продукту адгезія зменшується, це пояснюється тим, що крижана кірка, яка утворюється на поверхні фрагментів, перешкоджає злипанню між собою. Отже, адгезія визначається умовами вимірювання і залежить від характеру прикладення зовнішнього зусилля і від структурно-механічних властивостей продукту.

Рис. 15. Залежність адгезії від температури на поверхні фрагментів

За результатами проведених досліджень пристрою для підморожування фрагментів кабачків і гарбузів, на основі побудованих поверхонь відгуку досліджуваного процесу (рис. 16) визначено оптимальні технологічні параметри його роботи, компромісне значення яких отримано в математичному середовищі “Mathcad 15”. Після обробки експериментальних даних у статистичному середовищі STATISTICA 6.0 було отримано коефіцієнти комплексних рівнянь множинної регресії 2-го порядку та побудовано такі залежності з визначення товщини підмороженого шару, B , мм відповідно для фрагментів кабачка і гарбуза:

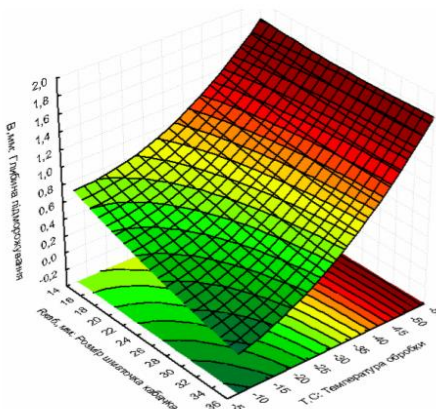
$$B_{\text{каб}} = 1,78 - 1,87v + 1,23v^2 - 0,004T + 0,0005T^2 - 0,07R + 0,0003R^2 + 0,06 \cdot v \cdot T + 0,08 \cdot v \cdot R \quad (13)$$

$$B_{\text{гарб}} = 2,39 - 2,75v + 1,25v^2 - 0,0025T + 0,0005T^2 - 0,09R + 0,0005R^2 + 0,06 \cdot v \cdot T + 0,1 \cdot v \cdot R \quad (14)$$

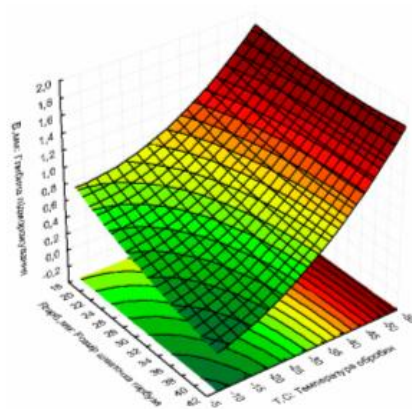
де v - швидкість руху конвеєра, м/с;

T - температура в зоні обробки, °C;

R - відповідно розміри фрагментів кабачка і гарбуза.



а)



б)

Рис. 16. Поверхні відгуку та їх проекції для якісних параметрів процесу підморожування: а) фрагментів кабачка, б) фрагментів гарбуза: $B = f(R, T)$

Визначено, що за цих параметрів якісні характеристики процесу підморожування набувають своїх оптимальних значень: товщина підмороженого шару становить 0,7..0,9 мм; швидкість транспортування конвеєра 0,3 м/с; температура в зоні обробки мінус 30 °С; розмір шматочків кабачка 26 мм; розмір шматочків гарбуза 30 мм.

Численними дослідженнями по придатності різних культур до заморожування було виявлено чітко виражений вплив сортових особливостей на якість сировини за дії низьких температур. У наших дослідках спостерігалися зміни вмісту всіх біохімічних показників у процесі заморожування, що представлені в табл. 2.

Таблиця 2

Показники біохімічного складу досліджуваних сортів

Сорт	Сухі речовини, %	Цукри, %	Вітамін С, мг/100 г	Загальна кислотність %	Вологовіддача %
Кабачки					
Грибовський					
-свіжі	6,20	2,78	10,89	0,24	-
-свіжозамор.	5,63	2,65	6,54	0,26	4,33
-3 міс. зберіг.	5,4	2,5	6,12	0,27	4,55
-6 міс. зберіг.	5,28	2,42	6,10	0,272	4,75
Скворушка					
-свіжі	5,76	2,41	8,13	0,26	-
-свіжозамор.	5,13	2,29	5,34	0,28	5,25
-3 міс. зберіг.	4,92	2,18	5,21	0,29	5,40
-6 міс. зберіг.	4,65	2,05	5,05	0,31	5,32
Золотінка					
-свіжі	5,18	2,67	11,97	0,19	-
-свіжозамор.	4,87	2,56	7,89	0,20	6,2
-3 міс. зберіг.	4,65	2,40	7,20	0,25	6,56
-6 міс. зберіг.	4,53	2,30	6,85	0,28	6,7
Гарбуз					
Мускатний					
-свіжі	8,2	4,2	8,1	0,10	-
-свіжозамор.	7,65	4,00	5,45	0,11	3,40
-3 міс. зберіг.	7,33	3,77	4,98	0,11	3,60
-6 міс. зберіг.	7,17	3,65	4,73	0,12	3,68

