

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова праця
на правах рукопису

БЛАГОПОЛУЧНА АНАСТАСІЯ ГЕННАДІЇВНА

УДК 664.8.037.1

ДИСЕРТАЦІЯ

ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ЯГІД СУНИЦІ ЗА ПІСЛЯЗБИРАЛЬНОЇ ОБРОБКИ
ХІТОЗАНОМ

181 «Харчові технології»
18 «Виробництво та технології»

Подається на здобуття ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень.
Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання
на відповідне джерело А. Г. Благополучна

Наукові керівники
Слободянюк Наталія Михайлівна,
кандидат сільськогосподарських наук,
доцент
Швець Олег Віталійович,
кандидат медичних наук, доцент

Київ – 2023

АНОТАЦІЯ

Благополучна А. Г. Збереженість ягід суниці за післязбиральної обробки хітозаном. Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття ступеня доктора філософії зі спеціальності 181 «Харчові технології». Національний університет біоресурсів і природокористування України. Київ, 2023.

Дисертаційна робота присвячена актуальним питанням збереженості ягід суниці у холодильних камерах та без охолодження за попередньої обробки хітозаном.

Перший етап досліджень був спрямований на пошук та вивчення наукової літератури щодо особливостей культури, існуючих технологій зберігання ягід та використання антимікробних препаратів.

Проведено аналіз факторів, які впливають на якість вирощеної продукції, вивчено вплив абіотичних факторів на зміни фізико-хімічних властивостей ягід суниці під час зберігання за різних умов, проаналізовано результати досліджень щодо зберігання ягід суниці у різних середовищах, вивчено вплив попередньої обробки ягід суниці розчинами полісахариді тваринного, рослинного та мікробіологічного походження.

Систематизувавши отриману інформацію на другому етапі вдалося визначити актуальність, сформулювати мету, завдання досліджень, обґрунтувати обрані способи зберігання та обробки ягід.

Метою дисертаційної роботи було оцінювання впливу хітозану на післязбиральну якість ягід суниці.

Експериментальні дослідження проведені протягом 2018-2020 років у науково-дослідних лабораторіях УНУС включали оцінку ягід суниці за фізичними, фізико-хімічними, органолептичними та мікробіологічними показниками. Крім цього після семи діб зберігання оброблених ягід суниці визначали придатність їх до переробки шляхом виготовлення та оцінювання готових консервів за фізико-хімічними та органолептичними показниками.

Серед показників безпечності у сировині та готовій продукції визначали вміст нітратів.

Дослідження впливу погодніх умов на якісні показники ягід суниці показує, що вміст компонентів хімічного складу суниці залежить від абіотичних факторів.

Аналізом кореляційної залежності встановлено, що кількість опадів істотно впливає на масу ягід суниці ($r = 0,92$). Із збільшенням кількості опадів маса збільшувалась, що обумовлено накопиченням великої кількості вільної вологи у міжклітинному просторі плоду.

Досліджено, що у роки коли температура повітря у травні була вище 17°C ягоди накопичували 0,91–1,1% органічних кислот, проте за температури $12,5^{\circ}\text{C}$ вміст органічних кислот становив 0,76%. Щільність тканин залежала від ВВП ($r = -0,96$). Найменший показник був за підвищеної відносної вологості повітря при цьому ягоди були вразливі до механічних пошкоджень та швидко втрачали привабливий зовнішній вигляд.

В середньому за роки досліджень ягоди суниці накопичували у своєму складі 9,6% СРР; 6,0% цукрів; 0,92% органічних кислот та 65,1 мг/100г аскорбінової кислоти.

На наступному етапі визначали збереженість оброблених ягід суниці у холодильній камері за умов вільного доступу повітря та в модифікованому газовому середовищі.

Аналіз динаміки втрат маси ягід суниці протягом чотирнадцяти діб зберігання показав, що оброблення розчином хітозану сприяє зменшенню цих втрат на 0,5 – 4,7% порівняно з контролем у зразках, що зберігали з вільним доступом повітря та на 0,7 – 4,4% у МГС.

Масова частка СРР знижувалась протягом всього терміну зберігання. Досліджено, що попередня обробка ягід сприяла зменшенню втрат масової частки сухих розчинних речовин на 0,2 – 1,9% та 0,4 – 1,7% залежно від способу зберігання.

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між м.ч. СРР та концентрацією розчину хітозану ($r=0,95$; $r=0,98$). Доведено, що застосування їстівного хітозанового покриття концентрацією від 0,2% дає можливість сповільнювати небажані фізіологічні зміни, які призводять до втрат сухих розчинних речовин.

Попередня обробка ягід суниці перед закладанням на зберігання сприяє зниженню дихальної активності. Фізичний ефект дії хітозану полягає у тому, що на поверхні ягід суниці утворюється тонка прозора плівка, яка сповільнює газообмін.

Середня інтенсивність дихання свіжих ягід суниці становила 34,6 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$. Цьому сприяло зниження температури до $0 \pm 2^\circ \text{C}$. Під час подальшого зберігання інтенсивність дихання поступово знижувалась у всіх зразках, проте найменшою була у варіантах з концентрацією обробки хітозаном 0,5% становивши 1,9 та 2,3 $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$ залежно від способу зберігання.

Дослідженнями встановлено, що попередня обробка ягід суниці розчином хітозану суттєво впливає на зміни вмісту органічних кислот та цукрів. Органічні кислоти та цукри беруть участь в окислювальних процесах тому втрата їх частково зумовлена інтенсивністю дихання. Наявність хітозанової плівки сповільнила процес дихання відповідно зменшуючи втрати органічних кислот на 0,03 – 0,19 % за зберігання з вільним доступом повітря та 0,01 – 0,15% у модифікованому газовому середовищі і цукрів на 0,2 – 1,1% та 0,3 – 1,6%

Темпи зниження вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці під час зберігання були повільнішими у оброблених зразках. Швидкість втрат залежала від концентрації розчину, що підтверджується сильною прямою кореляційною залежністю ($r=0,99$; $r=0,98$). Найбільший вміст аскорбінової кислоти в кінці зберігання зафіксований у зразку з концентрацією обробки 0,5%, який становив 35,4 мг/100г у варіанті за вільного доступу повітря та 37,8 мг/100г у МГС, що на 11,6 та 11,4 мг/100г більше від контролю.

Активна кислотність ягід суниці впливає на життєдіяльність мікрофлори. Підвищення рівня рН провокує швидкий розвиток патогенних пошкоджень. Доведено, що обробка ягід розчином хітозану сповільнює збільшення рівня рН. Нами встановлено сильну обернену кореляційну залежність між активною кислотністю та концентрацією розчину хітозану ($r = -0,99$; $r = -0,97$).

Збільшення концентрації обробки також виявило позитивний вплив на щільність тканин ягід суниці. Під час зберігання зафіксовано значне розм'якшення ягід у контролі, щільність в кінці зберігання становила 0,10 кг/см² за обох способів, натомість в оброблених зразках показник знаходився на рівні 0,14 – 0,20 кг/см² у варіанті за вільного доступу повітря та 0,17 – 0,24 кг/см² у модифікованому газовому середовищі.

В кінці зберігання у ягодах суниці зафіксована поява етилового спирту. Утворення його у ягодах суниці відбулося внаслідок недостатньої кількості кисню, коли ягоди переходять до анаеробного дихання. Найбільший вміст етилового спирту спостерігався у зразках, які зберігали у модифікованому газовому середовищі 0,68 – 0,85% в оброблених зразках та 0,88% у контролі. У зразках які зберігали з вільним доступом повітря вміст етилового спирту не перевищував 0,05 – 0,18%. Встановлено, що концентрація обробки не впливає на накопичення етилового спирту у ягодах.

Аналогічна ситуація спостерігалась із вмістом оцтового альдегіду. За зберігання в умовах модифікованого газового середовища вміст оцтового альдегіду становив 0,16 – 0,28 мг/100г, натомість у зразках, які зберігали з вільним доступом повітря показник був на рівні 0,11 – 0,15 мг/100г

Виявлено, що попередня обробка ягід суниці розчинами хітозану покращувала органолептичні властивості сприяючи кращому збереженню кольору, щільності тканин та смаку. Завдяки плівкоутворювальним властивостям хітозану ягоди мали блискучу глянцева поверхню, що дало змогу покращити зовнішній вигляд ягід суниці.

На наступному етапі досліджували збереженість ягід суниці без охолодження за обробки хітозаном способами: обприскування на занурювання.

Під час зберігання ягід за температури 20 – 22 °С спостерігалось значне погіршення якісних показників суниці, тому дослідження проводили кожного дня за фізичними показниками.

Встановлено, що зберігання ягід в умовах торгового обороту супроводжується швидкими втратами якості. Це відбувається за рахунок підвищеної фізіологічної активності, а саме високої інтенсивності дихання, яка в свою чергу призводить до втрат поживних речовин.

Доведено, що післязбиральна обробка ягід суниці розчинами хітозану має позитивний вплив на збереженість фізичних показників зменшуючи втрати маси на 5,6 – 5,8%; щільність тканин на 0,02 кг/см²; рівень рН на 0,6 – 0,7 порівняно з контролем. Аналізуючи отримані результати виявлено, що істотної різниці між способами обробки немає.

На наступному етапі визначали придатність оброблених ягід суниці до консервування після семи діб зберігання. Для цього із оброблених ягід, які зберігали протягом тижня виготовляли консервовану продукцію. За контроль вважали консерви виготовлені із свіжої сировини. Асортимент консервів включав: пюре суничне, джем суничний, варення суничне, компот суничний, сік суничний натуральний виготовлені за технологічними інструкціями та суниця у власному соку виготовлена за розробленою нами технологією.

Встановлено, що у консервах, які проходять тривалу теплову обробку (уварювання) вміст титрованих кислот та аскорбінової кислоти був значно нижчим. В інших консервах масова частка сухих розчинних речовин, цукрів, титрованих кислот та вміст аскорбінової кислоти залежав від початкових значень.

За масовою часткою СРР консерви виготовлені із обробленої сировини переважали контроль на 0,1 – 1,9% залежно від виду. Джем суничний мав кращу консистенцію, що пояснюється залишками хітозану, який виступив у

готовому джемі в якості желуючої речовини. В цілому за фізико-хімічними та органолептичними показниками консерви виготовлені із попередньо оброблених ягід, які зберігали протягом семи діб повністю відповідали вимогам. Вміст нітратів у свіжій та консервованій продукції коливався в від 42 до 51 мг/кг, що є в межах гранично допустимих норм.

На п'ятому етапі відбулось дослідження фітопатологічного пошкодження ягід суниці під час зберігання. За роки досліджень встановлено, що ягоди суниці в основному уражувалися чотирма грибовими захворюваннями: *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Mucor* та *Aspergillus niger*. У 2018 році крім основних патогенів зустрічались поодинокі випадки ураження ягід грибами роду *Fusarium*, *Whetzelinia sclerotiorum* та *Penicillium spp* у зразках без обробки. Пошкодження даними грибами становило 0,5% і не спостерігалось у наступні роки, тому вплив обробки хітозаном встановити не вдалося.

Нами встановлено сильний кореляційний зв'язок між погодніми умовами та відсотком пошкодження ягід суниці сірою гниллю ($r = 0,92$). Найбільший відсоток пошкодження ягід сірою гниллю зафіксований у 2020 році коли ВВП становила 73%, а опадів було на 46 мм більше за середньо багаторічне значення.

Під час зберігання ягід суниці у холодильній камері на чотирнадцяту добу у контролі виявлено ураження фітопатогенним пошкодженням. Розвиток хвороби на ураженій ягоді відбувався стрімко і на шістнадцяту добу плід цілком був покритий щільним шаром сірого нальоту. Дослідженнями встановлено ураження ягід суниці спричинене грибом *Botrytis cinerea*. У решти дослідних зразках хвороби не виявлено.

Ягоди суниці, які зберігали без охолодження мікробіологічне пошкодження зафіксоване на п'яту добу зберігання у контролі та у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,05%. На сьому добу зберігання ураження виявлене у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,1%, 0,2% та 0,3%. На

восьму добу зберігання всі досліджувані зразки ягід суниці були пошкоджені сірою гниллю.

Rhizopus stolonifera – гриб чутливий до знижених температур, тому охолодження ягід знижує розвиток хвороби. Ураження ягід суниці грибом *Rhizopus stolonifera* спостерігалось протягом всіх років досліджень. Встановлено, що найбільш інтенсивний розвиток хвороби відбувався у 2020 році, що зумовлено високою вологістю повітря (73%) у даний період. Розвиток хвороби у ягід суниці, які зберігались в охолодженому стані зафіксовано на вісімнадцяту добу у зразку без попередньої обробки. На двадцяту добу зберігання ураження грибом спостерігалось у варіанті з концентрацією обробки 0,05%, 0,1% та 0,2%. У решти зразків пошкоджень викликаних грибом *Rhizopus stolonifera* не встановлено.

У ягодах суниці, які зберігали без охолодження пошкодження даним патогеном виявлено на шосту добу зберігання у контролі та зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%. На восьму добу зберігання ураження ягід суниці чорною гниллю спостерігалось у всіх зразках.

Встановлено, що хітозанове покриття дало змогу сповільнити розвиток чорної гнилі збудником якої є гриб *Rhizopus stolonifera*, що дозволяє зменшити відсоток втрат ягідної продукції.

Цвілеві гриби роду *Aspergillus* є одними з найпоширеніших в природі, адже володіють стійкістю до дії факторів зовнішнього середовища. *Aspergillus* вважається одним із найтоксичніших грибів, який викликає тяжкі захворювання потрапляючи в організм людини з спорами через дихальні шляхи. У 2018 – 2020 роках виявлено зараження ягід суниці грибом *Aspergillus niger* у зразках, які зберігали без охолодження. Розвиток хвороби розпочався на шосту добу зберігання у контролі та зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1%, 0,2%. На восьму добу зараження ягід чорною цвіллю зафіксоване у всіх варіантах. Досліджено, що ягоди суниці попередньо оброблені розчином хітозану виявляли більшу стійкість до пошкодження грибом *Aspergillus niger*.

Mucor - рід нижчих цвілевих грибів. Досліджено, що у ягодах суниці хвороба з'являється в місцях механічного пошкодження та інтенсивно розвивається за рахунок ідеального поживного середовища.

Mucor, як і *Botrytis cinerea* сильно піддається впливу погодніх умов. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між ВВП та відсотком ураження грибом ($r = 0,92$) і кількістю опадів та відсотком ураження білою цвіллю ($r = 0,87$). Розвиток білої цвілі у ягодах суниці, які зберігали у холодильній камері зафіксований на двадцятую добу у контролі та зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,05%. У решти зразків пошкоджень не виявлено. У зразках, які зберігали без охолодження, пошкодження встановлено на шосту добу у варіанті без обробки. На восьму добу зберігання ураження грибом виявлено у зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1% та 0,2%. Встановлено, що попередня обробка ягід суниці водними розчинами хітозану запобігає розвитку захворювання спричиненого грибом *Mucor*.

Шостий етап досліджень був присвячений розробленню технологій нанесення хітозану на поверхню ягід суниці. В ході наукового експерименту було досліджено вплив попередньої обробки водними розчинами низькомолекулярного хітозану на зміну якісних показників ягід суниці під час зберігання. Обробку ягід виконували шляхом повного занурення у розчин та шляхом обприскування з наступним видалення зайвої вологи.

Аналіз графічних зображень висвітлених у попередніх розділах свідчить про неістотну різницю між застосованими способами, що дає можливість ефективно використовувати обидва.

На основі отриманих результатів були розроблено три технологічні схеми застосування попередньої обробки ягід суниці.

Розроблено технологію нанесення хітозану на поверхню ягід суниці шляхом повного занурення ягід у розчин. Запропоновано два способи занурення: занурення ягід без тари у ванни з робочим розчином та занурення ягід у тарі. Витрата розчину становить 200 літрів на 1000 кг.

Розроблено технологію нанесення хітозану на поверхню ягід суниці шляхом обприскування. Витрата розчину становить 100 л на 1000 кг продукції.

Для підприємств з малим обсягом виробництва представлена спрощена технологія застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану, яка не потребує великої кількості технологічного обладнання. Витрата розчину становить 10 л на 100 кг продукції.

Наступний етап досліджень стосувався визначення економічної ефективності застосування попередньої обробки ягід суниці хітозаном.

Встановлено, що застосування обробки хітозаном ягід суниці, які зберігали у холодильній камері дозволяє отримати прибуток у розмірі 21505,9 грн/т за рівня рентабельності 40,2%, натомість у контролі прибуток знаходився на рівні 9300,0 грн/т за рівня рентабельності 20,3%.

Застосування попередньої обробки розчином хітозану ягід суниці, які зберігали без охолодження є менш ефективним, але дає можливість отримання прибутку в розмірі 7169,2 грн/т за рівня рентабельності 13,6%. У контролі прибуток складає 3133,3 грн/т за рівня рентабельності 7%.

Завершальним етапом виконання наукових досліджень було впровадження результатів досліджень на підприємствах: ТОВ «Благодатний край», с. Кочержинці, Уманського району; ТОВ ТД «Агроальянс», м. Умань; ТОВ «ВАТ – РОСТОК», с. Коробки, Каховського району.

Результати впровадження свідчать, що застосування розроблених технологій попередньої обробки ягід суниці хітозаном дозволяє зменшити кількість фітопатогенного пошкодження на 15%, покращити товарний вигляд ягід суниці та збільшити рівень рентабельності на 11%.

Ключові слова: суниця садова, зберігання, хітозан, охолодження, нові технології, пюре, джем, якість, фізико-хімічні показники, фітопатогенне пошкодження.

SUMMARY

Blahopoluchna A. H. Preservation of strawberries during post-harvest treatment with chitosan. Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

Dissertation for the degree of Doctor of Philosophy in the specialty 181 «Food Technology». National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Kyiv, 2023.

The dissertation work is devoted to topical issues of preservation of strawberries in refrigerators and without cooling by pre-treatment with chitosan.

The first stage of research was aimed at finding and studying the scientific literature on the characteristics of the culture, existing technologies for storing berries and the use of antimicrobial drugs.

The analysis of factors influencing the quality of grown products, the influence of abiotic factors on changes in physicochemical properties of strawberries during storage under different conditions, the results of research on storage of strawberries in different environments, the effect of pre-treatment of strawberries with polysaccharide solutions, plant and microbiological origin.

Having systematized the received information at the second stage it was possible to define urgency, to formulate the purpose, tasks of researches, to substantiate the chosen ways of storage and processing of berries.

The aim of the dissertation was to evaluate the effect of chitosan on the postharvest quality of strawberries.

Experimental studies conducted during 2018-2020 in the research laboratories of UNUS included the evaluation of strawberries according to physical, physicochemical, organoleptic and microbiological indicators. In addition, after seven days of storage of processed strawberries, their suitability for processing was determined by making and evaluating ready-made canned food for physico-chemical and organoleptic parameters. Nitrate content was determined among safety indicators in raw materials and finished products.

The study of the influence of weather conditions on the quality of strawberries shows that the content of the components of the chemical composition of strawberries depends on abiotic factors.

Correlation analysis revealed that the amount of precipitation significantly affects the mass of strawberries ($r = 0,92$). As the amount of precipitation increased, the mass increased due to the accumulation of a large amount of free moisture in the intercellular space of the fetus.

It was studied that in the years when the air temperature in May was above 17°C berries accumulated 0,91–1,1% of organic acids, but at a temperature of $12,5^{\circ}\text{C}$ the content of organic acids was 0,76%. Tissue density depended on RAH ($r = -0,96$). The lowest rate was at high relative humidity, while the berries were vulnerable to mechanical damage and quickly lost their attractive appearance.

On average, over the years of research, strawberries have accumulated 9,6% of DSS; 6,0% of sugars; 0,92% of organic acids and 65,1 mg / 100 g of ascorbic acid.

In the next step, the preservation of the treated strawberries in the refrigerator under conditions of free access of air and in a modified gaseous medium was determined.

Analysis of the dynamics of weight loss of strawberries during fourteen days of storage showed that treatment with a solution of chitosan helps to reduce these losses by 0,5 – 4,7% compared with control in samples stored with free access of air and by 0,7 – 4,4 % in MGA.

The mass fraction of DSS decreased throughout the shelf life. It was investigated that pre-treatment of berries helped to reduce the loss of mass fraction of dry soluble substances by 0,2 – 1,9% and 0,4 – 1,7% depending on the method of storage.

A strong direct correlation between m.f. DSS and concentration of chitosan solution ($r = 0,95$; $r = 0,98$). It is proved that the use of edible chitosan coating with a concentration of 0,2% makes it possible to slow down unwanted physiological changes that lead to the loss of dry soluble substances.

Pre-treatment of strawberries before storage helps to reduce respiratory activity. The physical effect of chitosan is that a thin transparent film is formed on the surface of strawberries, which slows down gas exchange.

The average respiration rate of fresh strawberries was $34,6 \text{ mg of CO}_2 \cdot \text{kg/h}$. This was facilitated by a decrease in temperature to $0 \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$. During subsequent storage, the respiration rate gradually decreased in all samples, but was lowest in variants with a concentration of chitosan treatment of 0,5% of 1,9 and 2,3 $\text{CO}_2 \cdot \text{kg} / \text{h}$ depending on the method of storage.

Studies have shown that pre-treatment of strawberries with a solution of chitosan significantly affects changes in the content of organic acids and sugars. Organic acids and sugars are involved in oxidative processes, so their loss is partly due to the intensity of respiration. The presence of chitosan film slowed down the process of respiration, respectively, reducing the loss of organic acids by 0,03 – 0,19% during storage with free access of air and 0,01 – 0,15% in a modified gas atmosphere and sugars by 0,2 – 1,1% and 0,3 – 1,6%.

The rate of decrease in ascorbic acid content in strawberries during storage was slower in the treated samples. The rate of loss depended on the concentration of the solution, which is confirmed by a strong direct correlation ($r = 0,99$; $r = 0,98$). The highest content of ascorbic acid at the end of storage was recorded in the sample with a treatment concentration of 0,5%, which was $35,4 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ in the version with free access of air and $37,8 \text{ mg} / 100 \text{ g}$ in MGA, which is 11,6 and 11, 4 $\text{mg} / 100\text{g}$ more than control.

The active acidity of strawberries affects the activity of the microflora. Raising the pH level provokes the rapid development of pathogenic damage. It is proved that the treatment of berries with a solution of chitosan slows down the increase in pH. We found a strong inverse correlation between the active acidity and the concentration of the chitosan solution ($r = -0,99$; $r = -0,97$).

Increasing the concentration of treatment also had a positive effect on the tissue density of strawberries. During storage, a significant softening of the berries was

recorded in the control, the density at the end of storage was 0,10 kg / cm² in both ways, while in the treated samples the figure was at the level of 0,14 – 0,20 kg / cm² in the version with free access air and 0,17 – 0,24 kg / cm² in a modified gas atmosphere.

At the end of storage in the berries of strawberries recorded the appearance of ethyl alcohol. Its formation in the berries of strawberries is due to lack of oxygen, when the berries go to anaerobic respiration. The highest content of ethyl alcohol was observed in the samples stored in the modified gas medium 0,68 – 0,85% in the treated samples and 0,88% in the control. In samples stored with free access of air, the content of ethyl alcohol did not exceed 0,05 – 0,18%. It was found that the concentration of treatment does not affect the accumulation of ethyl alcohol in the berries.

A similar situation was observed with the content of acetaldehyde. During storage in a modified gas environment, the content of acetaldehyde was 0,16 – 0,28 mg / 100 g, while in samples stored with free access of air, the figure was at the level of 0,11 – 0,15 mg / 100 g

It was found that pre-treatment of strawberries with chitosan solutions improved organoleptic properties contributing to better preservation of color, tissue density and taste. Due to the film-forming properties of chitosan, the berries had a shiny glossy surface, which allowed to improve the appearance of strawberries.

The next step was to investigate the preservation of strawberries without cooling by treatment with chitosan methods: spraying for immersion.

During storage of berries at a temperature of 20 - 22 °C there was a significant deterioration in the quality of strawberries, so the study was conducted every day on physical indicators.

It is established that storage of berries in the conditions of trade turnover is followed by fast quality losses. This is due to increased physiological activity, namely high intensity of respiration, which in turn leads to loss of nutrients.

It is proved that post-harvest treatment of strawberries with chitosan solutions has a positive effect on the preservation of physical parameters by reducing weight loss by 5,6 – 5,8%; tissue density of 0,02 kg / cm²; pH level at 0,6 – 0,7. Analyzing the results, it was found that there is no significant difference between the processing methods.

The next step was to determine the suitability of processed strawberries for canning after seven days of storage. For this purpose, canned products were made from processed berries stored for a week. Canned food made from fresh raw materials was considered control. The range of canned food included: strawberry puree, strawberry jam, strawberry confiture, strawberry compote, natural strawberry juice made according to technological instructions and strawberries in their own juice made according to the technology developed by us.

It was found that the content of titrated acids and ascorbic acid was significantly lower in cans that undergo long-term heat treatment (boiling). In other cans, the mass fraction of dry soluble substances, sugars, titrated acids and the content of ascorbic acid depended on the initial values.

In terms of mass fraction of DSS, canned food made from processed raw materials outperformed control by 0,1 – 1,9%, depending on the species. Strawberry jam had a better consistency, due to the remnants of chitosan, which appeared in the finished jam as a gelling agent. In general, according to physicochemical and organoleptic parameters, canned food is made from pre-treated berries, which were stored for seven days and fully met the requirements. The content of nitrates in fresh and canned products ranged from 42 to 51 mg / kg, which is within the maximum allowable norms.

The fifth stage was the study of phytopathological damage to strawberries during storage. Over the years, research has shown that strawberries are mainly affected by four fungal diseases: *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Mucor* and *Aspergillus niger*. In 2018, in addition to the main pathogens, there were isolated cases of berry infestation with fungi of the genus *Fusarium*, *Whetzelinia sclerotiorum*

and *Penicillium spp* in samples without treatment. Damage by these fungi was 0,5% and was not observed in subsequent years, so the effect of chitosan treatment could not be established.

We found a strong correlation between weather conditions and the percentage of damage to strawberries by gray rot ($r = 0,92$). The highest percentage of damage to berries by gray rot was recorded in 2020, when RHA was 73% and precipitation was 46 mm higher than the long-term average.

During storage of strawberries in the refrigerator for the fourteenth day in the control revealed lesions of phytopathogenic damage. The development of the disease on the affected berry was rapid and on the sixteenth day the fruit was completely covered with a dense layer of gray plaque. Studies have shown damage to strawberries caused by the fungus *Botrytis cinerea*. The disease was not detected in other experimental samples.

Strawberries that were stored without refrigeration microbiological damage was recorded on the fifth day of storage in the control and in the sample with a concentration of chitosan treatment of 0,05%. On the seventh day of storage, the lesion was detected in a sample with a concentration of chitosan treatment of 0,1%, 0,2% and 0,3%. On the eighth day of storage, all tested samples of strawberries were damaged by gray rot.

Rhizopus stolonifera is a fungus sensitive to low temperatures, so cooling the berries reduces the development of the disease. The defeat of strawberries by the fungus *Rhizopus stolonifera* was observed during all years of research. It was found that the most intensive development of the disease occurred in 2020, due to high humidity (73%) in this period. The development of the disease in strawberries, which were stored in a refrigerated state, was recorded on the eighteenth day in the sample without pre-treatment. On the twentieth day of storage, the fungal lesion was observed in a variant with a treatment concentration of 0,05%, 0,1% and 0,2%. In other samples of damage caused by the fungus *Rhizopus stolonifera* has not been established.

In strawberries stored without cooling, damage by this pathogen was detected on the sixth day of storage in controls and samples with a concentration of chitosan treatment of 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%. On the eighth day of storage, the defeat of strawberries with black rot was observed in all samples.

It was found that the chitosan coating made it possible to slow down the development of black rot caused by the fungus *Rhizopus stolonifera*, which reduces the percentage of losses of berry products.

Molds of the genus *Aspergillus* are one of the most common in nature, because they are resistant to environmental factors. *Aspergillus* is considered to be one of the most toxic fungi that causes serious diseases by entering the human body with spores through the respiratory tract. In 2018 - 2020, infection of strawberry berries with the fungus *Aspergillus niger* was detected in samples that were stored without cooling. The development of the disease began on the sixth day of storage in controls and samples with a concentration of chitosan treatment of 0,05%, 0,1%, 0,2%. On the eighth day, the infection of berries with black mold was recorded in all variants. It was studied that strawberries pre-treated with a solution of chitosan showed greater resistance to damage by the fungus *Aspergillus niger*.

Mucor is a genus of lower fungi. It has been studied that in strawberries the disease appears in places of mechanical damage and develops intensively due to the ideal nutrient medium.

Mucor, as well as *Botrytis cinerea*, is highly exposed to weather conditions. A strong correlation was found between RHA and the percentage of fungal infestation ($r = 0,92$) and the amount of precipitation and the percentage of white mold infestation ($r = 0,87$). The development of white mold in strawberries stored in the refrigerator was recorded on the twentieth day in the control and sample with a concentration of treatment with chitosan 0,05%. No damage was found in the other samples. In samples stored without cooling, the damage was found on the sixth day in the version without treatment. On the eighth day of storage, fungal lesions were detected in samples with a concentration of chitosan treatment of 0,05%, 0,1% and

0,2%. It was found that pre-treatment of strawberries with aqueous solutions of chitosan prevents the development of the disease caused by the fungus *Mucor*.

The sixth stage of research was devoted to the development of technologies for the application of chitosan on the surface of strawberries. In the course of a scientific experiment, the effect of pre-treatment with aqueous solutions of low-molecular chitosan on the change in the quality of strawberries during storage was investigated. Treatment of berries was performed by complete immersion in the solution and by spraying, followed by removal of excess moisture.

The analysis of the graphic images covered in the previous sections shows an insignificant difference between the applied methods, which makes it possible to use both effectively.

Based on the obtained results, three technological schemes of application of pre-treatment of strawberries were developed.

The technology of applying chitosan on the surface of strawberries by complete immersion of berries in solution has been developed. Two methods of immersion are offered: immersion of berries without container in baths with working solution and immersion of berries in container. The consumption of solution makes 200 liters on 1000 kg.

The technology of applying chitosan on the surface of strawberries by spraying has been developed. Consumption of the solution is 100 liters per 1000 kg of product.

For enterprises with a small volume of production, a simplified technology of pre-treatment of strawberries with a solution of chitosan is presented, which does not require a large amount of technological equipment. Consumption of the solution is 10 liters per 100 kg of product.

The next stage of research was to determine the cost-effectiveness of pre-treatment of strawberries with chitosan.

It was found that the use of chitosan treatment of strawberries stored in the refrigerator allows to make a profit of 21505,9 UAH / t at a level of profitability of

40,2%, while in the control profit was at 9300,0 UAH / t at a level of profitability 20,3%.

The use of pre-treatment of strawberries with a solution of chitosan, which was stored without cooling is less effective, but gives the opportunity to make a profit of 7169.2 UAH/ t at a level of profitability of 13.6%. In control, the profit is 3133.3 UAH/ t at a level of profitability of 7%

The final stage of scientific research was the implementation of research results at the enterprises: LLC "Blagodatny Krai", p. Kocherzhyntsi, Uman district; LLC TD "Agroalliance", Uman; LLC "OJSC - ROSTOK", p. Boxes, Kakhovka district.

The results of the implementation show that the application of the developed technologies of pre-treatment of strawberries with chitosan allows to reduce the amount of phytopathogenic damage by 15%, to improve the appearance of strawberries and increase the level of profitability by 11%

Key words: garden strawberries, storage, chitosan, cooling, new technologies, puree, jam, quality, physicochemical parameters, phytopathogenic damage.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях України

1. **Благополучна А. Г.,** Заморська І. Л, Ляховська Н. О. Вплив обробки хітозаном на фізико-хімічні показники свіжої суниці під час зберігання. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 194 С. 150–156. *(Здобувачем проведено фізико-хімічні дослідження, проаналізовано результати та підготовлено статтю до публікації).*

2. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Вплив хітозанового покриття на деякі показники якості ягід суниці під час холодильного зберігання. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2019. № 2. С. 59–61. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження якості ягід суниці, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

3. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Ефективність попереднього оброблення ягід суниці розчином хітозану за холодильного зберігання в модифікованому газовому середовищі. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 62–65. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, зроблено висновки та підготовлено статтю до публікації).*

4. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Вплив попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану на тривалість зберігання та вихід товарної продукції. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 2. С. 42–44. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, зроблено висновки та підготовлено статтю до публікації).*

**Стаття у науковому виданні,
включеному до міжнародних наукометричних баз даних
Scopus та/або Web of Science Core Collection**

5. **Blahopoluchna A.,** Liakhovska N. Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. Food Science and Technology. 2021. Vol. 15. Iss. 3. P. 30–39. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

Стаття у науковому виданні іншої держави

6. **Blahopoluchna A.,** Liahovska N. Preservation of strawberry quality by pretreatment with chitosan. Sciences of Europe. 2020. Vol. 1. № 56. P. 53–56. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на збереженість ягід суниці, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

Патенти України на корисну модель

7. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Спосіб отримання водного розчину низькомолекулярного хітозану для попередньої обробки ягід суниці перед зберіганням: патент на корисну модель № 147721 України, МПК А23В 7/04 (2006.01). Заявник та патентовласник Уманський національний

університет садівництва; u2020 07067; заявлено 04.11.2020; опубліковано 09.06.2021. *(Здобувачем розроблено технологію приготування водних розчинів низкомолекулярного хітозану).*

8. Благополучна А. Г., Ляховська Н. О. Спосіб попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану перед холодильним зберіганням: патент на корисну модель № 147723 України, МПК A23L 3/34 (2006.01). Заявник та патентовласник Уманський національний університет садівництва; u2020 07070; заявлено 04.11.2020; опубліковано 09.06.2021. *(Здобувачем розроблено технологію попереднього оброблення ягід суниці розчинами хітозану).*

Тези наукових доповідей

9. Благополучна А. Г. Вплив обробки хітозаном на інтенсивність дихання суниці під час зберігання. Актуальні питання аграрної науки: VI Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС, м. Умань, 15 листопада 2018 року: тези доповіді. Умань, 2018. С. 380–382.

10. Благополучна А. Г. Роль дорожньої карти у формуванні ринку ягідної продукції України. Біолого-екологічні перспективи отримання високоякісної сільськогосподарської продукції: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 5 вересня 2019 року: тези доповіді. Умань, 2019. С. 4–5.

11. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Застосування їстівного покриття на основі хітозану для захисту сільськогосподарської продукції від мікробіологічного пошкодження. Біолого-екологічні перспективи отримання високоякісної сільськогосподарської продукції: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 5 вересня 2019 року: тези доповіді. Умань, 2019. С. 5–6. *(Здобувачем досліджено вплив хітозанового покриття на розвиток мікробіологічних пошкоджень, узагальнено результати та підготовлено матеріал до публікації).*

12. Blahopoluchna A. H. Technology of storing strawberries pretreated with chitosan. Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Умань, 7 квітня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 41–43.

13. **Благополучна А. Г.**, Ляховська Н. О. Application of chitosan pretreatment to preserve quality of berry products. Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: VI Міжнародна науково-практична онлайн-конференція, м. Умань, 28–29 травня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 98. *(Здобувачем вивчено питання зберігання ягід суниці оброблених розчинами хітозану, систематизовано результати).*

14. **Blahopoluchna A. H.**, Liakhovska N. O. Application of chitosan preliminary treatment to preserve quality of strawberries. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 5–6. *(Здобувачем досліджено зміну якісних показників ягід суниці за попередньої обробки хітозаном).*

15. **Благополучна А. Г.**, Ляховська Н. О. Формування ринку органічної ягідної продукції. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 53–54. *(Здобувачем вивчено питання формування та розвитку ринку органічної ягідної сировини, систематизовано результати).*

16. **Blahopoluchna A. H.**, Liakhovska N. O. Effect of chitosan on physicochemical indicators of strawberries. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 54–55. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на ягоди суниці, систематизовано результати).*

17. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Хітозан як альтернатива синтетичним засобам для збереження аскорбінової кислоти у ягодах суниці. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 19–20 листопада 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 82–84. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на збереженість вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці).*

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ	26
ВСТУП	27
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЯГІДНИХ КУЛЬТУР ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ПЛОДОВОЯГІДНОЇ СИРОВИНИ ПРЕПАРАТАМИ З АНТИМІКРОБНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ	32
1.1. Загальна характеристика ягід суниці	32
1.2. Основні чинники, що впливають на формування якості ягід суниці	33
1.3. Зміни під час зберігання ягід суниці	36
1.4. Технології зберігання ягід	39
1.4.1. Зберігання ягід при знижених температурах у звичайних атмосферних умовах	41
1.4.2. Зберігання у регульованому газовому середовищі	43
1.4.3. Зберігання у модифікованому газовому середовищі	44
1.5. Особливості застосування попередньої обробки плодів та овочів антимікробними препаратами	45
Висновки до розділу 1	52
Список використаної літератури у розділі 1	53
РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	80
2.1. Програма проведення досліджень	80
2.2. Методика проведення досліджень	80
2.3. Погодні умови за роки досліджень	85
Висновки до розділу 2	87
Список використаної літератури у розділі 2	88
РОЗДІЛ 3. ВПЛИВ ОБРОБКИ ХІТОЗАНОМ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ЯГІД СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ	90
3.1. Вплив погодних чинників на формування якості ягід суниці	90

3.2. Зміни фізико-хімічних показників ягід суниці без охолодження за обробки хітозаном	92
3.3. Збереженість ягід суниці без охолодження за обробки хітозаном	116
3.4. Дослідження якості консервів з оброблених ягід суниці	122
Висновки до розділу 3	142
Список використаної літератури у розділі 3	145
РОЗДІЛ 4. ФІТОПАТОГЕННЕ ПОШКОДЖЕННЯ ЯГІД СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ	146
4.1. Пошкодження ягід грибковими захворюваннями	146
4.1.1. <i>Botrytis cinerea</i>	147
4.1.2. <i>Rhizopus stolonifera</i>	150
4.1.3. <i>Aspergillus niger</i>	152
4.1.4. <i>Mucor</i>	154
Висновки до розділу 4	157
Список використаної літератури у розділі 4	158
РОЗДІЛ 5. РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ХІТОЗАНУ НА ПОВЕРХНЮ ЯГІД СУНИЦІ	169
Висновки до розділу 5	172
Список використаної літератури у розділі 5	174
РОЗДІЛ 6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЯГІД СУНИЦІ ХІТОЗАНОМ	175
Висновки до розділу 6	178
Список використаної літератури у розділі 6	179
ВИСНОВКИ	180
РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ	182
ДОДАТКИ	183

**ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ, СИМВОЛІВ, ОДИНИЦЬ,
СКОРОЧЕНЬ І ТЕРМІНІВ**

ВВП – відносна вологість повітря;

г – грам;

год – годин;

ДСТУ – Державний стандарт України;

кг – кілограм;

м – метр;

м² – метр квадратний;

мг – міліграм;

МГС – модифіковане газове середовище;

мкм – мікромметр;

мл – мілілітр;

м.ч. – масова частка;

НІР₀₅ – найменша істотна різниця;

НВВ – науково-виробничий відділ;

р. – рік;

рис. – рисунок;

см³ – сантиметр кубічний;

СРР – сухі розчинні речовини;

ВСТУП

Актуальність теми. Суниця садова (*Fragaria ananassa*) - високопоживна та економічно важлива ягідна культура, що має короткий термін зберігання. Це сезонна ягода, яка представлена на ринку лише декілька місяців. У період масового збору урожаю суниця є лідером за кількістю втрат серед всіх ягідних культур, які зумовлені її фізіологічними особливостями. Ягоди суниці мають тонкі покривні тканини, які легко пошкоджуються на всіх етапах виробництва від збору до реалізації. Крім механічних пошкоджень ягоди суниці схильні і до мікробіологічних захворювань, що заражають ягоди ще на материнській рослині та продовжують розвиватися вже під час зберігання.

Для зменшення впливу фітопатогенного пошкодження застосовують попередню обробку ягід перед зберіганням препаратами, які володіють антибактеріальними властивостями. В джерелах літератури наведено безліч речовин, як натуральних так і синтетичних для боротьби з грибовими захворюваннями. Серед них є і хітозановмісні композиції.

Дослідженню якості ягід суниці під час зберігання значну увагу приділяли такі вчені як: С.О. Белінська, С.В. Кюрчев, О.Є. Марковська, О.С. Галінська, А.М. Одорченко, М.А. Кочуңсу, J.M. Kinet, M.A. Daeschel. Зміни фізико-хімічних показників плодоягідної сировини за обробки хітозаном вивчали: О.І. Черевко, А.А. Дубініна, В.В. Новікова, В.Т. Лебединець, Т.В. Фролова, зокрема, у дослідження збереженості ягід суниці за використання попередньої обробки розчинами хітозану великий внесок зробили: A.E. Ghaouth, G.G. Romanazzi, E. Feliziani, M. Santini, M.S. Benhabiles, E.L. Rabea. Завдяки їхнім дослідженням були розроблені технології зберігання плодово-ягідної сировини у регульованому газовому середовищі та модифікованому газовому середовищі, обґрунтовано доцільність використання пластикової тари для збирання та подальшого зберігання ягід, описано фізіологічні зміни попередньо оброблених ягід суниці розчинами на основі хітозану, обґрунтовано терміни та режими зберігання, але при цьому спостерігається дефіцит інформації про дію

водого розчину хітозану без додаткових компонентів на фізико–хімічні, органолептичні та мікробіологічні показники ягід суниці. Суть проблеми полягає у комплексному дослідженні впливу хітозану на якість свіжих ягід суниці та продуктів її переробки, розробленні технологій нанесення розчину на поверхню ягід.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження виконували впродовж 2018–2020 рр. відповідно до наукової програми Уманського національного університету садівництва «Розробка технологій зберігання і переробки продуктів рослинництва» (номер державної реєстрації 0116U003208).

Мета і завдання дослідження. Мета дослідження – оцінювання впливу обробки хітозаном на післязбиральну якість ягід суниці. Для досягнення поставленої мети визначено **завдання**:

- проаналізувати джерела літератури відносно особливостей і результатів обробки плодів та овочів препаратами, що мають антимікробні властивості;
- встановити хімічний склад ягід суниці та виявити його залежність від погодних умов;
- встановити шляхи псування ягід суниці після збирання врожаю;
- виявити якісний склад мікрофлори, що розвивається під час зберігання ягід суниці;
- оцінити вплив різних способів обробки ягід суниці хітозаном на їх якість після збирання та під час зберігання в умовах холодильника та без охолодження;
- оцінити вплив різних концентрацій хітозану на післязбиральну якість ягід суниці під час зберігання в різних умовах;
- розробити технологію нанесення хітозану на поверхню ягід суниці;
- економічно обґрунтувати ефективність обробки хітозаном ягід суниці.

Об'єкт дослідження – зміни якості ягід суниці під впливом попередньої обробки хітозаном за різних умов зберігання.

Предмет дослідження – свіжі ягоди суниці садової.

Методи дослідження. У дисертаційній роботі використано фізичні, фізико-хімічні, органолептичні, біологічні, інформаційні, статистичні та економічні методи.

Наукова новизна одержаних результатів. Експериментально доведено ефективність післязбиральної обробки хітозаном на збереженість ягід суниці.

Вперше:

- досліджено динаміку змін фізичних та фізико-хімічних показників ягід суниці за попередньої обробки хітозаном під час зберігання в холодильнику та без охолодження;
- встановлено кореляційні зв'язки між концентраціями розчину хітозану та зміною якісних показників ягід суниці;
- з'ясовано оптимальну концентрацію розчину хітозану для боротьби з фітопатогенним пошкодженням ягід суниці;
- розроблено технологічну схему виробництва консервів з обробленої сировини «Суниця у власному соку»;

Удосконалено:

- схему комплексної переробки ягід суниці;
- технології застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану (захищено патентом № 147723 «Спосіб попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану перед холодильним зберіганням»);

Набули подальшого розвитку:

- наукові положення щодо ефективності застосування післязбиральної обробки ягід суниці хітозаном.

Практичне значення одержаних результатів. На основі проведених досліджень розроблено технології попередньої обробки ягід хітозаном та рекомендовано товаровиробникам промислових і невеликих підприємств спосіб нанесення та концентрацію розчину хітозану. Розроблено спосіб розчинення хітозану без застосування кислот.

Новизна технічних рішень підтверджена двома патентами України на корисну модель.

Особистий внесок здобувача. Дисертація є завершеною науковою роботою, виконаною впродовж 2018–2020 рр. Здобувачем розроблено програму досліджень, здійснено аналіз наукових літературних джерел за темою дисертації, закладено і проведено експериментальні дослідження, узагальнено їх результати, сформульовано висновки і рекомендації виробництву. Публікації виконано автором самостійно та в співавторстві, де внесок здобувача полягає у проведенні досліджень, теоретичному узагальненні результатів, систематизації та підготовці наукових праць до друку, написанні та оформленні кваліфікаційної наукової роботи.

Апробація матеріалів дисертації. Основні положення дисертаційної роботи оприлюднено на засіданнях кафедри технологій харчових продуктів УНУС (2018–2020 рр.), VI Міжнародній науково-практичній конференції «Актуальні питання аграрної науки», присвяченої 150-річчю заснування факультету агрономії Уманського НУС (Умань, 2018); Всеукраїнській науково-практичній Інтернет – конференції «Біолого – екологічні перспективи отримання високоякісної с.-г. продукції» (Умань, 2019); Всеукраїнській науково-практичній конференції в заочній формі «Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів» (Умань, 2020); VI Міжнародній науково-практичній онлайн-конференції «Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва» (Умань, 2020); Всеукраїнській науковій Інтернет конференції «Сучасні проблеми біології» (Умань, 2020); Міжнародній науково-практичній конференції «Оздоровчі харчові продукти та харчові добавки: технології, якість та безпека» (Київ, 2020);

Публікації. Основні положення дисертаційного дослідження викладено в 17 наукових працях здобувачки, з яких 4 статті у наукових фахових виданнях України, стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних

наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection, стаття у науковому виданні іншої держави, 2 патенти на корисну модель, 9 тез наукових доповідей.

Структура та обсяг дисертації. Дисертація складається з анотацій, вступу, шести розділів, висновків, списку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг дисертації становить 229 сторінок. Список використаних джерел налічує 372 найменування.

РОЗДІЛ 1

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА, ТЕХНОЛОГІЇ ЗБЕРІГАННЯ ЯГІД СУНИЦІ САДОВОЇ ТА ОСОБЛИВОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ПЛОДОВОЯГІДНОЇ СИРОВИНИ ПРЕПАРАТАМИ З АНТИМІКРОБНИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ

1.1. Загальна характеристика ягід суниці

Суниця (*Fragaria*) – рід багаторічних трав'янистих рослин родини розових (*Rosaceae*). Існує більше 20 її видів багато гібридів і культурних сортів. В Україні найпоширенішою є *Fragaria ananassa*, що являє собою гібрид, виведений штучно від двох американських видів *Fragaria chiloensis* і *Fragaria virginiana* [1, 2].

Відомий систематик Дюшен (*Duchesne*) усі гібридні сорти, що отримані від схрещування цих двох дикорослих форм, у класичній своїй праці *L' Histoire naturelle des fraisiers* (1968) назвав садовою суницею *Fragaria ananassa*. Як вважають Дюшен (1768р.), Лі (1964) і Дарроу (1966), створенням сортів великоплідної садової суниці історія завдячує французькому аматорові Фрезье [3].

Усі великоплідні сорти суниці, що вирощуються у різних країнах світу, є гібридним потомством дикорослих віргінської та чилійської суниць [4]. Науковці активно виводять нові перспективні сорти, які мають вищу врожайність, великоплідність, більшу кількість поживних речовин і відзначаються високими технологічними властивостями. Найбільше селекціонери звертають увагу на такі сорти суниці садової, які були б стійкими до хвороб, шкідників і мали хорошу транспортабельність [5, 6].