У процесі заморожування втрати аскорбінової кислоти були значними і склали близько 40%. У динаміці збереження рівень цього вітаміну знижувався менш інтенсивно, за три місяці рівень аскорбінової кислоти знизився ще на 6%, а далі до кінця 6-го місяця зберігання практично не змінювався.

Досліджувалася динаміка кількості епіфітної мікрофлори при зберіганні впродовж 9 місяців на таких етапах: свіжі, заморожені, після зберігання у замороженому стані 3, 6 і 9 місяців (табл.3).

Показники динаміки епіфітної мікрофлори кабачків

Сорт	До заморожування	Після заморожування	Через 3 міс.	Через 6 міс.	Через 9 міс.
Бактерії, КУО/мм ²					
Кабачки					
Грибовський	45850,53	375,50	524,08	8421,25	11251,26
Скворушка	47490,02	412,05	601,23	952,87	12452,60
Золотінка	53264,36	420,86	700,52	1023,58	13589,10
Гриби, КУО/мм ²					
Грибовський	614,26	9,70	3,12	13,56	20,45
Скворушка	625,31	9,90	4,85	15,20	22,50
Золотінка	789,15	10,41	6,10	15,86	23,10

Основна кількість мікроорганізмів не витримує заморожування, що пов'язано зі зміною стану води в мікробній клітці при внутрішньоклітковому утворенні льоду. Аналіз табл.3 показав, що мікробіологічні показники заморожених кабачків знаходяться в межах допустимих санітарних норм на заморожену плодоовочеву продукцію.

У п'ятому розділі „Перспективи практичної реалізації результатів дослідження” представлено результати техніко-економічного аналізу оснащення процесу заморожування. За результатами техніко-економічного аналізу було встановлено, що річний економічний ефект від застосування пропонованого пристрою для попереднього підморожування складає 51500 грн. Результати теоретичних та експериментальних досліджень було використано та впроваджено у ТОВ ВКФ „Мелітопольська черешня” та ПАТ „Рефма”.

Висновки

1. Проведено теоретичне обґрунтування форми і розмірів кружечків кабачків і кубиків гарбуза на основі досягнення умов швидкого заморожування (середня лінійна швидкість заморожування $\omega_{зам} \geq 5 \text{ см/год}$). Встановлено, що ці умови виконуються за коефіцієнта тепловіддачі у апараті $\alpha \geq 300 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{К)}$ для максимального розміру кубиків гарбузу до 42 мм, для кружечків кабачка радіусом до 37 мм (висота кружечка кабачку $h = 1,57R$).

2. Розроблено математичну модель процесу заморожування кабачків і гарбузів і встановлено її адекватність в експерименті.

3. Обґрунтовано товщину підмороженого шару залежно від тривалості технологічного інтервалу для перевантаження продуктів з пристрою для попереднього підморожування до швидкозаморозильного апарату та запропоновані рівняння для визначення необхідної тривалості підморожування.

4. Запропоновано конструктивну схему пристрою для підморожування матеріалів, який дозволить проводити попереднє підморожування до утворення на

поверхні нарізаних овочів крижаного шару, що попереджує їх злипання при зберіганні у замороженому вигляді.

6. На основі дослідження адгезійних властивостей доведено, що температура підморожування кабачків і гарбузів дорівнює мінус 4 мінус 5°C.

7. Досліджено вплив низьких температур на біохімічні та мікробіологічні показники заморожених овочів. Встановлено, що основні компоненти хімічного складу та чисельність епіфітних мікроорганізмів заморожених і дефростованих кабачків і гарбузів залишаються на рівні, передбаченому в технологічній документації.

8. Розроблена нормативно-технічна документація, виконано впровадження у виробництво розробленої технології і оснащення процесу в умовах ТОВ ВКФ „Мелітопольська черешня” та ПАТ „Рефма”.

9. Виконано техніко-економічний аналіз розробленої технології і оснащення процесу заморожування. Загальний економічний ефект від застосування пропонованого пристрою для попереднього підморожування складає 51500 грн.