Fragaria ananassa займає перше місце в групі ягідних культур. Залежно від місця вирощування, погодних умов року, культури обробітку ґрунту та догляду за рослинами в ягодах міститься 50 – 120 мг/ 100г вітаміну С, 350 – 750 мг/100г Р-активних речовин, невелика кількість вітаміну В6, В2, Е, РР, К. Пектин 0,8 –

1,1%, кислотність 0,56 – 1,37%, (переважно лимонна кислота). У свіжих плодах у середньому міститься 126 мг калію, 85 – фосфору, 41 – кальцію, 28 – натрію, 22 – магнію, 13 – заліза, 8 мг йоду, а також 5,48 – 9,23% цукрів (3,67% - 5,5% глюкози, 0,57 – 2,1% сахарози і 0,22 – 1,52% фруктози) [7 - 9].

1.2 Основні чинники що впливають на формування якості ягід суниці

Для отримання ягід суниці високої якості необхідно вжити попередні заходи по правильному вирощуванні цієї культури. Догляд за рослинами суниці полягає в обробці ґрунту, внесенню добрив, захисту рослин від температурних коливань, несприятливих умов, хвороб і шкідників [10].

Для вирощування суниці кращими ґрунтами є супіщані, легко глинисті (чорноземи, сірі лісові, бурі лісові, каштанові). Високо піщані ґрунти малопридатні для вирощування суниці через швидке пересихання у спекотну погоду і низького запасу поживних речовин. Важкі ґрунти взагалі не придатні для вирощування даної культури через недостатній об'єм кисню в зоні коренів [11, 12]. Встановлено, найкомфортніше розвиватися рослинам у ґрунтах із слабо кислою реакцією, де рівень рН становить 5,5; 6,5. Під суницю обирають добре освітлені ділянки. У затінку вона погано плодоносить і довше досягає.

Потенційна продуктивність суниці дуже висока [13]. Вона становить 25-70 т/га (відкритий ґрунт — 25 т/га; відкритий ґрунт на субстраті 35 т/га; закритий ґрунт 60-70 т/га), але на практиці далеко не завжди вдається отримати таку врожайність. Однією з перешкод є вплив умов вирощування, що часто створює стрес для рослин, тим самим зменшуючи врожайність.

Температура ґрунту і повітря має значний вплив на усі процеси, які проходять у рослині. Вона визначає в'язкість клітинного соку, швидкість біохімічних реакцій і пересування поживних речовин, активність ферментів, витрати води та інше. Найбільш прийнятний рівень температури для усіх біохімічних процесів 10 — 25 °С. Більш високі або низькі температури здатні

до критичного рівня знижувати біохімічні процеси, які відбуваються у рослині. Коливання температур гальмують процеси фотосинтезу, споживання елементів живлення із ґрунту та накопичення сухих речовин. Рослини стають сприйнятливими до уражень хворобами [14 -17].

У період спокою критичною є температура $-15...-20\text{ }^{\circ}\text{C}$. При цьому відбувається пошкодження точки зростання, квіткових бруньок, кореневої системи [18]. При відсутності снігу, підземна частина суниці частково пошкоджується, а при температурі $-16...-27\text{ }^{\circ}\text{C}$ та сильних вітрах може загинути повністю. Втрати при цьому можуть становити від 20 до 100% [19].

У період бутонізації — цвітіння небезпечними є температури від -1 до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ через значне пошкодження пелюсток, чашолистків та плодів, що розвиваються, з'являється некроз тканин. У захищених місцях пошкоджується 10-13% квітів, а на відкритих просторах — до 68-69%. При весняних заморозках зазнають пошкоджень квіти першого — другого порядку, тому можна не отримати великих ягід. При дуже ранніх заморозках, коли пошкоджуються лише квіти першого порядку (верхівкові) поживні речовини витрачаються на розвиток ягід другого порядку, вони зазвичай є більшими, тому значних втрат урожаю не буде. Якщо заморозки будуть пізніше то втрати урожаю будуть великі (20-100%) [20].

Зниження температури від -1 до $-4\text{ }^{\circ}\text{C}$ в період формування плодів призводить до утворення деформованих ягід. Порушується процес поділу клітин, з'являються некрози тканин [21]. Сила пошкоджень під час заморозків залежить від тривалості впливу заморозків, фази розвитку плодів, вміст цукрів і мінеральних речовин у клітинах. Як правило, втрати врожаю сягають не більше 20 — 30%, але значно погіршується якість ягід суниці [22].

У період цвітіння температура $+30...+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ є небезпечною для рослин. Високі температури негативно впливають на їхній гормональний баланс (знижується утворення ауксинів та підвищується вміст етилену). При дефіциті ауксинів порушується процес проростання пилкових зерен і формування

насіння. Кількість зароджених насінин в плодах визначає потенційний запит на поживні речовини з листя і, відповідно, впливає на розмір і вагу плодів. В такому випадку втрати врожаю складають 10-50% і спостерігається значне падіння якості ягід [23].

У період дозрівання високі температури (+35...+40°C) збільшують втрату вологи клітинами, знижують продуктивність фотосинтезу і надходження цукрів в плоди, а також сприяють руйнуванню пігментів [24]. Підвищення температури клітинного соку до критичного рівня призводить до опіків тканин, знижуючи імунітет до захворювань та погіршуючи товарний вигляд продукції, тим самим різко погіршуючи якість ягід суниці. Втрати врожаю спостерігаються в межах 10-20 % [25].

Так як коренева системи суниці розвивається у верхніх шарах ґрунту (15-20 см) вона є вимогливою до вологи. Суниця є особливо чутливою до вологості ґрунту в період зав'язування і росту плодів [26].

Дисбаланс між споживанням води корінням і втратою води при диханні є причиною в'янення рослин. Дефіцит вологи негативно впливає на врожайність і якість ягід суниці [27].

При нестачі вологи у вегетативні стадії починається в'янення рослин (втрата тургору), порушення поглинання елементів живлення з ґрунту, зниження інтенсивності фотосинтезу, гальмування зростання. Втрата врожаю сягає від 10 до 30 % [28]

При нестачі вологи у генеративній стадії теж спостерігається в'янення рослин (втрата тургору), порушення поглинання елементів живлення з ґрунту, зниження інтенсивності фотосинтезу, а також зниження зав'язування плодів, формування дрібних, деформованих плодів. Крім втрати врожаю (30-50 %) відбувається і значна втрата якості ягід суниці [29].

Також суниця не витримує і надмірного зволоження. Це пов'язане з тим, що разом із вологою рослинам необхідний постійний доступ повітря до коріння. Заболочування перешкоджає розвитку кореневої системи, при цьому

старе коріння гине, а нове залишається недорозвиненим. Втрати урожаю через розвиток кореневої гнилі та дефіциту кисню, що є наслідком перезволоження, становить 10-80 % [30, 31].

Отже, для отримання ягід суниці високої якості, необхідно правильно підібрати умови її вирощування, звернувши особливу увагу на кислотність ґрунту, температуру повітря і кількість вологи.

1.3. Зміни під час зберігання ягід суниці

Загальну якість ягід суниці прийнято оцінювати за органолептичними показниками (смак, аромат, колір, консистенція) та за фізико-хімічними (рівень рН, титрована кислотність, вміст цукрів та ін.). Характерний смак суниці в основному залежить від балансу цукрів, кислот та ароматичних летких речовин [32]. Під час зберігання у ягодах відбуваються фізіологічні зміни, які поступово змінюють природні властивості суниці, погіршуючи їх товарну якість.

Аромат — це вираження складної суміші ефірів, альдегідів, спиртів та сірчистих сполук. Фруктовий аромат і смак є результатом спеціального асортименту різних метаболітів [33, 34]. Аромат ягід суниці формується під час досягання ягід під впливом ферментів.

На ароматичні сполуки помітно впливають час зберігання та температура. Незважаючи на те, що вміст індивідуальних ароматичних сполук за різного температурного режиму зберігання відрізняється, ягоди суниці, що зберігалися при температурі 10 °С та 5 °С, виробляють вищий рівень летких речовин [35].

Найбільш чутливими до дії високої температури зберігання є етилгексаноат та гексілацетат. Їх рівень швидко збільшувався протягом перших діб зберігання, а потім різко знижується [36]. Метилацетат та бутилацетат під час зберігання постійно підвищується і чим вище температура зберігання, тим вище зростання [37]

Колір. Антоціани — це глікозиди антоціанідинів, водорозчинні пігменти, що зустрічаються майже повсюди і в значній мірі відповідають за характерне

забарвлення ягід суниці. Дослідженнями Lopes da Silva встановлено, що антоціановий комплекс представлений 25 антоціановими пігментами з них в першу чергу 2- антоціанідинглікозиди, пеларгонідин-3-глюкозид та ціанідин-3-глюкозид зумовлюють червоний колір ягід [38, 39]. Загалом в ягодах суниці виділяють шість основних груп фенольних сполук: елагітаніни, кон'югати елагінової кислоти, гідроксикоричні кислоти, флавоноли, антоціани і флаван-3-оли [40].

Kajdžanoska M. Та іншими були визначені наступні антоціани у ягодах суниці: пеларгонідин 3-О-диглюкозид, ціанідин-3-О-глюкозид, пеларгонідин-3-О-глюкозид, пеларгонідин-3-О-рутинозид, ціанідин-3-О-малонілглюкозид, 5 - піранопеларгонідин-3-О-глюкозид, пеларгонідин-3-О-малонілглюкозид, пеларгонідин-3-О-ацетілглюкозид, пеларгонідин-сукцініларабінозид або пеларгонідин-малонілрамнозид [41].

Багато авторів стверджують, що найбільш поширеним антоціаном в ягодах суниці є пеларгонідин-3-глюкозид, зміст якого становить від 60 до 95% загальної кількості антоціанів. В абсолютному вираженні це відповідає 74-166 мг г⁻¹ [42].

У ягодах суниці антоціани присутні виключно в неацильованій формі (99%). Велика їх частина існує у вигляді моноглікозидів (93%), а решта 7% - у вигляді диглікозидів [43].

Кількість антоціанів пов'язують із загальною антиоксидантною активністю суниці [44].

Досліджено, що в одних і тих самих сортах суниці в різних регіонах кількість антоціанів різна, проте, накопичення антоціанів є стабільною та генетично детермінованою ознакою, яка не залежить від впливу навколишнього середовища [45].

Пектин. Показником щільності тканин ягід суниці є наявність пектинових речовин і протопектину [46].

Пектин – полісахарид природного походження, молекули якого складаються з залишків α -D-галактуронової кислоти, карбоксильні групи яких естерифіковані метанолом, а положення C-2 та C-3 ацетильовані [47].

Пектинові речовини входять до складу клітинних стінок підтримуючи тургор та сприяють тривалішому зберіганню.

З хімічної точки пектинові речовини – це високомолекулярні ангідриди пентоз і гексоз. Вони стійкі до бактерій, але легко піддаються гідролітичному розщепленню [48].

Пектин клітинного соку ягід суниці є ліофільним колоїдом і переводить вільну воду у зв'язану форму [49].

Протопектин – це сполука, яка складається з залишків молекули полігалактуронових кислот, які з'єднані в довгі ланцюжки.

Це нерозчинна у воді фракція пектинових речовин. Його нерозчинність зумовлює переплетення пектинових молекул з целюлозою, азотистими речовинами та оцтовою кислотою [50].

Суниця за абсолютною кількістю пектинових речовин відноситься до нежелюючої сировини, проте деякі науковці стверджують протилежне [51].

Під час зберігання вміст пектину у ягодах суниці зменшується, що призводить до розм'якшення тканин плоду та втрати якості.

Цукри, титрована кислотність та рівень рН. Вміст цукрів у ягодах суниці зазнає суттєвих змін під час зберігання, які спричинені післязбиральною активністю ягід, а саме диханням. Процес дихання ягід супроводжується витратою крохмалю, цукрів та органічних кислот. Так, як ягоди суниці не мають достатньої кількості крохмалю (0,1%), то саме цукри та кислоти виступають основними в цьому процесі. Beatriz Rosana Cordenunsi та інші відзначають, що із зниженням температури зберігання ягід суниці втрата цукрів зменшується. Автори стверджують, що за температури 6 °C вміст цукрів у ягодах суниці зазнав найменших змін протягом шести діб зберігання, проте ця

температура може не бути оптимальною, якщо термін зберігання буде подовжений [52].

Вміст органічних кислот, як і вміст цукрів є важливим фактором у формуванні органолептичних показників ягід. Втрати органічних кислот також зумовлені процесом дихання. J. Fernando та інші провели дослідження змін вмісту органічних кислот та рівне рН протягом 13 діб за температури 0°C, 5°C та 10 °C [52].

Виявлено, що різні температурні режими мали пізний вплив на титровану та активну кислотність. Автори стверджують, що температура 0°C сприяє зменшенню небажаних втрат органічних кислот шляхом зменшення інтенсивності дихання ягід суниці, а рівень рН за такої температури є найменшим, що дозволяє посилити природний бар'єр проти хвороб

1.4. Технології зберігання ягід

Суниця садова одна із найпопулярніших та найпоширеніших ягідних культур у всьому світі [52]. Попри щорічне збільшення обсягу її вирощування і споживання, сучасний покупець акцентує свою увагу саме на якості продукції. Такі вимоги частково є відповіддю на ситуацію, яка сформувалася на вільному ринку, коли пропозиція значно перевищила попит.

В Україні діють два національних стандарти: ДСТУ 7653:2014 Суниця свіжа [53] та ДСТУ ЕЭК ООН FFV-35:2007 Суниця. Настанови щодо постачання і контролювання якості [54] , які встановлюють та регулюють вимоги щодо якості ягід на ринку країни.

Основою будь якої технології зберігання є відповідна якість продукції. Згідно нормативних вимог ягоди повинні бути без механічних пошкоджень, не уражені хворобами і шкідниками, не перестиглі та без сторонніх запахів. Ягоди із пошкодженнями до зберігання не придатні.

Факторами, які впливають на збереженість ягід суниці є:

- Сорт. Для зберігання обирають сорти з щільним м'якушем, високим ступенем блиску, транспортабельні та ті, які є найменш чутливими до грибкових пошкоджень.

- Технологія вирощування. Для кращої якості ягоди вирощують на плівці, застосовують мульчування та обов'язково крапельне зрошення. Суницю слід збирати лише вручну, відриваючи плід з чашолистиками та плодоніжкою.

- Погодні умови. При тривалих засухах урожайність зменшується, ягоди стають дрібні та тверді. При частих дощах ягоди суниці стають водянистими, легко травмуються і мають над чутливість до гниття.

- Ступінь стиглості. Незрілі плоди мають високу здатність до зберігання, але не мають відповідних органолептичних характеристик. Перезрілі ягоди мають дуже короткий термін зберігання, оскільки в них збільшується ризик фітопатогенного пошкодження.

- Швидкість охолодження ягід. Ягоди після збору необхідно негайно охолодити. Охолодження слід проводити ще на полі і підтримувати знижену температуру під час транспортування до місця зберігання.

На сьогодні існують декілька сучасних перспективних технологій для подовження терміну зберігання, проте їх використання потребує значних фінансових затрат.

Технологія інтенсивного охолодження – гідрокулінг, тобто охолодження крижаною водою дозволяє охолодити ягоди за 10 – 40 хвилин, що значно швидше за повітряне охолодження, проте після такого способу охолодження з ягід потрібно видалити зайву вологу. Все це впливає на собівартість продукції [55 – 57].

Компанія StePac розробила і запатентувала індивідуальну технологію упаковки на основі поліаміду для забезпечення тривалої свіжості швидкопсувних продуктів. Упаковка Xtend розроблена таким чином, щоб регулювати не лише склад газу у вільному просторі, а й відносну вологість повітря. Волога, яка накопичується під час зберігання розсіюється по всій

упаковці, що значно знижує ризик розвитку мікробіологічного пошкодження [58].

Італійська компанія Дессо патентує інноваційні препарати та речовини для очищення і деінфікації всіх свіжих продуктів, які не лише дають змогу подовжити термін зберігання, а й утворюють високий рівень рН на шкірці плоду, що ефективно запобігає розвитку фітопатогенного пошкодження [59].

Наразі, у світі найбільш поширеними є три технології зберігання, а саме, при зниженій температурі у звичайних атмосферних умовах, у холодильних камерах з регульованим газовим середовищем, та у холодильних камерах з використанням модифікованого газового середовища.

1.4.1 Зберігання ягід при знижених температурах у звичайних атмосферних умовах

Охолодження має важливе значення для збереження якості ягід [60]. Кращим способом для цього є примусове повітряне охолодження, яке здатне охолодити ягоди до температури 1 °C протягом 1 – 2 годин [61].

Для кращого збереження ягід у холодильних камерах ВВП підтримують на рівні 90 – 95%, при цьому вільну вологу на ягодах і в контейнерах зводять до мінімуму. Такі заходи застосовують для зменшення ризику розвитку патогенної мікрофлори, адже ягоди повинні зберігатися сухими [62]. У холодильних камерах ягоди зберігають за різних температур (0– 15°C).

Температура є одним із ключових факторів, які впливають на терміни зберігання та якість ягід, оскільки саме вона регулює швидкість всіх обмінних процесів, що відбуваються в них [63].

Низькі температури здатні частково пригнічувати розвиток мікробіологічного псування, крім того впливають на зменшення інтенсивності дихання та втрати вологи, а отже значно затримують старіння ягід [64].

Оскільки суниця не чутлива до пошкоджень низькими температурами,

то продовження терміну зберігання, в основному, досягають за рахунок зниження температури до $0 \pm 2^\circ\text{C}$ при ВВП 90 – 95% [65, 66].

Досліджено, що знижені температури запобігають передчасному гниттю ягід, сповільнюючи розвиток грибкових захворювань та мають позитивний вплив на стабільність фенольних антиоксидантів в післязбиральний період [67].

Також, регулювання температури зберігання ягід суниці є важливим фактором, який слід враховувати для збереження початкового вмісту аскорбінової кислоти [68], проте незважаючи на вже відомий позитивний вплив низьких температур на якість свіжих плодів та овочів, в літературі можна знайти суперечливі результати.

Охолодження ягід до температури 0°C може бути згубним для короткочасного зберігання, адже під час продажу відбувається поява конденсату, який утворюється при зміні температури та може призвести до швидкого загнивання товару [69].

Джин та інші [70] вказують, що суниця, яка зберігалася при температурі 10°C мала більшу активність антиоксидантних ферментів, більш високий вміст фенолів та антоціанів, ніж ті, що зберігалися при температурі 0°C або 5°C . Встановлено, що низькі температури здатні затримувати біосинтез антоціану під час зберігання ягід [71].

На противагу цим дослідженням, інші науковці повідомляють, що товарний вигляд ягід суниці краще зберігався при температурі 4°C порівняно з тими зразками, які зберігали при кімнатній температурі. Антиоксидантна властивість суниці була кращою у варіантах, які зберігали при низьких температурах, ніж в тих, які зберігали за температури 25°C [72]. Збереження суниці при температурі 1°C зменшило втрату маси ягід та вмісту аскорбінової кислоти [73].

Усі ці дослідники дійшли висновку, що температура зберігання ягід відіграє важливу роль і будь яка затримка охолодження значно погіршує якість суниці.

1.4.2. Зберігання у регульованому газовому середовищі

Вперше метод контрольованої атмосфери на комерційній основі був застосований у першій половині XX століття [74]. Така атмосфера створюється штучним шляхом та дозволяє зберегти ягоду більш тривалий час [75]. Окрім температури та відносної вологості повітря контролюючими показниками цієї технології зберігання є вміст кисню та вуглекислого газу.

Існує три основних типи регульованого середовища:

- Традиційна регульована атмосфера (Traditional Controlled Atmosphere - TCA), де вміст кисню становить 3 – 4 %, а вуглекислого газу 3 – 5 %
- З низьким вмістом кисню (Low Oxygen - LO), де вміст кисню становить 2 – 2,5 %, а вуглекислого газу 1 – 3 %
- З ультра низьким вмістом кисню (Ultra Low Oxygen - ULO), де кисню менше ніж 1 – 1,5%, а вміст вуглекислого газу 0 – 2% [76].

Газовий склад у відсотковому співвідношенні підбирається залежно від ягідної культури, але знижений рівень кисню та підвищений двоокису вуглецю однаковий для всіх.

Для ягід суниці, найчастіше, застосовують співвідношення 3% O₂ та 5 – 8 % CO₂ при температурі 0±2 °C і ВВП 90 – 95% [77].

За результатами дослідження О.М. Бліннікової [78] оптимальна концентрація кисню для зберігання ягід суниці становить 2 %, а вуглекислого газу 6%. Застосування такої атмосфери дозволило зберегти 90 % ягід протягом 21 доби.

Багато науковців дійшли висновку, що підвищення вмісту CO₂ має позитивний вплив на якість та стійкість ягід суниці [79]. Висока концентрація обробки вуглекислим газом виявилась ефективною проти гниття ягід [80]. Атмосфера з підвищеним рівнем вуглекислого газу (15 – 20 %) та концентрацією кисню (5 – 10 %) зменшує розвиток сірої гнилі та інших патогенних мікроорганізмів. Крім того, таке середовище дозволяє зменшити

інтенсивність дихання та втрату щільності, тим самим продовжує термін зберігання ягід. Тим не менш, подальше зниження концентрації кисню зовсім не принесло користі [81].

J. A. Tudela та інші [82] стверджують, що атмосфера з високим вмістом CO_2 може стати альтернативою для контролю гниття суниці в післязбиральний період, проте R. Deewatthanawong та інші [83] встановили, що висока обробка CO_2 спричинила бродіння плодів, а Y Zheng та інші [84] дослідили, що найбільш позитивний вплив на якість та антиоксидантну здатність ягід суниці мав саме високий рівень кисню в перші сім діб зберігання.

Недавно в літературі з'явилися результати досліджень, які вказують на те, що підвищений рівень кисню сприяє виробленню ацетальдегіду та етанолу в кількостях, які є неадекватними для споживання людиною [85].

Технологія зберігання ягід у регульованому газовому середовищі постійно вдосконалюється і наразі дає можливість використовувати гази з фунгіцидною дією, такі як N_2O та інші. Оксид азоту здатен не лише інгібувати виробництво етилену, а й нівелювати захворювання ягід під час зберігання [86].

1.4.3. Зберігання у модифікованому газовому середовищі

Застосування в технології зберігання модифікованого газового середовища стало популярним в той час, коли на світовому ринку з'явилося різноманіття полімерних плівок. Пакети для зберігання ягідної продукції з цих плівок стали зручними через ряд переваг: міцність, прозорість, не токсичність, стійкість до тепла і холоду, невелика вага, невисока ціна та головна цінність матеріалу в його здатності до вибіркової газопроникності.

Суть технології зберігання в МГС полягає в уповільненні метаболічних процесів у ягодах, а також в зменшенні розвитку патогенної мікрофлори шляхом обмеження надходження O_2 та збільшення рівня CO_2 [87].

На відміну від контрольованої атмосфери у модифікованій утворення газового складу відбувається в середині упаковки за рахунок дихання ягід і не

потребує стороннього втручання. Наразі, технологія зберігання у МГС зазнала бурхливого розвитку, як в наукових так і в промислових цілях і широко застосовується для зберігання свіжих фруктів [88, 89].

Така технологія є вигідною для виробників ягід, оскільки вони можуть реалізовувати швидкопсувний продукт довше, крім того зберігання у МГС є прийнятним для суниці садової, так як має позитивний вплив на якість та збереженість ягід [90, 91]. Використання МГС дозволяє значно зменшити втрати маси та сприяє збереженню щільності тканин, вмісту загальних цукрів та аскорбінової кислоти [92].

Calegaro J. та інші [93] встановили, що належну якість суниці при зберіганні в МГС можливо підтримувати протягом 12 діб, а оптимальний газовий склад для ягід 2,5 % O_2 та 16 % CO_2 [94]. Zhang M. Та інші стверджують, що під час зберігання ягід суниці із застосуванням модифікованого газового середовища відбувалось зменшення інтенсивності дихання, більше того, така технологія здатна краще зберегти вміст цукрів, антоціану та титрованих кислот [95, 96]. Поєднання низьких температур із зберіганням в упаковці з модифікованою атмосферою широко використовується для зменшення фізіологічних порушень та пригнічення грибкових захворювань ягід [97, 98].

Деякі автори дійшли висновку, що використання МГС є незамінним для збереження ягід суниці при транспортуванні на великі відстані [99].

Попри велику кількість публікацій із позитивними відгуками недолік у такій технології таки є. За словами Anami J та інших, у ягодах які тривалий час зберігали в умовах модифікованої атмосфери зафіксований підвищений вміст ацетальдегіду, етанолу та етилацетату [100].

Все ж багато виробників та підприємців по нині використовують цю технологію поступово її вдосконалюючи.

1.5. Особливості застосування попередньої обробки плодів та овочів антимікробними препаратами

Втрата значної кількості вирощеної сировини – головна проблема виробників всього світу. У несприятливі роки відсоток виходу товарної продукції після зберігання становив 50%, тим самим спричинивши катастрофічні наслідки для економіки. Щоб уникнути повторення такої ситуації науковці спільно з підприємцями почали активно вивчати і застосовувати різноманітні речовини (як правильно синтетичні) для попередньої обробки сільськогосподарської продукції. Незважаючи на ефективність, такі препарати з часом почали вносити до списку заборонених через їх негативний вплив на організм людини. Деякі речовини, такі як бромистий метил взагалі припинили виготовляти, адже цей газ нещадно руйнує озоновий шар. Наразі, тенденція змінилась і все більшого попиту набуває обробка речовинами органічного походження, які володіють плівкоутворювальними властивостями або газу та їх комбінації. [101 – 109].

Їстівні плівки які наносять на овочеву і плодово-ягідну сировину – це тонкі шари речовин, здебільшого полісахаридів, олій, що використовуються у харчовій промисловості в ролі безпечного способу боротьби з грибковими захворюваннями та подовження терміну зберігання. [111 – 116].

При аналізі джерел літератури виявлено, що автори позитивно характеризували такі речовини: розчини на основі хітозану; розчини на основі альгінату натрію та розчини пуллулану, як ефективний засіб для запобігання розвитку фітопатогенного пошкодження. [117 – 121].

Хітозан

Хітозан – амінополісахарид, являє собою біополімер, що володіє антибактеріальними властивостями та широко застосовується у харчовій промисловості для боротьби з хворобами, які розвиваються після збирання і під час зберігання плодово-ягідної продукції [122 – 149].

Хітозан виготовляють хімічним методом з панцерів ракоподібних шляхом деацетилювання хітину. Складається він переважно із глюкозаміна або 2-аміно-

2-дезоксид-Д-глюкози, пов'язаної разом β (1-4) глікозидними зв'язками [150 – 156]. Хітозан поділяється на: медичний, харчовий, кормовий і технічний [157].

Панцирі ракоподібних промивають у воді, обробляють 5-10%-вою соляною кислотою при кімнатній температурі і перемішують протягом декількох годин. Демінералізовану масу промивають у воді, обробляють 5-8%-вим розчином натрієвого лугу при нагріванні. Отриманий хітин промивають у воді, висушують і подрібнюють. У висушеному вигляді він являє собою сухі волокна; пластівці; порошок від білого до світло-рожевого або кремового кольору. Вміст в ньому вологи повинен бути не більше 10%, а вміст золи не більше 2%, рН 6,5-7,8

Схема виробництва хітозану



Рис. 1.1 Технологічна схема виробництва хітозану

З хітину шляхом проведення реакції деацетилювання отримують хітозан з вмістом азоту не більше 1%. Для проведення реакції хітин обробляють 40-59%-вим натрієвим лугом при високотемпературному нагріванні. Використання

такого жорсткого режиму проведення реакції сприяє високому ступеню деацетилювання хітину (до 80-93%), але деструкція, яка при цьому протікає, призводить до зменшення молекулярної маси полімеру і погіршення його функціональних властивостей як структуроутворювача.

Щоб запобігти цьому проводять деацетилювання хітину в атмосфері азоту при пониженій температурі або застосовують обробку гідразингідратом при температурі 120-150°C протягом 2-42 годин. По закінченню хітозан промивають водою до нейтральної реакції і висушують до повітряно-сухого стану [158].

Розчини хітозану здатні утворювати на поверхні плодів і ягід прозорі плівки, які легко змиваються водою, є не токсичними та не канцерогенні. Хітозанові плівки були затверджені USFDA, як речовина GRAS і їх застосування є безпечним для споживача та навколишнього середовища. [159 – 166].

Із застосуванням холодильного зберігання такі плівки є ефективними для продовження терміну зберігання. Обробку речовинами на основі хітозану використовують як до так і після збору врожаю. [167, 168].

Завдяки своїй біосумісності хітозан добре поєднується з різними речовинами та має позитивний вплив на якість сільськогосподарської продукції. [169 – 172].

За словами M.A. Ibrahim хітозан добре поєднується з ефірними оліями лемонграсу та чебрецю. Плівки в цими ефірними оліями визнали ефективними для покращення якості ягід суниці та продовження терміну зберігання до 15 діб. [173].

Hernandez-Munoz стверджує, що додавання CaGlu до 1% розчину хітозану дає змогу підвищити поживну цінність суниці за рахунок збільшення вмісту кальцію в плодах. [174].

Ефективною технологією збереження якості суниці за обробки ягід розчином хітозану, який функціоналізували з ефірною олією кориці та водним

екстрактом калини вважають автори, які зауважили, що при використанні такого способу ягоди можливо зберегти протягом 17 діб за температури 5 °C [175].

В джерелах літератури можливо знайти інформацію автори якої стверджують, що розчини хітозану або в комбінації з хітозаном мають позитивний ефект на фізико-хімічні показники ягід суниці під час зберігання. [176 – 187].

Badawy та інші встановили, що харчові плівки з хітозаном затримували зміни вмісту антоціанів, розчинних сухих речовин, а також мали вплив на пригнічення ферментів, що руйнують клітинну стінку [188].

У 2019 році бразильські вчені довели ефективність обробки ягід хітозаном розчиненим в оцтовій кислоті. Вони дослідили, що такі покриття здатні сповільнювати обмін речовин та затримувати втрату маси, СРР, цукрів та аскорбінової кислоти. [189].

Ягоди покриті 1% та 2% розчином хітозану затримували розпад поліфенолів, антоціану та флавоноїдів. Крім того, хітозанові плівки посилювали активність деяких ферментів, запобігаючи розм'якшенню тканин суниці та зменшенню пошкодження мембран [190].

Хітозанові покриття визнали ефективним способом затримки підвищення рівня рН [191].

Науковці довели, що наночастинки хітозану в поєднанні з прополісом були ефективними для збереження антиоксидантної здатності, щільності тканин, розчинних сухих речовин, фенолів та флавоноїдів [192].

Альгінат натрію

Альгінат натрію – це полісахарид, що складається із залишків D – мануронової; L – гулурунової кислоти. Ланки гулурунової і мануронової кислоти зв'язані глікозидними зв'язками з невеликими розгалуженнями. Співвідношення гулурунової і мануронової кислоти змінюється залежно від виду водоростей. Виготовляють альгінат натрію з червоних і бурих водоростей

та використовують його у харчовій промисловості, як емульгатор, стабілізатор, желеутворювач та плівкоутворювач [193 – 207].

Відомо, що плівки на основі альгінату натрію та в поєднанні з ним мають антибактеріальний ефект та здатні покращувати загальну якість плодів та овочів під час зберігання [208 – 222].

У 2019 році були проведені дослідження, що стосувалися впливу альгінату натрію на термін зберігання та якісні показники ягід суниці. Вчені встановили, що попередня обробка ягід 1%, 2% та 3% розчином альгінату натрію сприяла збереженню загальної кислотності, вітаміну С, фенолу та антоціану [223]. В тому ж році інша група вчених довела, що плівки з альгінату натрію є ефективними у боротьбі з грибковими захворюваннями [224], а Т. Senturk Parreidt дослідив, що такі покриття можуть значно зменшити втрати маси ягід під час зберігання [225].

Альгінат натрію, як і хітозан добре поєднується з іншими речовинами. Так, іранські вчені довели, що післязбиральна обробка суниці розчинами альгінату натрію у поєднанні з аскорбіновою кислотою покращує збереженість загальної кислотності, фенолів та щільності тканин ягід [226].

Встановлено, що плівки з альгінату натрію з додаванням нано ZnO мали більшу антимікробну ефективність та сприяли кращому збереженню вмісту аскорбінової кислоти, фенолів та антоціану в ягодах суниці під час зберігання [227], а додавання до альгінату натрію Aloe vera дозволило покращити показники рН, титрованої кислотності та щільності ягід [228, 229].

У 2020 році були опубліковані результати досліджень в'єтнамських вчених, які стверджують, що їстівне покриття на основі альгінату натрію, хітозану, карагенану в поєднанні з протигрибковою емульсією покращило якість і термін зберігання ягід. Оброблена суниця мала кращі показники рН, втрат маси, розчинних сухих речовин та титрованих кислот проти контролю [230].

Пуллулан

Пуллулан – це мікробний екзополісахарид, що утворюється з *Aureobasidium pullulans* шляхом глибокої ферментації середовища, яке містить вуглець, азот та інші поживні компоненти. Ці поживні речовини є дорогими, що значно збільшує витрати на виробництво пуллулану [231 – 235].

Пуллулан є водорозчинним нетоксичним харчовим біополімером, який має плівкоутворювальні здібності та адгезивні властивості. Плівки з пуллулану прозорі, не мають смаку і запаху. [236 – 240].

Плівки на основі пуллулану володіють антибактеріальними властивостями, тому широко використовуються у харчовій промисловості для продовження терміну зберігання сільськогосподарської продукції [241 – 246].

Досліджено, що плівки на основі пуллулану, якими були покриті плоди зменшували їх інтенсивність дихання, втрату маси, втрату СРР та антоціану [247].

Також встановлено, що їстівні покриття на основі пуллулану зменшують втрати каротиноїдів, аскорбінової кислоти та знижують розвиток цвілевих грибків у ягодах суниці під час холодильного зберігання [248].

Група вчених з Китаю дійшла висновку, що пуллуланові плівки або плівки у поєднанні з пуллуланом можуть стати альтернативою синтетичним засобам для зберігання плодів та овочів. Вони довели, що такі покриття дозволять краще зберегти вміст розчинних сухих речовин і титрованих кислот у ягодах суниці [249].

У 2020 році були проведені дослідження наноемульсії на основі пуллулану. Науковцям вдалося встановити, що таке покриття значно зменшувало втрату маси, СРР, титрованої кислотності та щільності. Крім того, наноемульсія виявила антимікробну активність проти бактерій і цвілей [250].

Пуллулан є ефективним засобом біоконтроль для боротьби з хворобами ягід суниці викликаними збудниками грибів і може бути ефективною альтернативою фунгіцидам на хімічній основі [251, 252].

Висновки до розділу 1

У розділі розглянуто загальну характеристику ягід суниці садової, технології зберігання ягід суниці, чинники які впливають на збереженість та особливості обробки ягід. Проведено детальний аналіз наукових публікацій зарубіжних та вітчизняних авторів. На основі проведеного аналізу джерел літератури встановлено:

1. Суниця садова є цінною біологічною культурою, яка містить велику кількість вітамінів, мінеральних речовин, органічних кислот та цукрів, тому є ідеальною для споживання у свіжому та переробленому вигляді. Основними чинниками, які впливають на формування якості ягід суниці є температура та вологість, тому питання залежності хімічного складу ягід від погодних умов потребує подальших досліджень.

2. Під час холодильного зберігання у ягодах суниці відбуваються зміни фізичних, хімічних та органолептичних показників (колір, смак, аромат, вміст цукрів, кислот та інше). В літературі не достатньо висвітлені зміни фізико-хімічних показників ягід суниці при зберіганні в холодильній камері за температури $0\pm 2^{\circ}\text{C}$

3. Аналіз наведеної інформації в літературі показав, що найбільш поширеними способами зберігання швидкопсувної ягідної продукції є холодильне зберігання в модифікованому газовому середовищі та з вільним доступом повітря. Виникає необхідність дослідження збереженості оброблених ягід суниці розчинами хітозану за різних умов.

4. Сучасні наукові дослідження показали, що автори позитивно характеризують розчини на основі хітозану, альгінату натрію та пуллулану, як ефективний засіб для попередньої обробки ягід. Нами проаналізовано отриману інформацію щодо переваг та недоліків даних препаратів, тому можемо відзначити необхідність детального комплексного вивчення дії розчину хітозану, без додавання інших компонентів, на ягоди суниці садової.

Дослідження цих питань покладено в основу дисертаційної роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Hancock J. F., Finn C. E., Luby J. J. et al. Reconstruction of the strawberry, *Fragaria* × *ananassa*, using genotypes of *F. virginiana* and *F. chiloensis* // *HortScience*. 2010. Vol 45 № 7. P. 1006-1013.
2. Gambardella M., Sanchez S., & Grez J. Morphological analysis of *Fragaria chiloensis* accessions and their relationship as parents of *F.* × *ananassa* hybrid // In VIII International Strawberry Symposium 1156. 2016. P. 117-122.
3. Суниця: важливо садити нові перспективні сорти – [Електронний ресурс]. – Режим доступу :<http://babushkinsad.kiev.ua/2016/04/10/3828.html>
4. Походня М. М., & Шеренговий П. З. Ознаки сортів суниці (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) селекції кафедри садівництва імені проф. ВЛ Симиренка НУБіП України // *Біоресурси і природокористування*. 2013. №5 P 72-78.
5. Palmieri L., Masuero D., Martinatti P. et al. Genotype-by-environment effect on bioactive compounds in strawberry (*Fragaria* × *ananassa* Duch.) // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2016. Vol. 97. № 12 P. 4180-4189.
6. de Jesús Ornelas-Paz J., Yahia E. M., Ramírez-Bustamante N. et.al. Physical attributes and chemical composition of organic strawberry fruit (*Fragaria* × *ananassa* Duch, Cv. Albion) at six stages of ripening // *Food Chemistry*. 2013. Vol. 138 № 1 P. 372-381.
7. González-Domínguez R., Sayago A., Akhatou I., & Fernández-Recamales Á. Multi-chemical profiling of strawberry as a traceability tool to investigate the effect of cultivar and cultivation conditions // *Foods*. 2020. № 9 (1) P. 96.
8. Garzoli S., Cairone F., Carradori, S. et. al. Effects of Processing on Polyphenolic and Volatile Composition and Fruit Quality of Clery Strawberries // *Antioxidants*. 2020. Vol 9 № 7 P. 632.
9. Jurgiel-Małecka G., Gibczyńska M., Siwek H., & Buchwał A. Comparison of fruits chemical composition of selected cultivars wild strawberry (*Fragaria vesca* L.) // *Eur. J. Hortic. Sci*. 2017. Vol 82. № 4. P. 204-210.

10. Petkova Z., & Nedyalkova K. Multiannual growing of remontant strawberries (opportunities for biological production) // Bulgarian Journal of Agricultural Science. 2020. Vol. 26. № 3. P. 513-519.
11. Nestby R., & Sønsteby A. Effect of plant type and delayed planting on growth and yield parameters of two short day strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) cultivars in open field // Journal of Berry Research. 2017 № 7(3). P. 179-194.
12. Фільов, В. В. Адаптивність сортів та способи вирощування суниці в північно-східному Лісостепу України. 2007 // (Doctoral dissertation, спец. 06.01.07 «Плодівництво»).
13. Павлюк В. В., Чмук А. І., Чмих С. В. Агробіологічні особливості вирощування сортів нейтрального дня суниці садової (*Fragaria ananassa* Duch.) // Садівництво. Vol. 69. P. 54-65.
14. Силаєва А. М., Тороп В. В. Антистресові технології у садівництві // Наук. вісн. НУБіП України. 2011. Вип. 162. С. 188-197.
15. Symons G. M., Chua Y. J., Ross J. J. et. al. Hormonal changes during non-climacteric ripening in strawberry // Journal of experimental botany. 2012. Vol. 63 (13). P. 4741-4750.
16. Skupień K., Oszmiański J. Comparison of six cultivars of strawberries (*Fragaria x ananassa* Duch.) grown in northwest Poland // European Food Research and Technology. 2004. № 219 (1) P. 66-70.
17. Mezzetti B., Costantini E. Strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) // In Agrobacterium Protocols. 2006. Vol. 2 P. 287-295
18. Taghavi T., Fortin J. P., Hughes B. R. et. al. Developing substrate culture strategies for the production of day-neutral strawberries // In VIII International Strawberry Symposium. 2016. № 1156. P. 277-282.
19. Jarosz Z., Dzida K., Bartnik K. Yielding and chemical composition of „honeoye” cultivar strawberries depending on the kind of substratum and nitrogen dose // Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus. 2011 № 10 (1). P. 95-104.

20. Andersson G. K., Rundlöf M., Smith H. G. Organic farming improves pollination success in strawberries // *PloS one*. 2012 № 7 (2). P. 1599.
21. Heide O. M., Stavang J. A., Sønsteby A. Physiology and genetics of flowering in cultivated and wild strawberries—a review // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2013 № 88 (1) P.1-18.
22. Pritts M. Growing strawberries, healthy communities, strong economies and clean environments: what is the role of the researcher? // In IV International Strawberry Symposium 567. 2000. P. 411-417.
23. Jett L. W. Growing strawberries in high tunnels in Missouri. 2007
24. Linsley-Noakes G., Wilken L., de Villiers S. High density, vertical hydroponics growing system for strawberries // In V International Strawberry Symposium 708. 2004. P. 365-370.
25. Türemis N. All season strawberry growing with day-neutral cultivars // In IV International Strawberry Symposium 567. 2000. P. 199-202.
26. Hannum S. M. Potential impact of strawberries on human health: a review of the science // *Critical reviews in food science and nutrition*. 2004. № 44 (1). P. 1-17.
27. Demirsoy L., Demirsoy H. Ü. S. N. Ü., Balci G. Ü. L. D. E. N. Different growing conditions affect nutrient content, fruit yield and growth in strawberry// *Pak. J. Bot*. 2012. № 44(1). P. 125-129.
28. Lugauskas A., Repečkien J. et. al. Problems on a longtime strawberry growing in one plot // *Hortorum Cultus*. 2003. № 2. P. 59-68.
29. Sønsteby A., Heide O. M. Long-day control of flowering in everbearing strawberries // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2007 Vol. 82 № 6. P. 875-884.
30. Lozano D., Ruiz N., Gavilán P. Consumptive water use and irrigation performance of strawberries // *Agricultural Water Management*. 2016. № 169. P. 44-51.

31. Kireva R., Petrova–Branicheva V. E. S. E. L. A., Matev A. Drip irrigation and productivity of water at growing strawberries in an open areas // Int. Res. J. Eng. Tech. 2007. № 4. P. 802-805.
32. Alvarez-Suarez J. M., Mazzoni L., Forbes-Hernandez T. Y. et. al. The effects of pre-harvest and post-harvest factors on the nutritional quality of strawberry fruits: A review // Journal of Berry Research. 2014. № 4(1) P. 1-10
33. Goulas V., Manganaris G. A. The effect of postharvest ripening on strawberry bioactive composition and antioxidant potential // Journal of the Science of Food and Agriculture, 2011. Vol. 91(10) P. 1907-1914
34. Giampieri F., Tulipani S., Alvarez-Suarez J. M. et. al. The strawberry: composition, nutritional quality, and impact on human health // Nutrition. 2012 № 28 (1) P. 9-19.
35. Forney C. F., Kalt W., Jordan M. A. The composition of strawberry aroma is influenced by cultivar, maturity, and storage // HortScience. 2000. № 35(6) P. 1022-1026.
36. Jetli R. R., Yang E., Kurnianta, A. et al. Quantification of selected aroma-active compounds in strawberries by headspace solid-phase microextraction gas chromatography and correlation with sensory descriptive analysis // Journal of food science. 2007. № 72 (7) P. 487-S496.
37. Prat L., Espinoza M. I., Agosin E., Silva H. Identification of volatile compounds associated with the aroma of white strawberries (*Fragaria chiloensis*) // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2014. Vol 94. № 4. P.752-759.
38. Sacks E. J., Shaw D. V. Color change in fresh strawberry fruit of seven genotypes stored at 0c // HortScience. 1993. № 28 (3) P. 209-210.
39. Cordenunsi B. R., Genovese M. I., do Nascimento J. R. O. et al. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars // Food chemistry. 2005. № 91(1) P. 113-121.
40. Hemeda H. M. Quality changes of strawberry anthocyanin after rutin treatment // Annals of Agricultural Science. 1996. Moshtohor (Egypt).

41. Kajdžanoska M., Gjamovski V., Stefova M. HPLC-DAD-ESI-MSn identification of phenolic compounds in cultivated strawberries from Macedonia // *Macedonian Journal of Chemistry and Chemical Engineering*. 2010. № 29(2) P. 181-194.
42. Hartmann A., Patz C. D., Andlauer W. et. al. Influence of processing on quality parameters of strawberries // *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2008. № 56 (20) P. 9484-9489.
43. Shikov V., Kammerer D. R., Mihalev K. et.al. Heat stability of strawberry anthocyanins in model solutions containing natural copigments extracted from rose (*Rosa damascena* Mill.) petals // *Journal of agricultural and food chemistry*. 2008. № 56 (18) P. 8521-8526.
44. Zheng Y., Wang S. Y., Wang C. Y. et al. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments // *LWT-Food Science and Technology*. 2007. № 40 (1) P. 49-57.
45. da Silva F. L., Escribano-Bailón M. T., Alonso J. J. P. et. al. Anthocyanin pigments in strawberry // *LWT-Food Science and Technology*. 2007. № 40(2) P. 374-382.
46. Castillejo C., de la Fuente J. I., Iannetta P. et. al. Pectin esterase gene family in strawberry fruit: study of FaPE1, a ripening-specific isoform // *Journal of Experimental Botany*. 2004. Vol. 55. № 398. P. 909-918.
47. Yu L., Reitmeier C. A., Love M. H. Strawberry texture and pectin content as affected by electron beam irradiation // *Journal of Food Science*. 1996. № 61(4) P. 844-846.
48. Paniagua C., Santiago-Doménech N., Kirby A. R. et. al. Structural changes in cell wall pectins during strawberry fruit development // *Plant Physiology and Biochemistry*. № 118. P. 55-63.
49. Posé S., Kirby A. R., Mercado J. A. et. al. Structural characterization of cell wall pectin fractions in ripe strawberry fruits using AFM // *Carbohydrate Polymers*. 2012. № 88 (3) P. 882-890.

50. Zhang L., Zhao S., Lai S. et. al. Combined effects of ultrasound and calcium on the chelate-soluble pectin and quality of strawberries during storage // Carbohydrate polymers. 2018. № 200. P. 427-435.
51. Draye M., Van Cutsem P. Pectin methylesterases induce an abrupt increase of acidic pectin during strawberry fruit ripening // Journal of plant physiology. 2008. № 165(11). P.1152-1160.
52. Luksiene Z., Rasiukeviciute N., Zudyte B., Uselis N. Innovative approach to sunlight activated biofungicides for strawberry crop protection: ZnO nanoparticles // Journal of Photochemistry and Photobiology B: Biology. 2020. № 203: 111656.
53. ДСТУ 7653:2014 Суниця свіжа. Технічні умови.
54. ДСТУ ЕЭК ООН FFV-35:2007 Суниця. Настанови щодо постачання і контролювання якості
55. Li X., Wu W., Li K. et.al. Experimental study on a wet precooling system for fruit and vegetables with ice slurry // International Journal of Refrigeration. 2021.
56. Mahajan B.V.C., Kapoor S. Postharvest handling of fruit and vegetables for diseases management // In Postharvest Handling and Diseases of Horticultural Produce. 2021. P. 33-42.
57. Duan Y, Wang G.B. et.al. Postharvest precooling of fruit and vegetables // Trends of Food Science and Technology. 2020. P. 278-291.
58. Tal A. Israile agriculture-innovation and advancement // From Food Scarcity to Surplus. 2021. P. 299-358.
59. Chen D., Forster H., Adaskaveg J.E. Natamycin, a biofungicide for managing major postharvest fruit decays of citrus // Plant Disease. 2021.
60. Колтунов В. А., Белінська, Є. В. Технологія зберігання продовольчих товарів // навч. посіб./ВА Колтунов, ЄВ Белінська–К. 2014.:«Центр учбової літератури.
61. Di Vittori L., Mazzoni L. et. al. Pre-harvest factors influencing the quality of berries // Scientia Horticulturae. 2018. № 233. P. 310-322.