Основний зміст дисертації опубліковано в роботах

1. Кравець, О.В. Обґрунтування межі ефективності зберігання сільськогосподарської продукції [Текст] / О.В. Кравець, В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Холодильна техніка і технологія. – 2006. – №4 (102). – С. 68-72.

(Особистий внесок здобувача: аналіз стану проблеми, підготовка маетривлів до публікації.)

2. Ялпачик, В.Ф. Обоснование размеров кусочков тыквы и кабачков при замораживании [Текст] / В.Ф. Ялпачик, К.Н. Стручаев, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2006. – Вип. 37. – С. 176-182. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.)*

3. Ялпачик, В.Ф. Дослідження змінень показників якості гарбуза в процесі заморожування та зберігання [Текст] / В.Ф. Ялпачик, С.Ф. Буденко, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2006. – Вип. 44. – С. 35-41. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до публікації.)*

4. Ялпачик, В.Ф. Определение теплофизических свойств кабачков при замораживании [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2007. – Вип. 7, том 1. – С. 58-61. *(Особистий внесок здобувача: планування і постановка експерименту, обробка результатів.)*

5. Ялпачик, В.Ф. Определение количества тепла при замораживании некоторых видов плодоовощной продукции [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Холодильна техніка і технологія. – 2007. – №3 (107). – С.57-62. *(Особистий внесок здобувача: обробка дослідних даних, узагальнення отриманих результатів, написання статті)*

6. Ялпачик, В.Ф. Технологическая схема процесса замораживания кабачков и тыквы [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійської державної

агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. –2007.– Вип. 7, том 4. – С. 92-95. *(Особистий внесок здобувача: запропоновано технологічну схему процесу заморожування кабачків та гарбузів.)*

7. Ялпачик, В.Ф. Исследование адгезионных свойств кабачков [Текст] / В.Ф. Ялпачик, С.Ф. Буденко, В.Г. Тарасенко // Холодильна техніка і технологія. – 2007. – № 4 (108). – С. 58-60. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, підготовка матеріалів до публікації.)*

8. Ялпачик, В.Ф. Методологические основы исследования процесса получения дефростированной плодоовощной продукции [Текст] / В.Ф. Ялпачик, А.В. Гвоздев, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Мелітополь: ТДАТА. – 2007. – Вип. 7, том 5. – Мелітополь. – С. 11-15. *(Особистий внесок здобувача: участь у розробці методології досліджень, підготовка матеріалів до публікації.)*

9. Ялпачик, В.Ф. Підготовка гарбуза до заморожування [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь: ТДАТУ. – 2008. – Вип. 8, том 1.– С. 166-169. *(Особистий внесок здобувача: участь у проведенні експериментальних досліджень, їх узагальненні і підготовці матеріалів до публікації.)*

10. Ялпачик, В.Ф. Характеристика кабачків як перспективного об'єкта на ринку швидкозамороженої продукції [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Вісник харківського національного технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка. – Харків: ХНТУ. – 2007. – Вип. 58 “Сучасні напрямки технології та механізації процесів переробних і харчових виробництв”.– С.262-266. *(Особистий внесок здобувача: проведення літературного огляду, формулювання висновків.)*

11. Тарасенко, В.Г. Вплив заморожування і низькотемпературного зберігання на епіфітну мікрофлору кабачків [Текст] / В.Г. Тарасенко // Зб. наук. праць Луганського нац. аграр. ун-ту. Серія: Технічні науки. - Луганськ: Видавництво ЛНАУ. – 2008. – №87. – С. 257-259.

12. Кравець, О.В. Оптимізація перевезень сільськогосподарської продукції [Текст] / О.В. Кравець, В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Холодильна техніка і технологія. – 2008. – №2 (112). – С. 77-79. *(Особистий внесок здобувача: аналіз стану проблеми, підготовка матеріалів до публікації.)*

13. Ялпачик, В.Ф. Обоснование толщины подмороженного слоя кусочков кабачков и тыквы в процессе подготовки к длительному хранению в замороженном виде [Текст] / В.Ф. Ялпачик, Н.И. Стручаев, В.Г. Тарасенко // MOTROL Motoryzacja i energetyka rolnictwa, TOM 10A, Lublin 2008.– S. 187-190. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.)*

14. Тарасенко, В.Г. Розрахунок економічної ефективності (бізнес-план) по плануванню і організації виробництва замороженої плодоовочевої продукції [Текст] / В.Г. Тарасенко, В.Ф. Ялпачик // Холодильна техніка і технологія. – 2009. – №2 (118). – С. 48-50. *(Особистий внесок здобувача: дослідження та аналіз ринку замороженої плодоовочевої продукції.)*

15. Тарасенко, В.Г. Змінення властивостей плодів кабачків у процесі

заморожування і тривалого зберігання [Текст] / В.Г. Тарасенко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Вип. 10 Т.3 Мелітополь: ТДАТУ, 2010. с. 106-112.