62. Осокіна Н.М., Герасимчук. Обґрунтування та практичне застосування речовин антимікробної дії для обробки плодів чорної смородини під час зберігання // Вісник уманського національного університету садівництва. 2012. С. 94-105.
63. Пількевич Н. Б., Боярчук О. Д. Мікробіологія харчових продуктів // ОД-Луганськ: Альма-матер. 2008.
64. Leyva Salas M., Mounier J., Valence F. et. al. Antifungal microbial agents for food biopreservation—a review // *Microorganisms*. 2017 № 5 (3) P. 37.
65. Terefe N. S., Matthies K., Simons L., Versteeg C. Combined high pressure-mild temperature processing for optimal retention of physical and nutritional quality of strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2009. № 10 (3) P. 297-307.
66. Галінська О. С., Шутюк В. В. Вплив умов зберігання на якість суниці садової сорту Фестивальна ромашка. 2019. PhD Thesis.
67. Feliziani E., Romanazzi G. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management // *Journal of Berry Research* 2016. № 6 (1) P. 47-63.
68. Пузік Л. М., Гордієнко І. М. Технологія зберігання плодів, овочів та винограду. 2015.
69. Shin Y Liu RH; Nock JF; Holliday D; Watkins CB. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolics and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry // *Postharvest Biology and Technology*. 2007. № 45. P. 349–357
70. Jin P; Wang SY; Wang CY; Zheng Y. Effect of cultural system and storage temperature on antioxidant capacity and phenolic compounds in strawberries. *Food Chemistry*. 2011. № 124 P. 262–270
71. Cordenunsi BR; Genovese MI; Oliveira do Nascimento JR. et. al. Effects of temperature on the chemical composition and antioxidant activity of three strawberry cultivars// *Food Chemistry*. 2005. № 91. P.113–121

72. Piljac-Žegarac J; Šamec D. Antioxidant stability of small fruits in postharvest storage at room and refrigerator temperatures // Food Research International. 2011. № 44. P. 345–350
73. Nunes MCN; Brecht JK; Morais AMMB; Sargent SA. Controlling temperature and water loss to maintain ascorbic acid levels in strawberries during postharvest handling // Journal of Food Science. 1998. № 63(6). P.1033–1036
74. Thompson A. K., Prange R. K., Bancroft R., Puttongsiri T. Controlled atmosphere storage of fruit and vegetables // CABI. 2018.
75. Kuchi V. S., Sharavani C. S. R. Fruit physiology and postharvest management of strawberry// In Strawberry. IntechOpen. 2019.
76. Saltveit M. E. Is it possible to find an optimal controlled atmosphere? // Postharvest Biology and Technology. 2003. № 27 (1) P. 3-13.
77. Rosen J. C., Kader A. A. Postharvest physiology and quality maintenance of sliced pear and strawberry fruits // Journal of Food Science. 1989. № 54(3) P. 656-659.
78. Блинникова О. М., Новикова И. М., Елисеева Л. Г., Ильинский А. С. Использование регулируемой атмосферы для сохранения качества ягод земляники // Технология и товароведение инновационных пищевых продуктов. 2017. № 5. P. 75-81.
79. Harker F. R., Elgar H. J., Watkins C. B. et.al. Physical and mechanical changes in strawberry fruit after high carbon dioxide treatments // Postharvest Biology and Technology. 2000. № 19(2) P. 139-146.
80. Zheng Y., Yang Z., Chen X. Effect of high oxygen atmospheres on fruit decay and quality in Chinese bayberries, strawberries and blueberries // Food Control. 2008. № 19 (5) P.470-474.
81. Forney CF., Jamieson AR.et al. Relationships between fruit composition and storage life in air or controlled atmosphere of red raspberry // Postharvest Biology and Technology. 2015 № 110. P.121–130

82. Tudela J. A., Villaescusa R., Artes-Hdez F., Artes, F. High carbon dioxide during cold storage for keeping strawberry quality // *Acta horticulturae*. 2003.
83. Deewatthanawong R., Nock J. F., Watkins C. B. γ -Aminobutyric acid (GABA) accumulation in four strawberry cultivars in response to elevated CO₂ storage // *Postharvest biology and technology*. 2010. № 57(2) P. 92-96.
84. Zheng Y., Wang S. Y., Wang C. Y., Zheng, W. Changes in strawberry phenolics, anthocyanins, and antioxidant capacity in response to high oxygen treatments // *LWT-Food Science and Technology*. 2007. № 40(1) P. 49-57.
85. Cunha Junior L. C., Morgado C. M. A., Jacomino, A. P. et.al. Quality of 'Oso Grande' strawberries is affected by O₂, CO₂ and N₂O concentrations during controlled atmosphere storage // *Bragantia*. 2019 № 78. P. 274-283
86. Júnior L. C. C., Jacomino Â. P., Trevisan M. J., de Almeida Teixeira G. H. Storage of 'Oso Grande' Strawberries in Controlled Atmosphere Containing Nitrous Oxide (N₂O) // *HortScience*. 2013. № 48(10) P. 1283-1287.
87. Rahman M. S. (2007). *Handbook of food preservation* // CRC press. 2007
88. Zhang M., Meng X., Bhandari B. et.al. Recent application of modified atmosphere packaging (MAP) in fresh and fresh-cut foods // *Food Reviews International*. 2015 № 31(2) P. 172-193.
89. Sandhya. Modified atmosphere packaging of fresh produce: Current status and future needs // *LWT-Food Science and Technology*. 2010. № 43(3) P. 381-392.
90. Celikel F. G., Kaynas K., Erenoglu B. A study on modified atmosphere storage of strawberry // In XXVI International Horticultural Congress: Issues and Advances in Postharvest Horticulture. 2002. № 628. P. 423-430.
91. Ozkaya O., Dündar O. et.al. Evaluation of quality parameters of strawberry fruits in modified atmosphere packaging during storage // *African Journal of Biotechnology*. 2009. № 8(5).
92. Abu-Zahra T. R. Effect of Cold Storage and Modified Atmosphere Packaging on Strawberry (*Fragaria X Ananassa* Duch.) cv. "Arben" Fruit Keeping Quality // *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 2017. № 14(4) P. 1251-1258.

93. Calegaro J. M., Pezzi E., Bender R. J. Use of modified atmosphere storage on postharvest quality of strawberries // *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. 2002. Vol. 37. № 8. P. 1049-1055.
94. Caner C., Aday M. S. Maintaining quality of fresh strawberries through various modified atmosphere packaging // *Packaging Technology and Science: An International Journal*. 2009. № 22(2). P. 115-122.
95. Zhang M., Xiao G., Salokhe V. M. Preservation of strawberries by modified atmosphere packages with other treatments // *Packaging Technology and Science: An International Journal*. 2006. № 19(4). P. 183-191.
96. Nielsen T., Leufvén A. The effect of modified atmosphere packaging on the quality of Honeoye and Korona strawberries // *Food Chemistry*. 2008. № 107(3). P. 1053-1063.
97. Soltani M., Alimardani R., Mobli H., Mohtasebi S. S. Modified atmosphere packaging: A progressive technology for shelf-life extension of fruits and vegetables // *Journal of Applied Packaging Research*. 2015. № 7(3) P. 2.
98. Zhang, M., Xiao, G., Peng, J., & Salokhe, V. M. (2003). Effects of modified atmosphere package on preservation of strawberries. *ZOOLOGICAL STUDIES-TAIPEI*-, 42(3), 143-148.
99. Choi H. J., Bae Y. S., Lee J. S. et. al. Effects of carbon dioxide treatment and modified atmosphere packaging on the quality of long distance transporting “Maehyang” strawberry // *Agricultural Sciences*. 2016. № 7(12). P. 813.
100. Anami J. M., Steffens C. A., Moreira M. A. et. al. Active modified atmosphere storage to preserve the quality of 'San Andreas' strawberries harvest at two ripening stages // *Revista Brasileira de Fruticultura*. 2020. № 42(1).
101. Du W. X., Avena-Bustillos R. J., Hua S. S. T., McHugh T. H. Antimicrobial volatile essential oils in edible films for food safety // *Science against microbial pathogens: communicating current research and technological advances*. 2011. № 2. P. 1124-1134.

102. Brychcy-Rajska E. Edible protective films and coatings in food industry. // Journal Food Microbiol. 2017. № 1(1). P. 3-4.
103. Colla E., Sobral P. J. A., Menegalli F. C. Effect of composite edible coating from *Amaranthus cruentus* flour and stearic acid on refrigerated strawberry (*Fragaria ananassa*) quality // Latin American applied research. 2006. № 36. P. 249-254.
104. Swathi V., Gladvin G., Babitha, B. Physico-chemical characteristics and applications of edible films for fruit preservation // International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET). 2017. № 4(2). P. 1954-1958.
105. Otoni C. G., Avena-Bustillos R. J., Azeredo H. M. Recent advances on edible films based on fruits and vegetables - a review // Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety. 2017. № 16 (5). P. 1151-1169.
106. Lin M. G., Lasekan O., Saari N., Khairunniza-Bejo S. The effect of the application of edible coatings on or before ultraviolet treatment on postharvested longan fruits // Journal of Food Quality. 2017.
107. Закирова А. Ш., Канарская З. А., Зарипова С. К., Канарский А. В. Влияние биополимерного покрытия на микрофлору и органолептические свойства клубники и малины // Вестник Казанского технологического университета. 2013. № 16 (1).
108. Чорна А. І., Арсеньєва Л. Ю., Шульга О. С. Їстівні плівки—перспективний напрям пакування харчових продуктів // Вісник Львівської комерційної академії. Серія товарознавча. 2016 № (16). P. 81-85.
109. Савицкая Т. А. Съедобные полимерные пленки и покрытия: история вопроса и современное состояние (обзор) // Полимерные материалы и технологии. 2016. № 2 (2). С. 6.
110. Han C., Zhao Y., Leonard S. W., Traber M. G. Edible coatings to improve storability and enhance nutritional value of fresh and frozen strawberries (*Fragaria ananassa*) and raspberries (*Rubus ideaus*) // Postharvest Biology and Technology. 2004. № 33 (1). P. 67-78.

111. Guo M., Yadav M. P., Jin T. Z. Antimicrobial edible coatings and films from micro-emulsions and their food applications // International journal of food microbiology. 2017. № 263. P. 9-16.
112. Lozano-Navarro J. I., Díaz-Zavala N. P., Velasco-Santos C., et. al. Antimicrobial, optical and mechanical properties of chitosan–starch films with natural extracts // International journal of molecular sciences. 2017. № 18 (5). P. 997.
113. Yuan G., Chen X., Li D. Chitosan films and coatings containing essential oils: The antioxidant and antimicrobial activity, and application in food systems // Food Research International. 2016. № 89. P. 117-128.
114. Asghari M. A., Mostofi Y. Effect of cumin essential oil on postharvest decay and some quality factors of strawberry // Journal of Medicinal Plants/ 2009. Vol. 8. № 31. P. 25-43.
115. Amal S. H. A., El-Mogy M. M., Aboul-Anean H. E. et. al. Improving strawberry fruit storability by edible coating as a carrier of thymol or calcium chloride // Journal of Horticultural Science and Ornamental Plants. 2010. № 2 (3). P. 88-97.
116. Garcia L. C., Pereira L. M., de Luca Sarantópoulos C. I., Hubinger M. D. Selection of an edible starch coating for minimally processed strawberry // Food and Bioprocess Technology. 2010. № 3(6). P. 834-842.
117. Galus S. Development of edible coatings in the preservation of fruits and vegetables // In Polymers for Agri-Food Applications. 2019. P. 377-390.
118. Zam W. Effect of alginate and chitosan edible coating enriched with olive leaves extract on the shelf life of sweet cherries (*Prunus avium* L.) // Journal of Food Quality. 2019.
119. Martău G. A., Mihai M., Vodnar D. C. The use of chitosan, alginate, and pectin in the biomedical and food sector—biocompatibility, bioadhesiveness, and biodegradability // Polymers 2019. № 11 (11). P. 1837.
120. Ahmed W., Butt M. S. Preserving strawberry (*Fragaria Ananasa*) using alginate and soy based edible coatings // American Journal of Food Science and Technology. 2014. № 2(5). P. 158-161.

121. Nair M. S., Tomar M., Punia S. et.al. Enhancing the functionality of chitosan- and alginate-based active edible coatings/films for the preservation of fruits and vegetables: A review // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. P. 1-17.
122. Badawy M. E., Rabea E. I. A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection // *International Journal of Carbohydrate Chemistry*, 2011.
123. Raafat D., Sahl H. G. Chitosan and its antimicrobial potential—a critical literature survey // *Microbial biotechnology*. 2009. № 2(2). P. 186-201.
124. Orzali L., Corsi B., Forni C., Riccioni L. Chitosan in agriculture: a new challenge for managing plant disease // *Biological activities and application of marine polysaccharides*. 2017. P.17-36.
125. Wiącek A. E., Gozdecka A., Jurak M. Physicochemical characteristics of chitosan–TiO₂ biomaterial. 1. Stability and swelling properties // *Industrial & Engineering Chemistry Research*. 2018. № 57(6) P. 1859-1870.
126. Badawy M. E., Rabea E. I. A biopolymer chitosan and its derivatives as promising antimicrobial agents against plant pathogens and their applications in crop protection // *International Journal of Carbohydrate Chemistry*. 2011.
127. Бузинова Д. А., Шиповская А. Б. Сорбционные и бактерицидные свойства пленок хитозана // *Известия Саратовского университета. Новая серия. Серия Химия. Биология. Экология*. 2008. № 8(2).
128. Hafsa J., Charfeddine B., Smach M. A. et. al. SYNTHESIS, CHARACTERIZATION, ANTIOXIDANT AND ANTIBACTERIAL PROPRIETIES OF CHITOSAN ASCORBATE // *International Journal of Pharmaceutical, Chemical & Biological Sciences*. 2014. № 4(4).
129. Lizardi-Mendoza J., Monal W. M. A., Valencia F. M. G. Chemical characteristics and functional properties of chitosan. In *Chitosan in the preservation of agricultural commodities*. Academic Press. 2016. P. 3-31

130. Souza V. G. L., Fernando A. L., Pires J. R. A. et. al. Physical properties of chitosan films incorporated with natural antioxidants // *Industrial Crops and Products*. 2017. № 107. P. 565-572.
131. Zhuikova Y. V., Zhuikov V. A., Zubareva, A. A. et. al Physicochemical and biological characteristics of chitosan/ κ -carrageenan thin layer-by-layer films for surface modification of Nitinol // *Micron*. 2020. Vol. 138. № 102922.
132. Manigandan V., Karthik R., Ramachandran S., Rajagopal S. Chitosan applications in food industry // *In Biopolymers for food design*. 2018. P. 469-491.
133. Harkin C., Mehlmer N., Woortman D. V. et. al. Nutritional and additive uses of chitin and chitosan in the food industry // *In Sustainable Agriculture Reviews*. 2019. № 36. P. 1-43.
134. El-Aidie S. A. A. M. A Review on Chitosan: Ecofriendly Multiple Potential Applications in the Food Industry // *International Journal of Advancement in Life Sciences Research*. 2018. P. 1-14.
135. Duran A., Kahve H. I. The Use of Chitosan as a Coating Material // *Academic J. Sci*. 2016. № 5(01). P. 167-172.
136. Morin-Crini N., Lichtfouse E., Torri G., Crini G. Applications of chitosan in food, pharmaceuticals, medicine, cosmetics, agriculture, textiles, pulp and paper, biotechnology, and environmental chemistry // *Environmental Chemistry Letters*. 2019. P. 1-26.
137. Hu Z., Gänzle M. G. Challenges and opportunities related to the use of chitosan as a food preservative // *Journal of applied microbiology*. 2019. № 126(5). P. 1318-1331.
138. Gutiérrez T. J. Chitosan applications for the food industry. Chitosan: derivatives, composites and applications // *Wiley-Scrivener Publisher*. 2017. P. 185-232.
139. Tian B., Liu Y. Chitosan-based biomaterials: From discovery to food application // *Polymers for Advanced Technologies*. 2020. № 31(11). P. 2408-2421.
140. Hernández-Téllez C. N., Plascencia-Jatomea M., Cortez-Rocha M. O. Chitosan-based bionanocomposites: development and perspectives in food and agricultural

applications // In Chitosan in the preservation of agricultural commodities. 2020. P. 315-338.

141. Romanazzi G., Feliziani E. Use of chitosan to control postharvest decay of temperate fruit: effectiveness and mechanisms of action // In Chitosan in the preservation of agricultural commodities. 2016. P. 155-177.

142. Colangelo D., Torchio F., De Faveri D. M., Lambri M. The use of chitosan as alternative to bentonite for wine fining: Effects on heat-stability, proteins, organic acids, colour, and volatile compounds in an aromatic white wine // Food chemistry. 2018. № 264. P. 301-309.

143. Ghosh T., Katiyar V. Chitosan-Based Edible Coating: A Customise Practice for Food Protection // In Advances in Sustainable Polymers. 2019. P. 167-182.

144. Qi H., Hu W., Jiang A., Tian M., Li Y. Extending shelf-life of fresh-cut 'Fuji' apples with chitosan-coatings // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2011. № 12(1). P. 62-66.

145. Maluin F. N., Hussein M. Z. Chitosan-based agronanochemicals as a sustainable alternative in crop protection // Molecules. 2020. № 25(7). P.1611.

146. Luangapai F., Peanparkdee M., Iwamoto S. Biopolymer films for food industries: properties, applications, and future aspects based on chitosan // Reviews in Agricultural Science. 2019. № 7. P. 59-67.

147. Grande-Tovar C. D., Chaves-Lopez C., Serio A., Rossi C., Paparella A. Chitosan coatings enriched with essential oils: Effects on fungi involved in fruit decay and mechanisms of action // Trends in Food Science & Technology. 2018. № 78. P. 61-71.

148. Zivanovic S., Davis R. H., Golden D. A. Chitosan as an antimicrobial in food products // Handbook of natural antimicrobials for food safety and quality. 2015. № 20 (1). P. 153-181.

149. Mihai A. L., Popa M. E. Chitosan coatings, a natural and sustainable food preservation method // J. Biotechnol. 2015. № 208. P. 81.

150. Divya K., Jisha M. S. Chitosan nanoparticles preparation and applications // *Environmental chemistry letters*. 2018. № 16(1). P. 101-112.
151. Kulawik P., Jamróz E., Özogul F. Chitosan for seafood processing and preservation // *In Sustainable Agriculture Reviews*. 2019. № 36. P. 45-79.
152. Riaz Rajoka M. S., Mehwish H. M., Wu Y. et. al. Chitin/chitosan derivatives and their interactions with microorganisms: a comprehensive review and future perspectives // *Critical Reviews in Biotechnology*. 2020. № 40(3). P. 365-379.
153. Gallo M., Naviglio D., Caruso A. A., Ferrara L. Applications of chitosan as a functional food // *In Novel approaches of nanotechnology in food*. 2016. P.425-464.
154. Bonecco M. B., Martínez Sáenz M. G., Buffa L. M. Chitosan, from residue to industry. *Advances in physicochemical properties of biopolymers*. Bentham e-books // Bentham Science Publishers. 2017. P. 224-256.
155. Elieh-Ali-Komi D., Hamblin M. R. Chitin and chitosan: production and application of versatile biomedical nanomaterials // *International journal of advanced research*. 2016. № 4(3). P. 411.
156. Vasylyshyna, E. The quality of sour cherry fruits (*Prunus cerasus* L.), treated with chitosan solution before storage // *Acta agriculturae Slovenica*. 2018. № 111(3). P. 633-637.
157. Bui V. K. H., Park D., Lee Y. C. Chitosan combined with ZnO, TiO₂ and Ag nanoparticles for antimicrobial wound healing applications: a mini review of the research trends // *Polymers*. 2017. № 9(1). P. 21.
158. Sun X., Narciso J., Wang Z. et. al. Effects of chitosan-essential oil coatings on safety and quality of fresh blueberries // *Journal of Food Science*. 2014. № 79(5) P. 955-960.
159. Слинкова Я. Р., Малинкина О. Н., Шиповская А. Б. Создание полимерного покрытия на основе хитозана для увеличения срока годности продуктов питания // *Матер. ежегод. Всероссийск. науч. школы-семинара «Методы компьютерной диагностики в биологии и медицине–2013»*. 2013. С. 226-229.

160. Solikhin A., Hermawan B., Octaviani E. A. et. al. Morphological, chemical, and thermal characteristics of chitosan nanocomposite films reinforced with steam-exploded microfibrillated cellulose // *Journal of the Indian Academy of Wood Science*. 2018. № 15(1). P. 68-79.
161. Verma M. L., Kumar S., Das A., Randhawa J. S., Chamundeeswari M. Chitin and chitosan-based support materials for enzyme immobilization and biotechnological applications // *Environmental Chemistry Letters*. 2020. P. 1-9.
162. Matica A., Menghiu G., Ostafe V. TOXICITY OF CHITOSAN BASED PRODUCTS // *New Frontiers in Chemistry*. 2016. Vol. 26. № 1. P. 66-74.
163. Lozano-Navarro J. I., Díaz-Zavala N. P., Velasco-Santos C. et. al. Chitosan-starch films with natural extracts: Physical, chemical, morphological and thermal properties // *Materials*. 2018. Vol. 11. № 1. P. 120.
164. Romanazzi G., Feliziani E., Baños, S. B., Sivakumar D. Shelf life extension of fresh fruit and vegetables by chitosan treatment // *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 2017. № 57(3). P. 579-601.
165. Feliziani E., Landi L., Romanazzi G. Preharvest treatments with chitosan and other alternatives to conventional fungicides to control postharvest decay of strawberry // *Carbohydrate polymers*. 2015. № 132. P. 111-117.
166. Radev, R., Pashova, S. Application of Edible Films and Coatings for Fresh Fruit and Vegetables // *Quality-Access to Success*. 2020. № 21. P.177.
167. Perdonés Á., Escriche I., Chiralt A., Vargas M. Effect of chitosan–lemon essential oil coatings on volatile profile of strawberries during storage // *Food chemistry*. 2016. № 197. P. 979-986.
168. Vargas M., Albors A., Chiralt A., González-Martínez C. Quality of cold-stored strawberries as affected by chitosan–oleic acid edible coatings // *Postharvest biology and technology*. 2006. № 41(2). P. 164-171.
169. Pavinatto A., de Almeida Mattos A. V., Malpass A. C. G. et.al. Coating with chitosan-based edible films for mechanical/biological protection of strawberries // *International journal of biological macromolecules*. 2020. № 151. P. 1004-1011.

170. Солодовнік Т. В., Куриленко Ю. М. Плівки на основі хітозану: одержання, властивості, модифікація та використання (Оглядова стаття) // Вопросы химии и химической технологии. 2012. № 4. С. 65-82.
171. Ibrahim M. A., Sharoba A. M., El Waseif K. H. et. al. Effect of Edible Coating by Chitosan with Lemongrass and Thyme Oils on Strawberry Quality and Shelf Life during Storage // J Food Technol Nutr Sci. 2017. № 3.
172. Hernandez-Munoz P., Almenar E., Del Valle V., Velez D., Gavara R. Effect of chitosan coating combined with postharvest calcium treatment on strawberry (*Fragaria* × *ananassa*) quality during refrigerated storage // Food Chemistry. 2008. № 110 (2) P. 428-435.
173. Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S., Flores-García G., Zavaleta-Avejar L. Impact of chitosan based edible coatings functionalized with natural compounds on *Colletotrichum fragariae* development and the quality of strawberries // Food chemistry. 2018. № 262. P. 142-149.
174. Bal E. Influence of chitosan-based coatings with UV irradiation on quality of strawberry fruit during cold storage // Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2019. № 7(2). P. 275-281.
175. Kerch G., Sabovics M., Kruma Z., Kampuse, S., Straumite E. Effect of chitosan and chitooligosaccharide on vitamin C and polyphenols contents in cherries and strawberries during refrigerated storage // European Food Research and Technology. 2011. Vol. 233 № 2. P. 351-358.
176. Benhabiles M. S., Drouiche N., Lounici H., Pauss, A., Mameri N. Effect of shrimp chitosan coatings as affected by chitosan extraction processes on postharvest quality of strawberry // Journal of Food Measurement and Characterization. 2013. № 7(4). P. 215-221.
177. Velickova E., Winkelhausen E., Kuzmanova S., Alves V. D., Moldão-Martins M. Impact of chitosan-beeswax edible coatings on the quality of fresh strawberries (*Fragaria ananassa* cv Camarosa) under commercial storage conditions // LWT-Food Science and Technology. 2013. № 52(2). P. 80-92.

178. Gol N. B., Patel P. R., Rao T. R. Improvement of quality and shelf-life of strawberries with edible coatings enriched with chitosan // *Postharvest Biology and Technology*. 2013. № 85. P. 185-195.
179. Dong L. M., Quyen N. T. T., Thuy D. T. K. Effect of edible coating and antifungal emulsion system on *Colletotrichum acutatum* and shelf life of strawberries // *Vietnam Journal of Chemistry*. 2020. № 58(2). P. 237-244.
180. Kumar A., Karuna K., Ahmad F., Mankar A. Chitosan, Calcium Chloride and Low Temperature Storage (2 °C) Effect on Organoleptic and Bio-chemical Changes during Storage of Strawberry cv. Camarosa // *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*. 2020. № 9(2). P. 1802-1814.
181. Aghaei K., Ghajarbeygi P. The effect of edible chitosan coatings with Cinnamon essential oil on the shelf life of strawberry. Doctoral dissertation, qazvin university of medical sciences, qazvin, iran. 2019.
182. Muley A. B., Singhal R. S. Extension of post harvest shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) using a coating of chitosan-whey protein isolate conjugate // *Food Chemistry*. 2020. P. 127-213.
183. Nguyen H. V., Nguyen D. H. Effects of nano-chitosan and chitosan coating on the postharvest quality, polyphenol oxidase activity and malondialdehyde content of strawberry (*Fragaria x ananassa* Duch.) // *Journal of Horticulture and Postharvest Research*. 2020. № 3(1). P. 11-24.
184. Hazarika T. K., LALRINFELI L., LALCHHANMAWIA J., MANDAL, D. Alteration of quality attributes and shelf-life in strawberry (*Fragaria*× *ananassa*) fruits during storage as influenced by edible coatings // *Indian Journal of Agricultural Sciences*. 2019. № 89(1). P. 28-34.
185. Badawy M. E., Rabea E. I. et. al. Strawberry shelf life, composition, and enzymes activity in response to edible chitosan coatings // *International Journal of Fruit Science*. 2017. № 17(2). P. 117-136.
186. Tavares T. S., Rocha, D. A., de Rezende Queiroz, E. et. al. Chitosan coatings in the maintenance of strawberry quality during refrigerated storage/Revestimentos

- de quitosana na manutenção da qualidade de morango durante o armazenamento refrigerado // *Brazilian Journal of Development*. 2019. № 5(6). P. 5434-5448.
187. Petriccione M., Mastrobuoni F., Pasquariello M. S. et. al. Effect of chitosan coating on the postharvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage // *Foods*. 2015. № 4(4). P. 501-523.
188. Jiang Y., Yu, L., Hu Y., Zhu Z., Zhuang, C. et. al. The preservation performance of chitosan coating with different molecular weight on strawberry using electrostatic spraying technique // *International Journal of Biological Macromolecules*. 2020. № 151. P. 278-285.
189. Martínez-González M. D. C., Bautista-Baños S., Correa-Pacheco Z. N. et. al. Effect of nanostructured chitosan/propolis coatings on the quality and antioxidant capacity of strawberries during storage // *Coatings*. 2020. № 10(2)/ P. 90.
190. Мосьпан, А. Б., Яновська, Г. О. Синтез гранульованих біоматеріалів на основі альгінату та гідроксиапатиту з додаванням іонів магнію (Doctoral dissertation, Сумський державний університет). 2017.
191. Соколовська І. О., Камбулова Ю. В., Оверчук Н. О. Дослідження ступеню зв'язування води в гелях пектину і альгінату натрію // *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*. 2016. Vol. 2. № 11. P. 4-11.
192. Суходуб Л. Ф., Суходуб Л. Б., Корнющенко Г. С. Отримання нанокompозитних апатит-полімерних матеріалів та покриттів під УЗ та УФ дією. 2013.
193. Vasylyshyna O. V. The influence of sodium alginate processing on fruits of cherry of the storage // *Naukovi horyzonty. «Scientific horizons*. 2019. № 10 (83). P. 35-40.
194. Василишина, О. Изменение качественных показателей замороженных плодов вишни с послеуборочной обработкой раствором альгината натрия // *Агробіологія*. 2019. № (2) С. 82-87.

195. Costa M. J., Marques A. M., Pastrana L. M. et. al. Physicochemical properties of alginate-based films: Effect of ionic crosslinking and mannuronic and guluronic acid ratio // *Food hydrocolloids*. 2018. № 81. P. 442-448.
196. Di Donato P., Taurisano V., Poli A. et. al. Vegetable wastes derived polysaccharides as natural eco-friendly plasticizers of sodium alginate // *Carbohydrate polymers*. 2020. № 229. 115427.
197. Hecht H., Srebnik S. Structural characterization of sodium alginate and calcium alginate // *Biomacromolecules*. 2016. № 17(6). P. 2160-2167.
198. Сидорак, Р. В., & Безик, К. І. Основні напрямки використання гідробіонтів // *Збірник статей за матеріалами студентської наукової конференції Одеського державного екологічного університету*. 2019. С. 47-50.
199. Gomez C. G., Lambrecht M. V. P., Lozano J. E. et. al. Influence of the extraction–purification conditions on final properties of alginates obtained from brown algae (*Macrocystis pyrifera*) // *International journal of biological macromolecules*. 2009. Vol. 44 № 4. P. 365-371.
200. Faidi A., Lassoued M. A., Becheikh M. E. H. et. al. Application of sodium alginate extracted from a Tunisian brown algae *Padina pavonica* for essential oil encapsulation: Microspheres preparation, characterization and in vitro release study // *International journal of biological macromolecules*. 2019. № 136. P. 386-394.
201. Fertah M., Belfkira A., Taourirte M., Brouillette F. Extraction and characterization of sodium alginate from Moroccan *Laminaria digitata* brown seaweed // *Arabian Journal of Chemistry*. 2017. № 10. P. 3707-3714.
202. Pasanda O. S., Azis A. The Extraction of Brown Algae (*Sargassum* sp) Through Calcium Path to Produce Sodium Alginate // *Jurnal Bahan Alam Terbarukan*. 2018. № 7(1). P. 64-69.
203. Sellimi S., Younes I., Ayed, H. B. et. al. Structural, physicochemical and antioxidant properties of sodium alginate isolated from a Tunisian brown seaweed // *International journal of biological macromolecules*. 2015. № 72. P. 1358-1367.

204. Rasyida A., Rizkha Pradipta T., Tri Wicaksono S. et.al. Preliminary study of alginates extracted from brown algae (*Sargassum* sp.) available in Madura Island as composite based hydrogel materials // In Materials Science Forum. 2019. Vol. 964. P. 240-245.
205. Bose S. K., Howlader P., Jia X., Wang W., Yin H. Alginate oligosaccharide postharvest treatment preserve fruit quality and increase storage life via Absciscic acid signaling in strawberry // Food chemistry. 2019. № 283. P. 665-674.
206. Li X. Y., Du X. L., Liu Y., Tong, L. J. et. al. Rhubarb extract incorporated into an alginate-based edible coating for peach preservation // Scientia Horticulturae. 2019. № 257. 108685.
207. Kapetanakou A. E., Nestora S., Evageliou V., Skandamis P. N. Sodium alginate–cinnamon essential oil coated apples and pears: Variability of *Aspergillus carbonarius* growth and ochratoxin A production // Food Research International. 2019. №119. P. 876-885.
208. Reyes-Avalos M. C., Minjares-Fuentes R., Femenia A. et. al. Application of an alginate–chitosan edible film on figs (*Ficus carica*): Effect on bioactive compounds and antioxidant capacity // Food and Bioprocess Technology. 2019. № 12 (3). P. 499-511.
209. Maringgal, B., Hashim, N., Tawakkal, I. S. M. A. et. al. Recent advance in edible coating and its effect on fresh/fresh-cut fruits quality // Trends in Food Science & Technology. 2020. № 96. P. 253-267.
210. Chiabrand, V. A. L. E. N. T. I. N. A., Giacalone, G. I. O. V. A. N. N. A. Effects of citrus essential oils incorporated in alginate coating on quality of fresh-cut Jintao kiwifruit. 2019. Vol. 58. № 2. P. 177–186.
211. Tabassum N., Khan M. A. Modified atmosphere packaging of fresh-cut papaya using alginate based edible coating: Quality evaluation and shelf life study // Scientia Horticulturae. 2020. № 259. 108853.
212. Chiabrand V., Giacalone G. Quality evaluation of blueberries coated with chitosan and sodium alginate during postharvest storage. 2017. P. 1553-1561

213. Peretto G., Du W. X., Avena-Bustillos R. J. et. al. Electrostatic and conventional spraying of alginate-based edible coating with natural antimicrobials for preserving fresh strawberry quality // *Food and Bioprocess Technology*. 2017. № 10(1). P. 165-174.
214. Chiabrando V., Giacalon G. Effect of chitosan and sodium alginate edible coatings on the postharvest quality of fresh-cut nectarines during storage // *Fruits*. 2016. Vol. 71 № 2. P. 79-85.
215. Rao T. R., Baraiya N. S., Vyas P. B., Patel D. M. Composite coating of alginate-olive oil enriched with antioxidants enhances postharvest quality and shelf life of Ber fruit (*Ziziphus mauritiana* Lamk. Var. Gola) // *Journal of food science and technology*. 2016. № 53 (1). P. 748-756.
216. Reyes-Avalos M. C., Femenia A., Minjares-Fuentes R. et. al. Improvement of the quality and the shelf life of figs (*Ficus carica*) using an alginate–chitosan edible film // *Food and Bioprocess Technology*. 2016. № 9 (12). P. 2114-2124.
217. Li L., Sun J., Gao H., Shen Y. et. al. Effects of polysaccharide-based edible coatings on quality and antioxidant enzyme system of strawberry during cold storage // *International Journal of Polymer Science*. 2017.
218. Jansrimanee S., Lertworasirikul S. Synergetic effects of Ultrasound and Sodium Alginate Coating on Mass Transfer and Qualities of Osmotic Dehydrated Pumpkin // *Ultrasonics Sonochemistry*. 2020. № 69.
219. Falcó I., Flores-Meraz P. L., Randazzo W. et. al. Antiviral activity of alginate-oleic acid based coatings incorporating green tea extract on strawberries and raspberries // *Food Hydrocolloids*. 2019. № 87. P. 611-618.
220. Poraziz, S., Nazoori, F., Mirdehghan S. H., Esmailizadeh M. Effect of sodium alginate on the shelf life of strawberry fruits (*Fragaria ananassa* L. cv. Gaviota). 2019. Vol. 50. № 3. P. 515-526.
221. da Silveira M. F., Comettant-Rabanal R. Carboxymethyl cellulose and sodium alginate edible coating to preserve the quality of strawberry // In *Embrapa*

- Agroindústria de Alimentos-Resumo em anais de congresso (ALICE). 2019. № 13. P. 1.
222. Senturk Parreidt T., Lindner M., Rothkopf I. et. al. The Development of a Uniform Alginate-Based Coating for Cantaloupe and Strawberries and the Characterization of Water Barrier Properties // *Foods*. 2019 № 8(6). P. 203.
223. Nazoori F., Poraziz S., Mirdehghan, S. H. et. al. Improving Shelf Life of Strawberry Through Application of Sodium Alginate and Ascorbic Acid Coatings // *International Journal of Horticultural Science and Technology*. 2020. № 7(3). P. 279-293.
224. Emamifar A., Bavaisi S. Nanocomposite coating based on sodium alginate and nano-ZnO for extending the storage life of fresh strawberries (*Fragaria× ananassa* Duch.) // *Journal of Food Measurement and Characterization*. 2020. P. 1-13.
225. García-Figueroa A., Ayala-Aponte A., Sánchez-Tamayo M. I. Effect of Aloe vera and sodium alginate edible coatings on postharvest quality of strawberry // *Revista UDCA Actualidad Divulgación Científica*. 2019. № 22(2).
226. Qamar J., Ejaz, S., Anjum, M. A. et. al. Effect of Aloe vera gel, chitosan and sodium alginate based edible coatings on postharvest quality of refrigerated strawberry fruits of cv. Chandler // *J Hortic Sci Technol*. 2018. № 1. P. 8-16.
227. Dong L. M., Quyen N. T. T., Thuy D. T. K. Effect of edible coating and antifungal emulsion system on *Colletotrichum acutatum* and shelf life of strawberries // *Vietnam Journal of Chemistry*. 2020. № 58(2). P. 237-244.
228. Leathers T. D. Biotechnological production and applications of pullulan // *Applied microbiology and biotechnology*. 2003. Vol. 62 № 5-6. P. 468-473.
229. Leathers T. D. Pullulan // *Biopolymers*. 2002. № 6. P. 1-35.
230. Singh R. S., Kaur N., Kennedy J. F. Pullulan production from agro-industrial waste and its applications in food industry: A review // *Carbohydrate polymers*. 2019. № 217. P. 46-57.

231. Cheng K. C., Demirci A., Catchmark J. M. Pullulan: biosynthesis, production, and applications // *Applied microbiology and biotechnology*. 2011. Vol. 92. № 1. P. 29.
232. Prajapati V. D., Jani G. K., Khanda S. M. Pullulan: an exopolysaccharide and its various applications // *Carbohydrate polymers*. 2013. Vol. 95. №1. P. 540-549.
233. Wu J., Zhong F., Li Y. et. al. Preparation and characterization of pullulan–chitosan and pullulan–carboxymethyl chitosan blended films // *Food Hydrocolloids*. 2013. № 30(1). P. 82-91.
234. Kraśniewska K., Pobiega K., Gniewosz M. Pullulan–Biopolymer with Potential for Use as Food Packaging // *International Journal of Food Engineering*. 2019. Vol. 15 № 9. P. 30
235. Chu Y., Xu T., Gao, C., Liu, X. et. al. Evaluations of physicochemical and biological properties of pullulan-based films incorporated with cinnamon essential oil and Tween 80 // *International journal of biological macromolecules*. 2019. № 122. P. 388-394.
236. Tong Q., Xiao Q., Lim L. T. Preparation and properties of pullulan–alginate–carboxymethylcellulose blend films // *Food Research International*. 2008. Vol. 41 № 10. P. 1007-1014.
237. Hamidi M., Kennedy, J. F., Khodaiyan, F. et. al. Production optimization, characterization and gene expression of pullulan from a new strain of *Aureobasidium pullulans* // *International journal of biological macromolecules*. 2019. № 138. P. 725-735.
238. Diab T., Biliaderis C. G., Gerasopoulos D., Sfakiotakis E. Physicochemical properties and application of pullulan edible films and coatings in fruit preservation // *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2001. №81(10). P. 988-1000.
239. Zhang L., Huang C., Zhao H. Application of pullulan and chitosan multilayer coatings in fresh papayas // *Coatings*. 2019. Vol. 9 № 11. P. 745.

240. Pobiega K., Przybył J. L., Żubernik J., Gniewosz M. Prolonging the Shelf Life of Cherry Tomatoes by Pullulan Coating with Ethanol Extract of Propolis During Refrigerated Storage // *Food and Bioprocess Technology*. 2020. P. 1-15.
241. Kou X. H., Guo W. L., Guo R. Z. et. al. Effects of chitosan, calcium chloride, and pullulan coating treatments on antioxidant activity in pear cv.“Huang guan” during storage // *Food and Bioprocess Technology*. 2014. № 7(3). P. 671-681.
242. Kraśniewska K., Ścibisz I., Gniewosz, M. et. al. Effect of pullulan coating on postharvest quality and shelf-life of highbush blueberry (*Vaccinium corymbosum* L.) // *Materials*. 2017. № 10(8). P. 965.
243. Chen L., Tian Y., Tong Q. et. al. Effect of pullulan on the water distribution, microstructure and textural properties of rice starch gels during cold storage // *Food chemistry*. 2017. № 214. P. 702-709.
244. Niu B., Shao P., Chen H., Sun P. Structural and physiochemical characterization of novel hydrophobic packaging films based on pullulan derivatives for fruits preservation // *Carbohydrate polymers*. 2019. № 208. P. 276-284.
245. Yun Z., Liqiang W., Lixin L. Study on the Preservation of Strawberry Coated with Pullulan Composite Films .. *Packaging Journal*. 2011. № 3.
245. Eroglu E., Torun M., Dincer C., Topuz A. Influence of pullulan-based edible coating on some quality properties of strawberry during cold storage // *Packaging Technology and Science*. 2014. Vol. 27 № 10. P. 831-838.
246. Yansu Y., Songqi D., Huilan Z. et. al. Preparation and characterization of Konjac glucomannan and pullulan composite films for strawberry preservation // *Carbohydrate Polymers*. 2020. Vol. 243. № 116446.
247. Chu Y., Gao C., Liu, X., Zhang, N. et. al. Improvement of storage quality of strawberries by pullulan coatings incorporated with cinnamon essential oil nanoemulsion // *LWT*. 2020. Vol. 122. № 109054.
248. Gniewosz M., Synowiec A. Antibacterial activity of pullulan films containing thymol // *Flavour and fragrance journal*. 2011. № 26(6). P. 389-395.

249. Trinetta V., Cutter C. N. Pullulan: A suitable biopolymer for antimicrobial food packaging applications // In Antimicrobial Food Packaging. 2016. P. 385-397.
250. Treviño-Garza M. Z., García S., del Socorro Flores-González M., Arévalo-Niño K. Edible active coatings based on pectin, pullulan, and chitosan increase quality and shelf life of strawberries (*Fragaria ananassa*) // Journal of food science. 2015. № 80(8) P. 1823-1830.
251. Pobiega K., Igielska M., Włodarczyk P., Gniewosz M. The use of pullulan coatings with propolis extract to extend the shelf life of blueberry (*Vaccinium corymbosum*) fruit // International Journal of Food Science & Technology. 2021. № 56(2). P. 1013-1020.
252. Iqbal M., Jamshaid M., Zahid M. A., Andreasson, E. et. al. Biological control of strawberry crown rot, root rot and grey mould by the beneficial fungus *Aureobasidium pullulans* // BioControl. 2021. P. 1-11.

РОЗДІЛ 2

Програма, методика та умови проведення досліджень

2.1. Програма проведення досліджень

Основні напрями досліджень представлених завдань та послідовність їх вирішення представлено в структурній програмі (рис 2.1.)

На першому етапі передбачений аналіз джерел літератури. Отримана інформація дала змогу обґрунтувати доцільність попередньої обробки розчинами хітозану перед зберіганням ягід.

На другому етапі відбулась систематизація отриманої інформації, що дала змогу сформулювати мету та завдання досліджень, обґрунтувати обрані способи зберігання та обробки ягід.

На третьому етапі були проведені експериментальні дослідження, які включали комплексну оцінку якості ягід суниці за фізичними, фізико-хімічними, органолептичними та мікробіологічними показниками залежно від концентрації обробки розчинами хітозану.

На четвертому етапі розроблені технології нанесення хітозану на поверхню ягід суниці. Розроблено технологію виробництва консервів «Суниця у власному соку». Удосконалено технологічну схему комплексної переробки ягід суниці.

На п'ятому етапі були проведені розрахунки та обґрунтовано економічну ефективність застосування попередньої обробки ягід суниці.

На шостому етапі відбулась апробація результатів досліджень та впровадження їх у виробництво.

2.2. Методика проведення досліджень

З метою оцінки впливу попередньої обробки ягід суниці хітозаном під час зберігання за різних умов впродовж 2018 – 2020 рр. проводили дослідження у навчально-науковій лабораторії кафедри технологій харчових продуктів, науково-дослідній лабораторії «Біонеорганічної хімії, якості і безпеки об'єктів

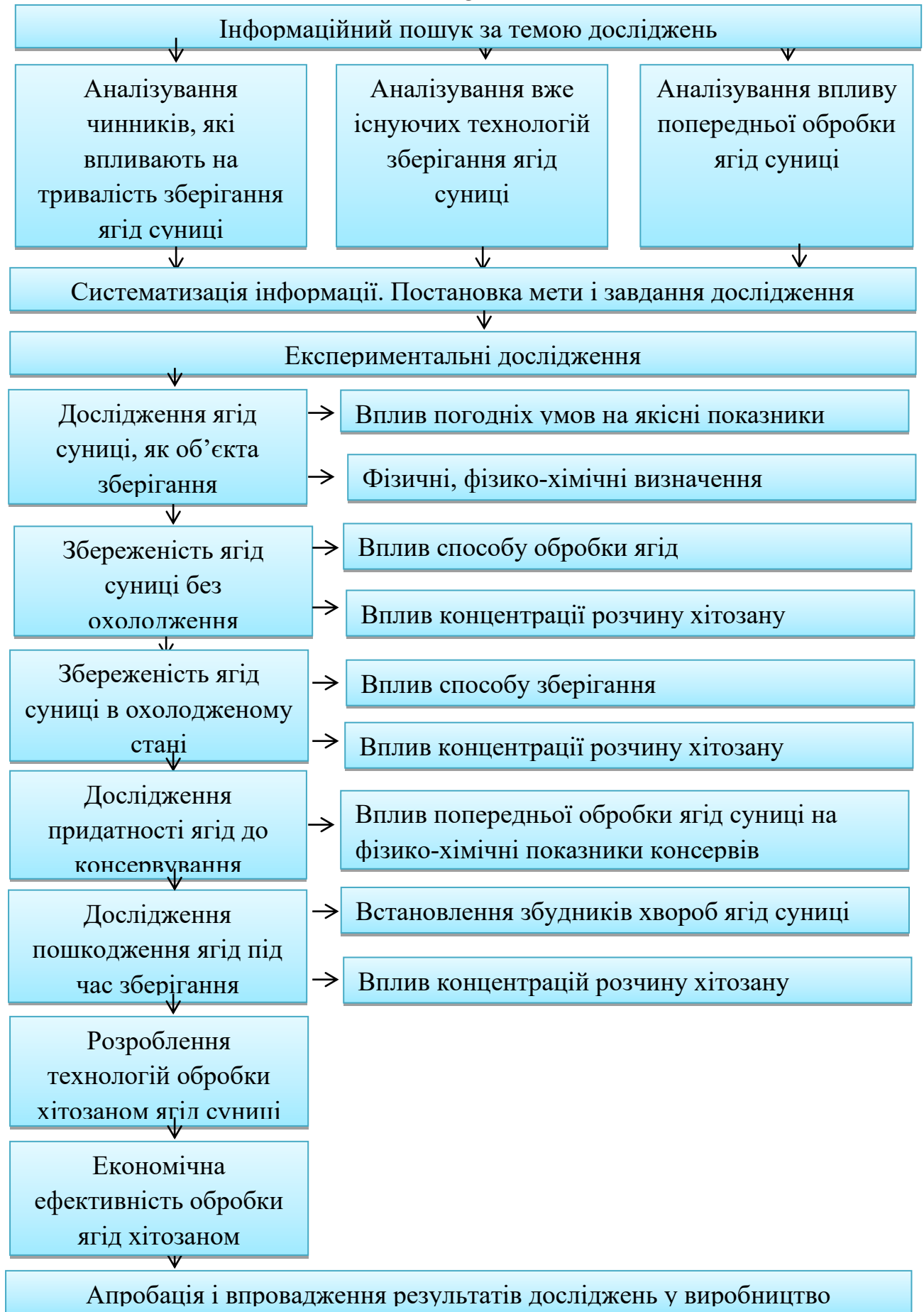
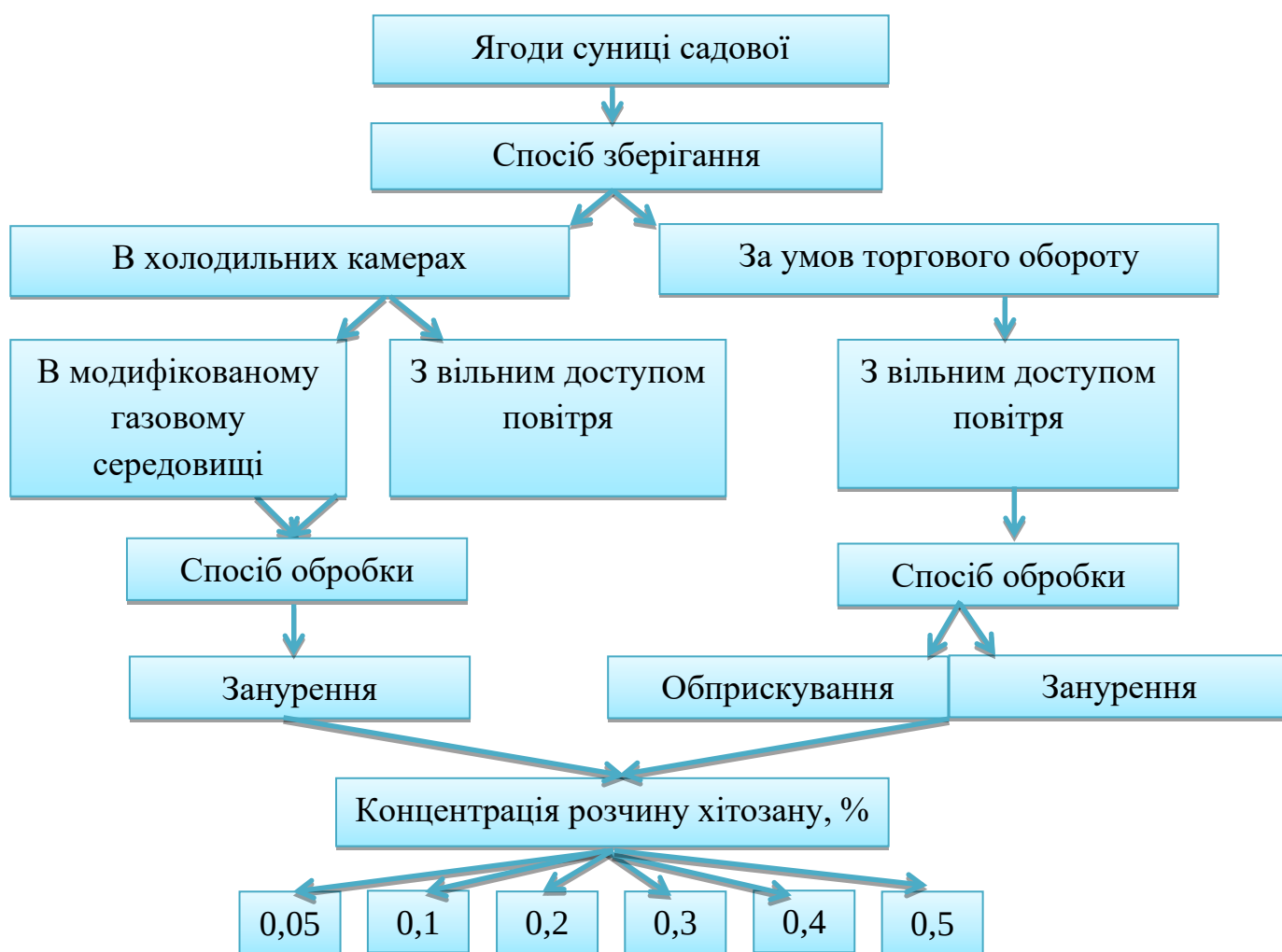


Рис 2.1. Програма досліджень

сільськогосподарського виробництва» кафедри біології УНУС, науково-дослідній лабораторії «Екологічного моніторингу в агросфері» кафедри біології УНУС, навчальній лабораторії органічної та неорганічної хімії кафедри біології УНУС.