16. Тарасенко, В.Г. Зміни біохімічного складу та мікробіологічних показників кабачків за умов низькотемпературного зберігання [Текст] / В.Г. Тарасенко // Обладнання та технології харчових виробництв тематичний збірник наукових праць. – Донецьк: ДонНУЕТ ім. Михайла Туган – Барановського. Вип. 26 – 2011.- С. 255-259

17. Ялпачик, В.Ф. Моделювання процесу заморожування гарбузових овочів [Текст] / В.Ф. Ялпачик, С.В. Кюрчев, В.Г. Тарасенко // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 43, ч. II. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С.297-303. 19. *(Особистий внесок здобувача: розробка методики експерименту, формулювання висновків)*

18. Ялпачик, В.Ф. Обґрунтування розмірів і товщини підмороженого шару кабачків і гарбуза в процесі тривалого зберігання у замороженому вигляді [Текст] / В.Ф. Ялпачик, В.Г. Тарасенко // Матеріали третьої всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції 29-31 січня 2008 р. “Соціум. Наука. Культура”. – Інститут наукового прогнозування Кримський інститут економіки та господарського права. – Київ, 2008. – С.57-58. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, аналіз отриманих результатів.)*

19. Тарасенко, В.Г. Технологія хранения кабачков и тыквы при помощи замораживания [Текст] / В.Г. Тарасенко // Сб. материалов V международного форума молодежи «Молодежь и сельскохозяйственная техника в XXI веке» / ХНТУСХ. – Харьков: ХНУТСХ, 2009. – С.79.

20. Тарасенко, В.Г. Зберігання плодів кабачків у замороженому стані [Текст] / В.Г. Тарасенко // Зб. матеріалів 7-ої Міжнародної науково-технічної конференції «Сучасні проблеми холодильної техніки і технології» / Одеська держ. академія холоду. – Одеса : ОДАХ, 2011. – С.52.

21. Тарасенко В.Г. Оптимізація процесу заморожування кабачків і гарбузів [Текст] / В.Г. Тарасенко, С.В. Кюрчев // Збірник тез всеукраїнської науково-практичної конференції молодих учених і студентів [„Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді”], (26 березня 2014 р.) / редкол. О.І. Черевко [та ін.]. – Харків: ХДУХТ, 2014. – Ч.1. – С.348. *(Особистий внесок здобувача: проведення експериментальних досліджень, їх узагальнення, підготовка матеріалів до друку.)*

22. Патент на корисну модель №26205 Україна, МПК А23В7/04 Спосіб підготовки кабачків до зберігання / В.Г Тарасенко, В.Ф.Ялпачик: Заявл. 23.04.2007, Опубл. 10.09.2007 Бюл. №14 – 2с.

23. Патент на корисну модель №27716 Україна, МПК А23В7/00 Спосіб виготовлення консервованої овочевої ікри / В.Г. Тарасенко, Н.П. Загорко, В.Ф. Ялпачик: Заявл. 09.07.2007, Опубл. 12.11.2007 Бюл. №18 – 2с.

24. Патент на корисну модель №44109 Україна, МПК А23В7/00 Спосіб консервування кабачків / В.Г. Тарасенко, Н.П. Загорко, В.Ф. Ялпачик: Заявл. 29.12.2008, Опубл. 25.09.2009 Бюл. №18 – 2с.

АНОТАЦІЯ

Тарасенко В.Г. Технологічно-конструктивне обґрунтування процесу підморожування кабачків і гарбузів при підготовці до довготривалого зберігання – На правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.12 – процеси та обладнання харчових, мікробіологічних та фармацевтичних виробництв. – Вінницький національний аграрний університет, Міністерство аграрної політики та продовольства України, Вінниця, 2015.

Дисертаційна робота присвячена обґрунтуванню процесу підморожування кабачків і гарбузів при підготовці до довготривалого зберігання. В роботі викладено нове вирішення науково-прикладного завдання, що полягає в збільшенні терміну зберігання овочевої продукції при поліпшенні харчової цінності і поживних властивостей кабачків і гарбузів шляхом оптимізації режимів механічної та термічної обробки та розробки необхідного конструктивного оснащення.