Ягоди суниці сорту Дукат збирали на полях навчально-наукового відділу Уманського національного університету садівництва у споживчій стадії стиглості за ГОСТ 6828-89 [1], досліджували їх фізичні, фізико-хімічні та органолептичні властивості після чого проводили обробку з наступним закладанням на зберігання.

Схема досліду



Дослід 1

Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану шести концентрацій (0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5%) двома способами: обприскуванням та

зануренням на 1 хв. Оброблені ягоди залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували і поміщали у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та зберігали за температури 20 °С на стелажах у вентилярованому приміщенні. За контроль вважали ягоди без обробки.

Дослід 2

Ягоди суниці обробляли розчинами хітозану шести концентрацій: 0,05%; 0,1%; 0,2%; 0,3%; 0,4%; 0,5% та залишали до повного висихання. Сухі оброблені ягоди та контроль зважували та фасували у перфоровані пластикові (PET) контейнери місткістю 500 г та в поліетиленові пакети товщиною 30 мікрон. Зберігання проводили двома способами: з вільним доступом повітря та у модифікованому газовому середовищі за температури 0 ± 2 °С з відотною вологістю повітря 90 – 95%. За контроль вважали ягоди без обробки.

Дослід 3

Ягоди суниці обробляли 0,5% розчином хітозану та зберігали протягом семи діб у холодильній камері з вільним доступом повітря. Після зберігання з ягід виготовляли консерви згідно технологічних інструкцій: «Пюре суничне», «Джем суничний», «Варення суничне», «Компот суничний», «Сік суничний натуральний». Консерву «Суниця у власному соку» виготовляли згідно розробленою нами технологією. За контроль приймали консерви виготовлені із свіжої не обробленої сировини.

Відбирання та готування проб для аналізів свіжих ягід суниці здійснювали за ДСТУ ISO 874, а продуктів її переробки за ДСТУ 7040.

Оцінку якості свіжих ягід суниці та консервів виконували згідно нормативних документів:

- свіжих ягід – за ГОСТ 6828 [1];
- компотів за ГОСТ 816 [2];
- джемів за ДСТУ 4900 [3];
- варення за ДСТУ 4899 [4];
- органолептичну оцінку консервів – за ГОСТ 8756.1 [5].

В дослідних зразках визначали:

- середню масу ягід суниці шляхом зважування;
- об'єм ягід суниці за кількістю витісненої води при зануренні у мірний циліндр;
- густину ягід розрахунком відношення маси ягід до їх об'єму;
- щільність – пенетрометром FT 02 проколюючи плід в екваторіальній області;
- інтенсивність дихання за кількістю виділеного діоксиду вуглецю [6];
- втрати маси ягід – методом зважування фіксованих проб [7, 8];
- блиск – візуально за 5-баловою шкалою, де 1 – тьмяна поверхня ягід, без блиску, а 5 – блискуча глянцева поверхня;
- вміст сухих розчинних речовин – рефрактометрично за ГОСТ 28562 [9];
- вміст цукрів – фериціанідним методом за ДСТУ 4954 [10];
- органічних кислот – титруванням лугом за ДСТУ 4957:2008 [11];
- рН – потенціометричним методом за ДСТУ 6045 [12];
- вміст оцтового альдегіду – біхроматно-йодометричним методом [13];
- вміст етилового спирту – йодометричним методом [13];
- вміст аскорбінової кислоти – йодометричним методом [14];
- вміст нітратів – іонометричним методом за ДСТУ 4948 [15];

Всі дослідження проводилися в трикратній повторності.

Результати аналізів приводили до вихідної маси за формулою:

$$X = \frac{A \cdot (100 - \epsilon)}{100},$$

де: X – вміст речовин із урахуванням втрати маси, %;

A – вміст речовин у кінці зберігання, %;

ϵ – втрати маси за період зберігання, %.

Мікробіологічні дослідження проводили методом мікроскопії за допомогою мікроскопа MICROmede XS – 2610 ізбільшенням у 50 разів,

відбираючи зразки з поверхні ягід бактеріологічною петлею. Мікрофотографії виконували за допомогою фотокамери.

1.3. Погодні умови за роки досліджень

Ягоди суниці були вирощені в зоні Правобережної частини Лісостепу України з помірно континентальним кліматом. Аналіз інформації отриманої з метеостанції «Умань» щодо метеорологічних умов показав, що в цілому погодні умови були сприятливими для вирощування ягід суниці.

Цвітіння суниці у 2018 році розпочалось в третій декаді квітня, а у 2019 та 2020 роках у першій декаді травня. Формування фізико-хімічних властивостей та органолептичних особливостей відбувається в період досягання, який припав у 2018 та 2019 роках на третю декаду травня, а у 2020 на першу декаду червня.

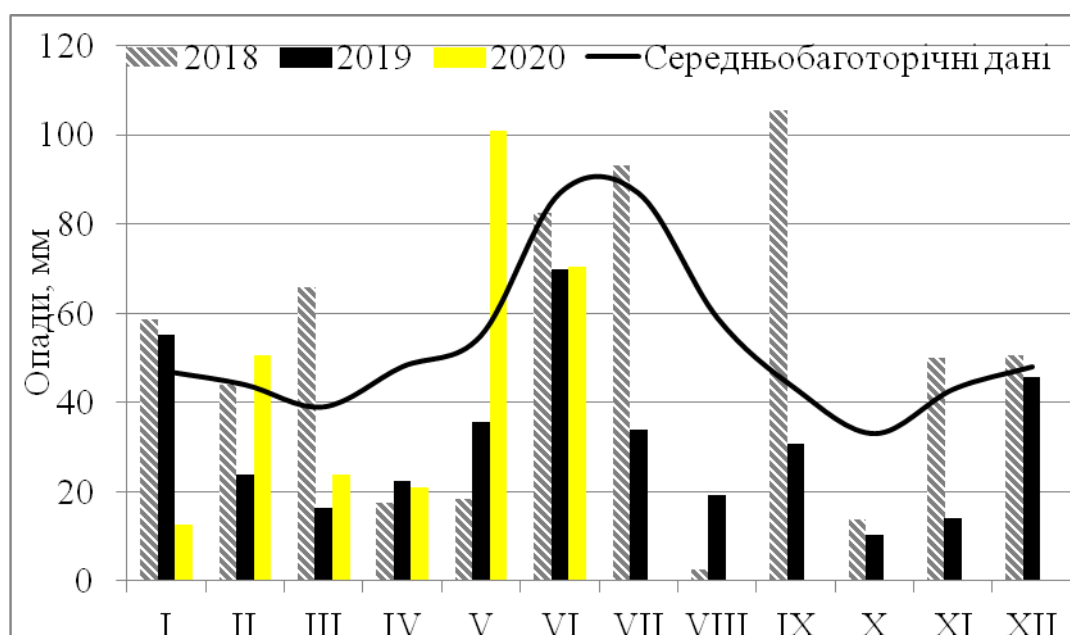


Рис 2.2. Сума опадів, мм (2018 – 2020 рр.)*

Примітка. Побудовано автором за даними метеостанції «Умань»

Травень 2018 року відзначився рекордно малою кількістю опадів (18,3 мм), відповідно низькою вологістю та високою температурою, яка наслідок ягоди суниці не досягли потрібної ваги передбаченої сортовими особливостями.

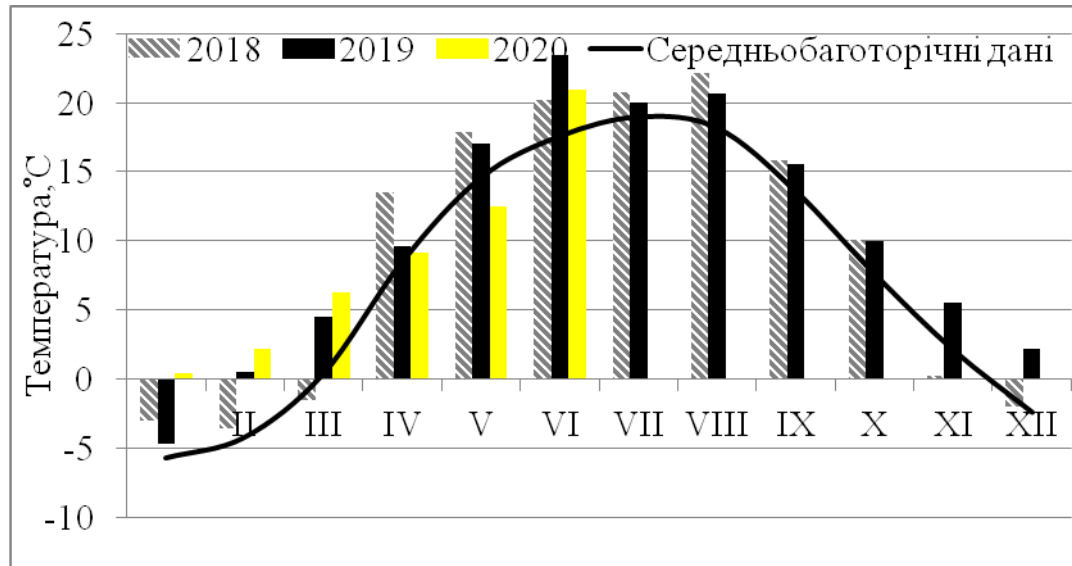


Рис 2.3. Середня температура повітря, °C (2018 – 2020 рр.)*

Примітка. Побудовано автором за даними метеостанції «Умань»

Травень 2019 року характеризувався дещо меншою сумою опадів порівняно з середньо багаторічними показниками та вищою температурою повітря і відносною вологістю.

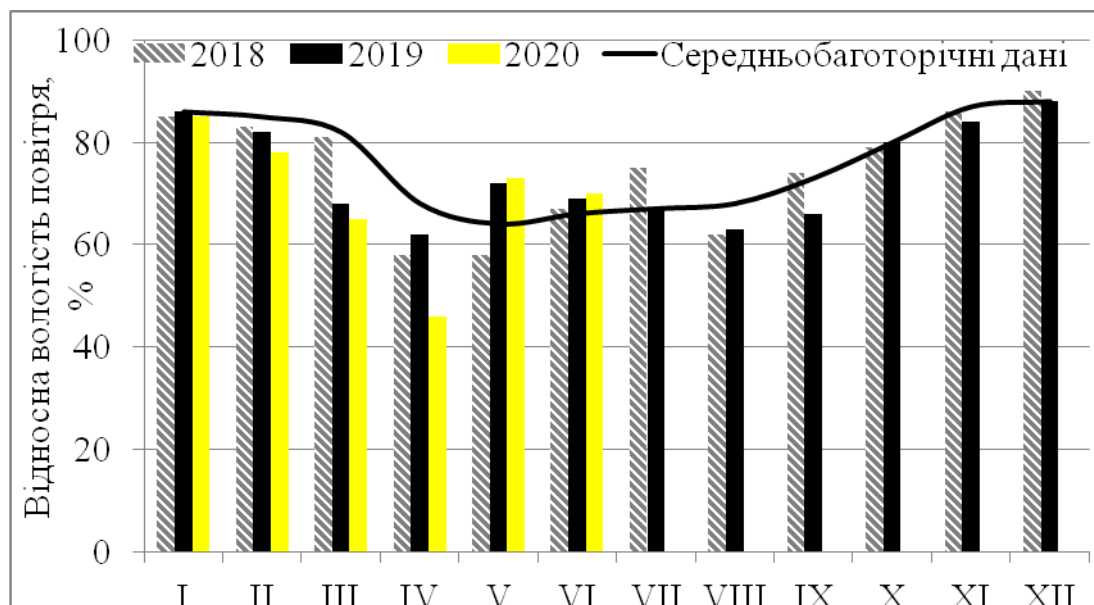


Рис 2.4. Відносна вологість повітря, % (2018 – 2020 рр.)*

Примітка. Побудовано автором за даними метеостанції «Умань»

Загалом цей період був сприятливий для розвитку і формування смакових якостей ягід суниці. Травень 2020 року відзначився унікальними погодніми

умовами. Сума опадів становила 101 мм, що майже вдвічі вище за середньо багаторічні показники. Середня температура повітря становила 12,5 °С, що значно менше ніж у попередніх роках. Відносна вологість була на рівні 2019 року. Через такі гідрометеорологічні умови період досягання суниці змістився на тиждень, проте це не завадило ягодам накопичити достатню кількість цукрів та кислот.

Висновки до розділу 2

1. За результатами проведеного аналізу сформовано основні напрями дослідження та представлено послідовність їх виконання.
2. Описано методику проведення дослідження та представлено схему досліджу.
3. Наведено методи дослідження якості свіжин ягід суниці та продуктів її переробки.
4. Проаналізовано зміни погодніх умов за роки дослідження, які впливали на період цвітіння та досягання суниці.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ГОСТ 6828–89. Земляника свежая. Требования при заготовках, поставках и реализации. Москва. 1989. С. 25.
2. ГОСТ 816–91. Компоты. Технические условия. Москва, 1991. 20 с.
3. ДСТУ 4900:2007. Джеми. Загальні технічні умови. Київ, 2009. 15 с.
4. ДСТУ 4899:2009. Варення. Загальні технічні умови. Київ, 2009. 16 с.
5. ГОСТ 8756.1–79. Продукты пищевые консервированные. Методы определения органолептических показателей, массы нетто или объема массовой доли составных частей. Москва, 1979. 6 с.
6. Найченко В. М., Заморська І. Л. Технологія зберігання і переробки плодів та овочів: навчальний посібник. Умань. Видавець «Сочінський», 2010.
7. Методические рекомендации по хранению плодов, овощей и винограда. Организация и проведения исследований. Под общей ред. С. Ю. Дженева, В. И. Иванченко. Ялта. Институт винограда и вина «Магарач», 1998. 152 с.
8. Методические указания по проведению исследований с быстрозамороженными плодами, ягодами и овощами. Москва. ВАСХНИЛ, 1984. 25 с.
9. ГОСТ 28562–90. Продукты переработки плодов и овощей. Рефрактометрический метод определения растворимых сухих веществ. Москва, 1990. 12 с.
10. ДСТУ 4954:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначання цукрів. Київ, 2010. 22 с.
11. ДСТУ 4957:2008. Продукти перероблення фруктів та овочів. Методи визначення титрованої кислотності. Київ, 2008. 12 с.
12. ДСТУ 6045:2008. Фрукти, овочі та продукти перероблення, консерви м'ясні та м'ясорослинні. Метод визначання рН. Київ, 2009. 12 с.
13. Широков Е. П. Практикум по технологии хранения и переработки плодов и ягод. Москва. Колос, 1974. 223 с.

14. ГОСТ 24556–89. Продукты переработки плодов и овощей. Методы определения витамина С. Москва, 1989. 10 с.
15. ДСТУ 4948:2008. Фрукти, овочі та продукти їх перероблення Методи визначення вмісту нітратів. Київ, 2009. 15с.

РОЗДІЛ 3

ВПЛИВ ОБРОБКИ ХІТОЗАНОМ НА ЗБЕРЕЖЕНІСТЬ ЯГІД СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ В РІЗНИХ УМОВАХ

Для оцінки впливу попередньої обробки ягід суниці розчинами хітозану дослідження проводили на кожен другий день зберігання визначаючи втрату маси; м.ч. СРР; інтенсивність дихання; м.ч. органічних кислот; м.ч. цукрів, вміст аскорбінової кислоти; рівень рН; щільність, ступінь блиску. Наприкінці зберігання визначали вміст етилового спирту, оцтового альдегіду, вихід товарної продукції та проводили органолептичну оцінку.

3.1. Вплив погодніх чинників на формування якості ягід суниці

На формування якості ягід суниці садової значний вплив мали погодні умови (відносна вологість повітря, кількість опадів та температура). Саме ці фактори регулюють вміст цукрів, органічних кислот рівень рН та інші фізико-хімічні показники ягід.

З'ясовано, що середня маса ягід суниці залежала від кількості опадів (рис. 3.1).

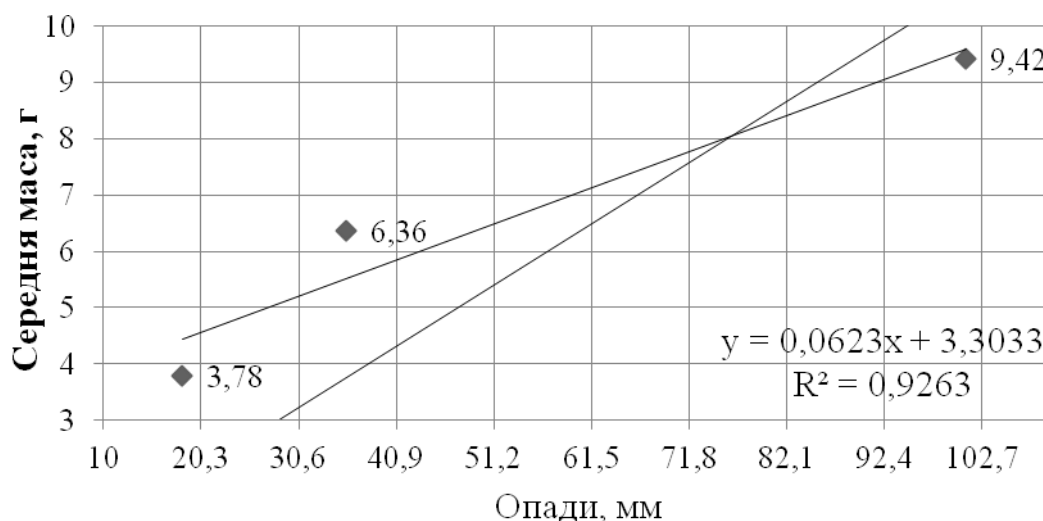


Рис. 3.1. Середня маса ягід суниці залежно від суми опадів

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність маси ягід суниці від суми опадів ($r = 0,92$). Із збільшенням кількості опадів у травні збільшувалась і маса ягід. Це обумовлено накопиченням великої кількості вільної води у

міжклітинному просторі плоду.

Сильний обернений кореляційний зв'язок ($r = -0,96$) виявлений між щільністю тканин ягід суниці та відносною вологістю повітря (рис. 3.2).

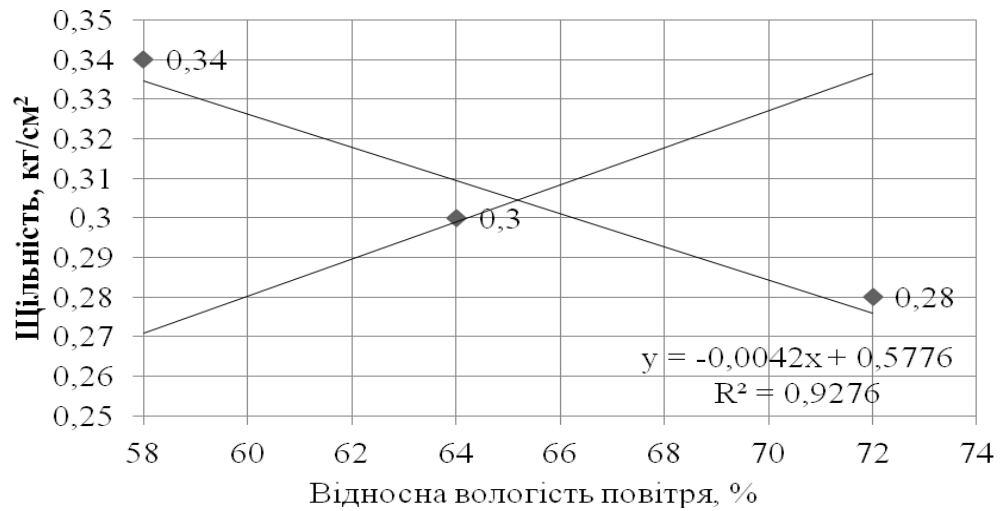


Рис. 3.2 Залежність щільності тканин ягід від відносної вологості повітря.

Найменша щільність тканин ягід суниці спостерігалась за підвищеної відносної вологості повітря. Ягоди були вразливі до механічних пошкоджень та швидко втрачали привабливий зовнішній вигляд.

Існує прямий кореляційний зв'язок ($r = 0,73$) між температурою повітря та вмістом органічних кислот (рис. 3,3).