Запропоновано конструктивну схему пристрою для підморожування матеріалів, який надає змогу проводити попереднє підморожування нарізаних овочів, уникаючи явище злипання при довготривалому зберіганні. Обґрунтовано товщину підмороженого шару та запропоновані рівняння для визначення необхідної тривалості підморожування. На основі дослідження адгезійних властивостей визначено температуру підморожування кабачків і гарбузів. Досліджений вплив низьких температур на біохімічні та мікробіологічні показники заморожених овочів. Розроблено нормативно-технічну документацію. Результати досліджень впроваджені у виробництво.

Ключові слова: підморожування, кабачок, гарбуз, довготривале зберігання, адгезія, підморожений шар, математична модель.

АННОТАЦИЯ

Тарасенко В.Г. Технологически-конструктивное обоснование процесса подмораживания кабачков и тыквы при подготовке к длительному хранению. – На правах рукописи.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 05.18.12 – процессы и оборудование пищевых, микробиологических и фармацевтических производств. Винницкий национальный аграрный университет, Министерство аграрной политики и продовольствия Украины, Винница, 2015.

В диссертационной работе изложено новое решение научно-прикладного задания, которое заключается в увеличении срока хранения овощной продукции при улучшении пищевой ценности и питательных свойств кабачков и тыквы путем оптимизации режимов механической и термической обработки и разработки необходимого конструктивного оснащения.

Обоснована актуальность темы, разработаны методы математического моделирования процессов замораживания фрагментов кабачков и тыквы с учетом их геометрических размеров и температурных режимов. Теоретически обоснованы и определены рациональные геометрические параметры фрагментов кабачков и тыквы для их дальнейшего хранения в замороженном виде. Впервые была доказана целесообразность предварительного подмораживания фрагментов кабачков и тыквы

на основе исследования их адгезионных свойств. Выполнена постановка задач, сформулированы основные положения, составляющие научную новизну и практическую значимость работы. Разработана математическая модель процесса замораживания кабачков и тыквы, ее адекватность была установлена в эксперименте.

Предложен графический способ определения количества теплоты, необходимой для замораживания кабачков и тыквы, который может использоваться с достаточной степенью точности.

Для обоснования режима замораживания и оценки влияния разных факторов были исследованы адгезионные свойства кабачков и тыквы. Адгезия кабачков и тыквы определяется условиями измерений и зависит от характера приложенных внешних усилий и структурно-механическими особенностями продукта. Предложена конструктивная схема устройства для подмораживания материалов, позволяющее проводить предварительное подмораживание до создания на поверхности нарезанных овощей ледяного слоя, который препятствует их слипанию при хранении в замороженном виде. Исследование влияния замораживания на биохимические и микробиологические показатели замороженных фрагментов кабачков и тыквы позволило установить, что основные показатели химического состава и численность эпифитных микроорганизмов остаются на уровне, предусмотренном в технологической документации на замороженную продукцию.

Технико-экономические расчеты показали, что общий экономический эффект от использования предложенного устройства составил 51500 грн в год.

Ключевые слова: подмораживание, кабачок, тыква, длительное хранение, адгезия, подмороженный слой, математическая модель.

ANOTATION

Tarasenko V.G. Technologically-constructive justification process sub-freezing of squash and pumpkin in preparation for long-term storage. - Manuscript.

Thesis for the degree of candidate of technical sciences, specialty 05.18.12 - processes and equipment of food, microbiological and pharmaceutical industries. Vinnytsia National Agrarian University of the Ministry of Agrarian Policy and Food of Ukraine, Vinnitsa, 2015.

The thesis is devoted to the substantiation process sub-freezing of squash and pumpkin in preparation for long-term storage. This paper describes a new solution of scientific and applied tasks is to increase the shelf life of vegetable products with improved nutritional value and nutrient properties of squash and pumpkins by optimization of the mechanical and thermal treatment and the development of necessary structural equipment. Proposed the device for sub-freezing of materials, which allows to carry out pre-sliced vegetables sub-freezing avoiding clumping phenomenon in long-term storage. Grounded frostbitten layer thickness and the proposed equation to determine the required length sub-freezing. Based on a study of adhesive properties defined temperature of sub-freezing squash and pumpkins. The influence of low temperatures on biochemical and microbiological parameters of frozen vegetables. Developed a normative-technical documentation. The research results are introduced into production.

Key words: sub-freezing, squash, pumpkin, long-term storage, adhesion, sub-frozen layer, mathematical model.