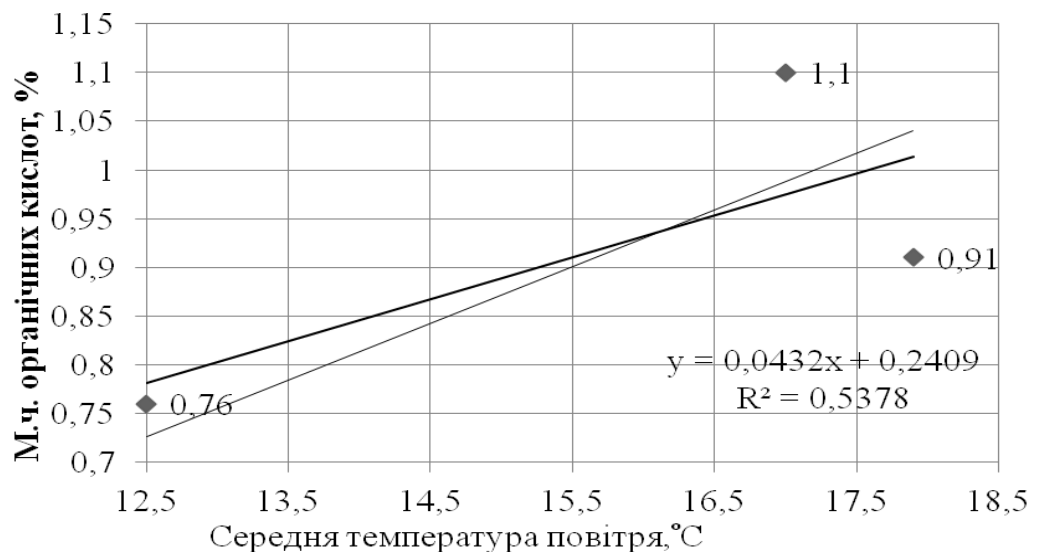


Рис. 3.3. Залежність накопичення органічних кислот у ягодах суниці від температури повітря

У роки коли температура повітря була вище 17 °С ягоди накопичували 0,91 – 1,1% органічних кислот.

3.2. Збереженість ягід суниці в охолодженому вигляді за обробки хітозаном

Ягоди суниці характеризуються високим вмістом води, яка втрачається через тонкі покривні тканини, внаслідок швидких фізіологічних змін. Втрати маси ягід в процесі зберігання обумовлені доволі високою інтенсивністю дихання, зменшенням вмісту поживних речовин та розвитком фітопатогенного пошкодження [1].

Застосування попередньої обробки суниці розчинами хітозану дозволило зменшити втрати маси ягід упродовж зберігання (рис. 3.4., 3.5).

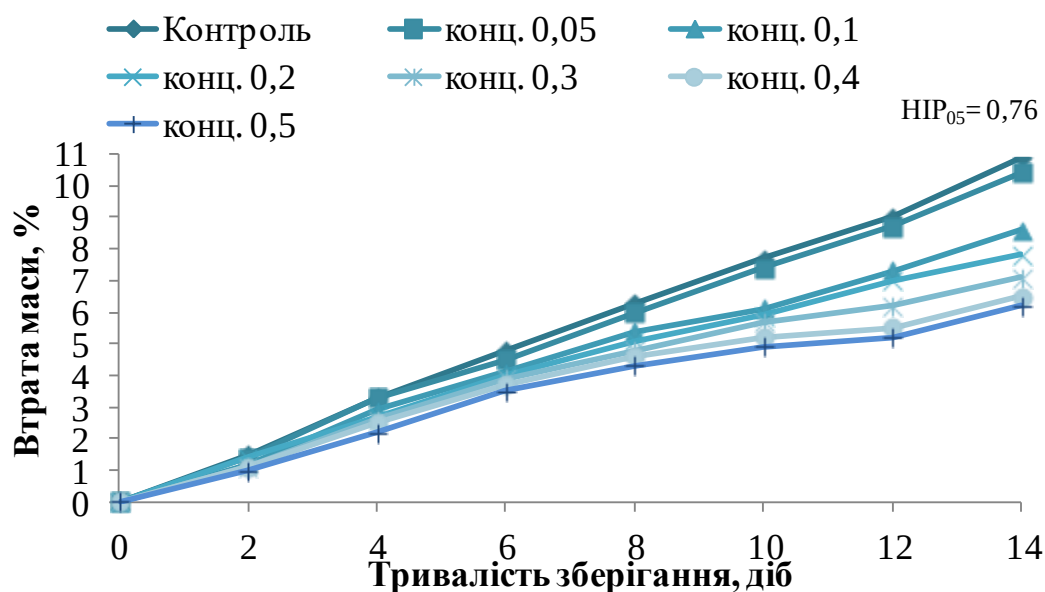


Рис. 3.4. Зміна природних втрат маси ягід суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.).

Втрати маси ягід суниці збільшувались з кожною добою зберігання і вже на другу добу становили 0,98 – 1,5% та 1,0 – 1,3% залежно від способу зберігання. На восьму добу зберігання показники коливалися в межах 4,3 – 6,3% та 3,8 – 5,7%. Найменші втрати за весь період зберігання були зафіксовані

у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,5%. Наприкінці зберігання втрати маси досягли 9,6 % і 10,9% у контролі та 6,2 – 10,4% і 5,2 – 8,9% у варіантах з попередньою обробкою.

Аналіз динаміки втрат маси ягід суниці протягом двотижневого зберігання показав, що обробка розчином хітозану сприяє зменшенню втрат маси.

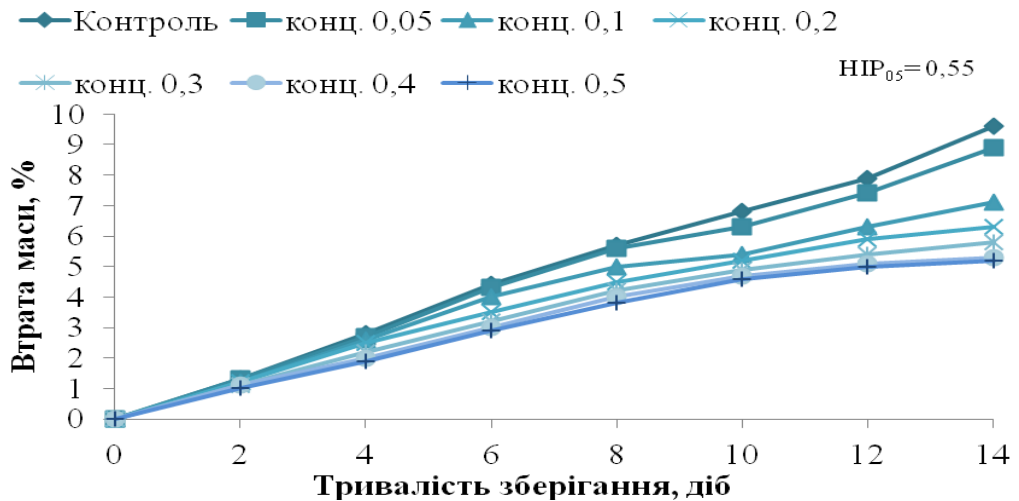


Рис. 3.5. Зміна природних втрат маси ягід суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі (2018 – 2020 рр.).

Встановлено сильний обернений кореляційний зв'язок між втратою маси ягід суниці під час зберігання та концентрацією обробки хітозаном ($r = -0,93$) та ($r = -0,90$) (рис 3.6; 3.7).

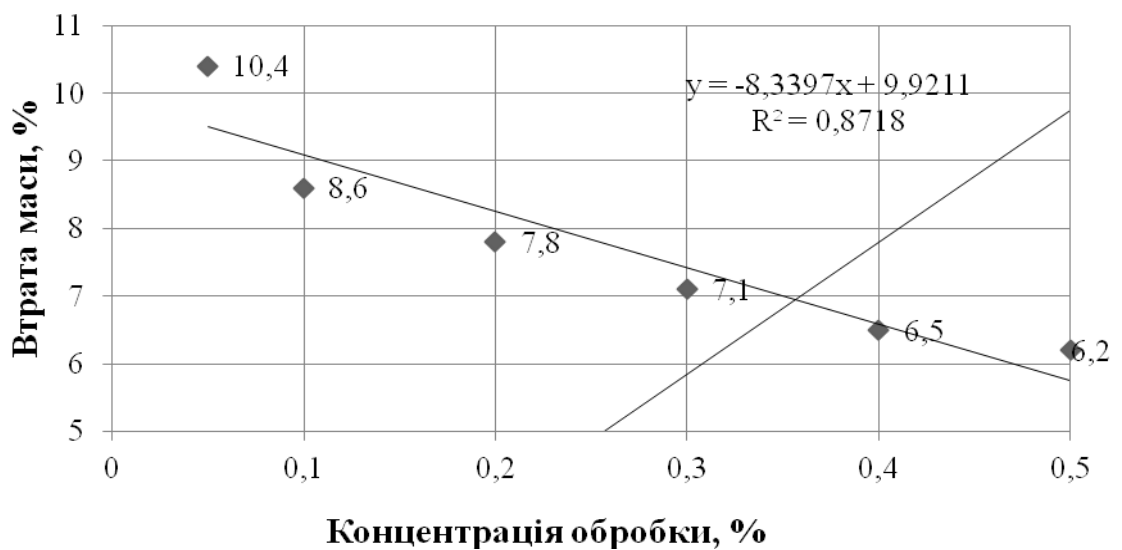


Рис. 3.6. Залежність природних втрат маси ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

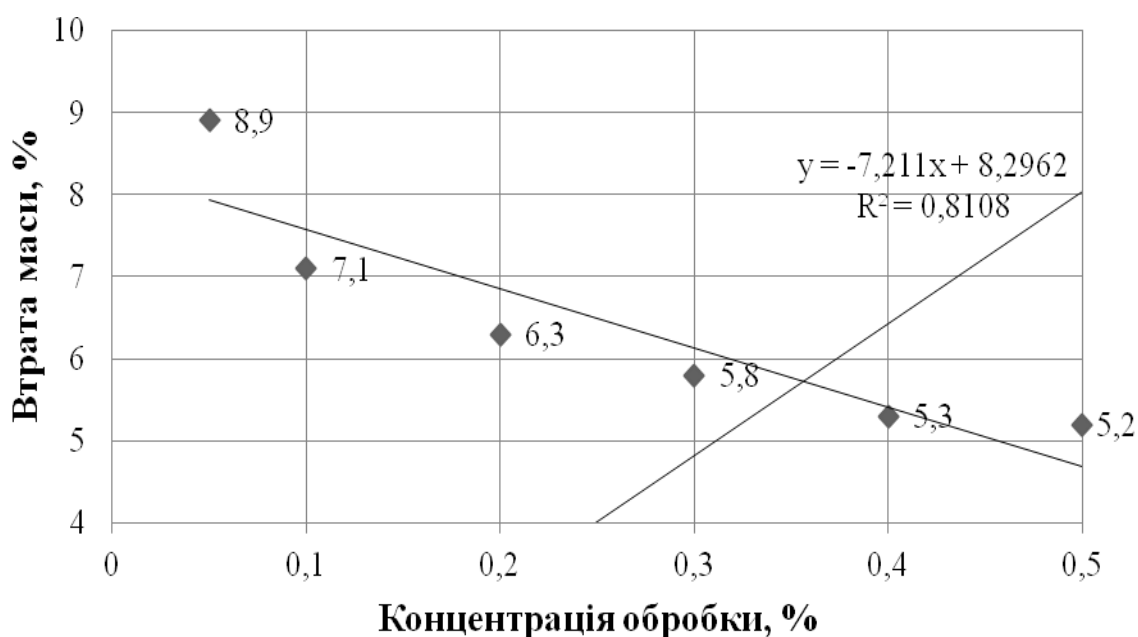


Рис. 3.7. Залежність природних втрат маси ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі).

Сухі розчинні речовини представлені вуглеводами, азотистими речовинами, кислотами, пектином, вітамінами, ферментами, мінеральними солями та дубильними речовинами. У ягодах суниці більшу частину СРР займають вуглеводи, які головним чином, представлені цукрами та кислоти. Зміна масової частки розчинних сухих речовин під час зберігання відбувається за рахунок протікання біохімічних процесів у ягодах суниці.

Попередня обробка ягід суниці хітозаном виявила позитивний вплив на збереженість розчинних сухих речовин (рис. 3.8, 3.9).

Дослідження показали не істотні коливання масової частки сухих розчинних речовин між різними способами холодильного зберігання ягід. Але, найменша втрата масової частки розчинних сухих речовин при холодильному зберігання з вільним доступом повітря упродовж 14 діб спостерігалася за обробки ягід суниці хітозаном з концентрацією 0,5%, а найбільша втрата була в контролі та за концентрації 0,05%. Аналогічну залежність зміни масової частки сухих розчинних речовин отримано під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі.

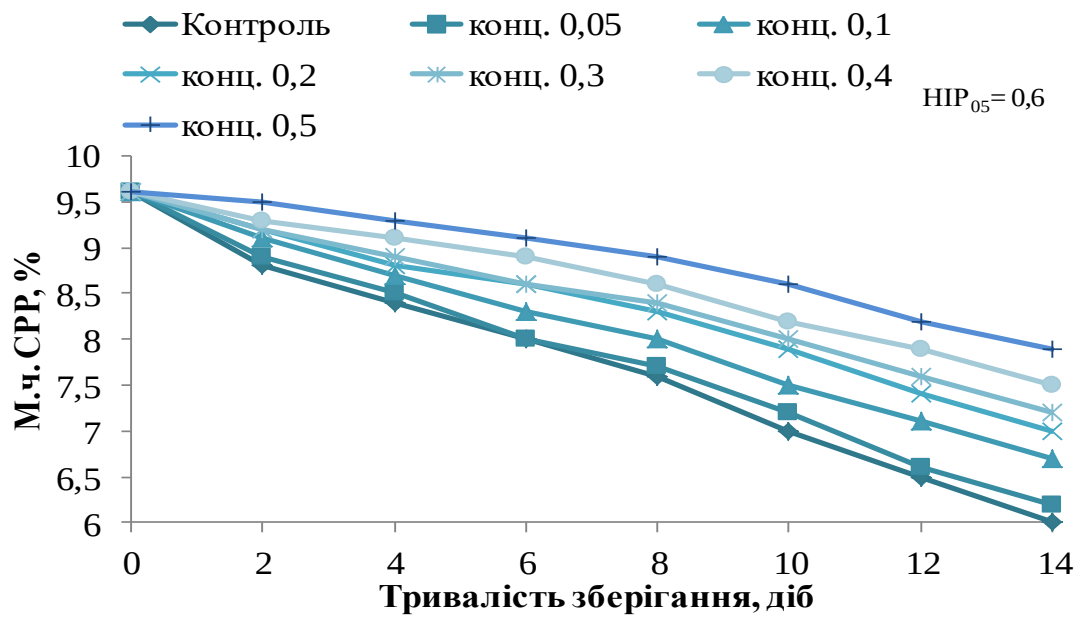


Рис. 3.8. Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.).

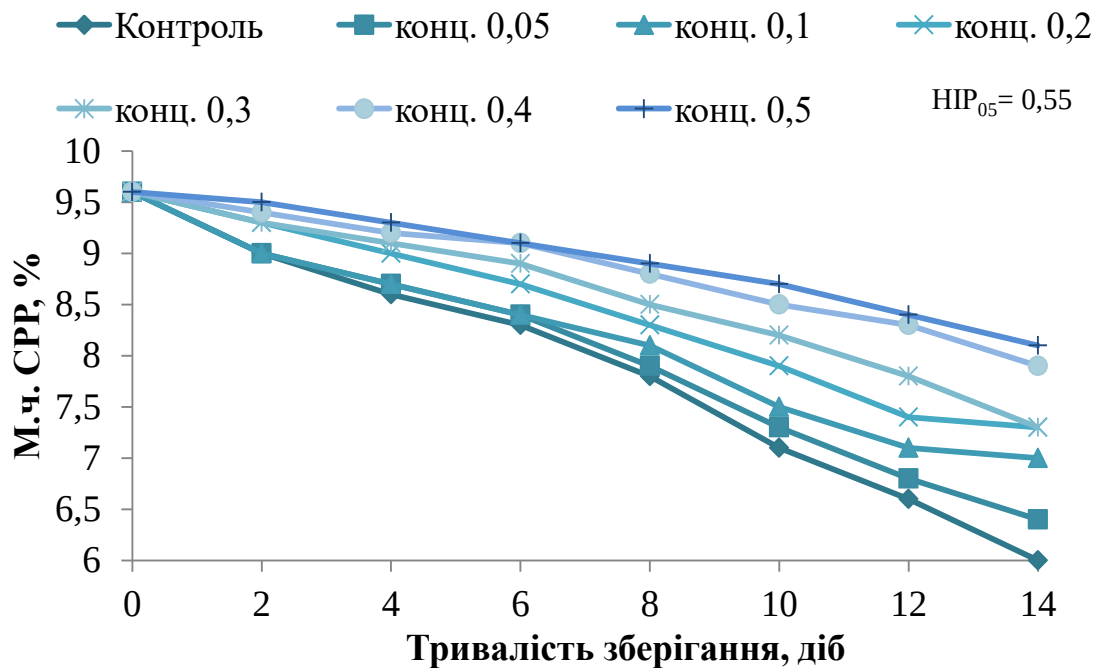


Рис. 3.9. Зміна масової частки розчинних сухих речовин ягід суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі (2018 – 2020 рр.).

Доведено, що масова частка розчинних сухих речовин знижувалася повільніше у зразках з обробкою хітозаном. У контрольному варіанті на другу добу спостерігалися прискорені темпи втрат масової частки розчинних сухих речовин, що негативно відображається на збереженості ягід суниці. Збільшення концентрації обробки ягід суниці хітозаном позитивно впливала на масову частку розчинних сухих речовин (рис. 3,10, 3,11).

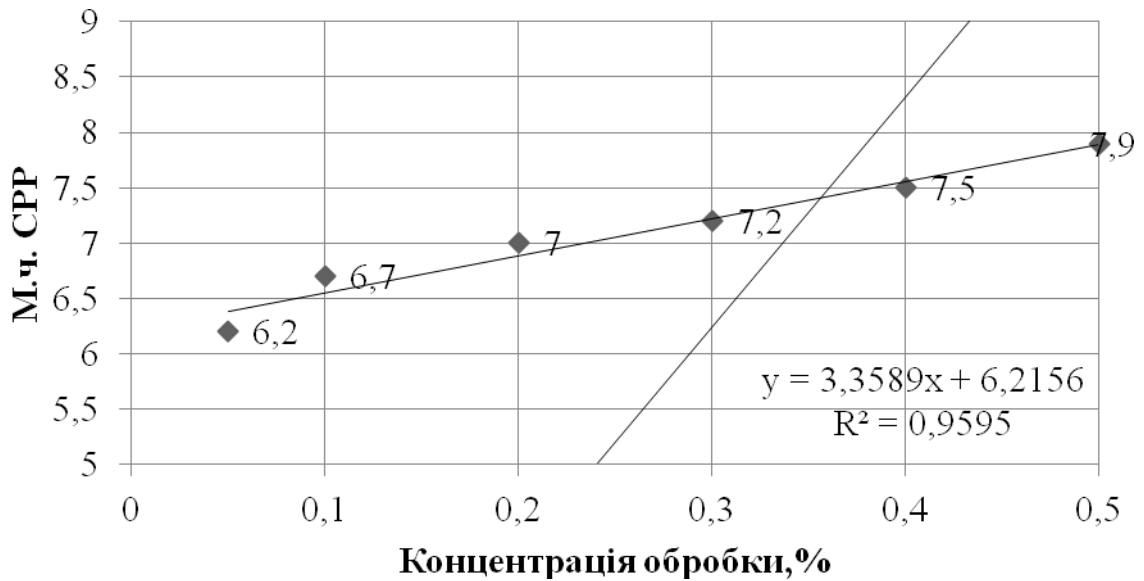


Рис. 3.10. Залежність масової частки розчинних сухих речовин від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

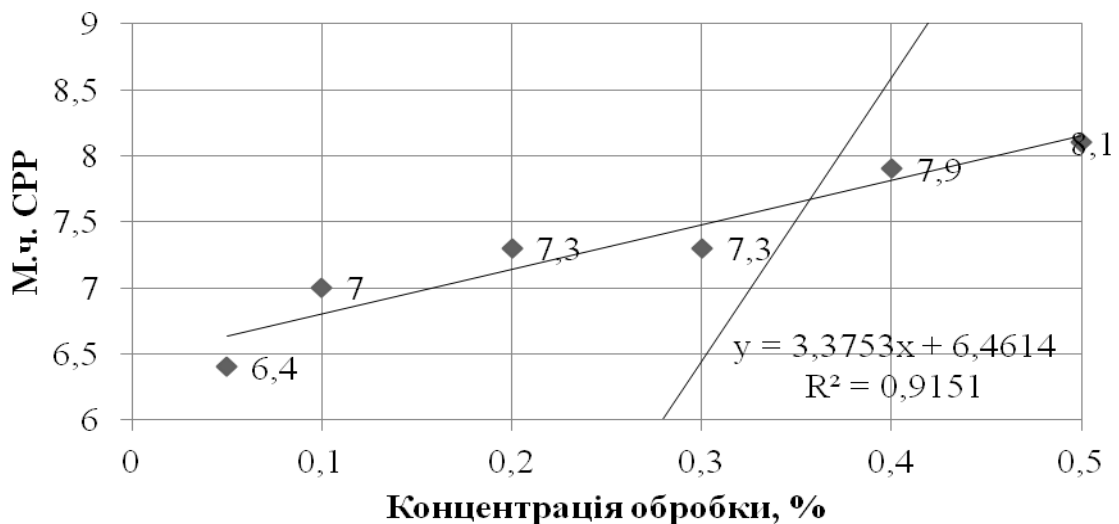


Рис. 3.11. Залежність масової частки розчинних сухих речовин від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі)

На шосту добу зберігання ягід з вільним доступом повітря у зразку з концентрацією обробки 0,05% та зразку без обробки зафіксований однаковий результат (8,0%). Надалі різниця показників між цими двома зразками за обох способів холодильного зберігання була не суттєвою (0,2 – 0,4%), що може свідчити про недоцільність використання даної концентрації. Виявлено, що найменші зміни масової частки СРР були у зразках з концентрацією обробки 0,4% та 0,5%

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між масовою часткою розчинних сухих речовин та концентрацією обробки хітозаном ($r=0,98$) та ($r=0,95$). Застосування їстівного хітозанового покриття концентрацією від 0,2% дає можливість сповільнити небажані фізіологічні зміни, які призводять до втрат СРР.

Інтенсивність дихання основний показник обмінних процесів у ягодах. Це домінуючий показник уповільнення якого дозволяє подовжити термін зберігання плодів [2]. Попередня обробка ягід суниці перед закладанням на зберігання сприяє зниженню дихальної активності (рис. 3,12, 3,13).

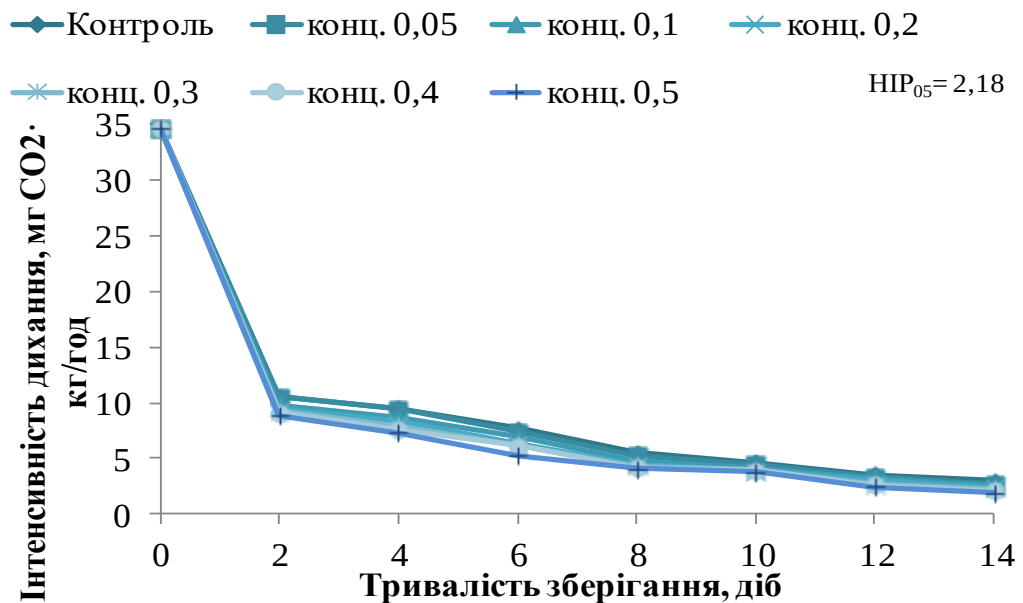


Рис. 3.12. Зміна інтенсивності дихання ягід суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.)

Фізичний ефект дії хітозану полягає у тому, що на поверхні ягід суниці утворюється тонка прозора плівка, яка сповільнює газообмін.

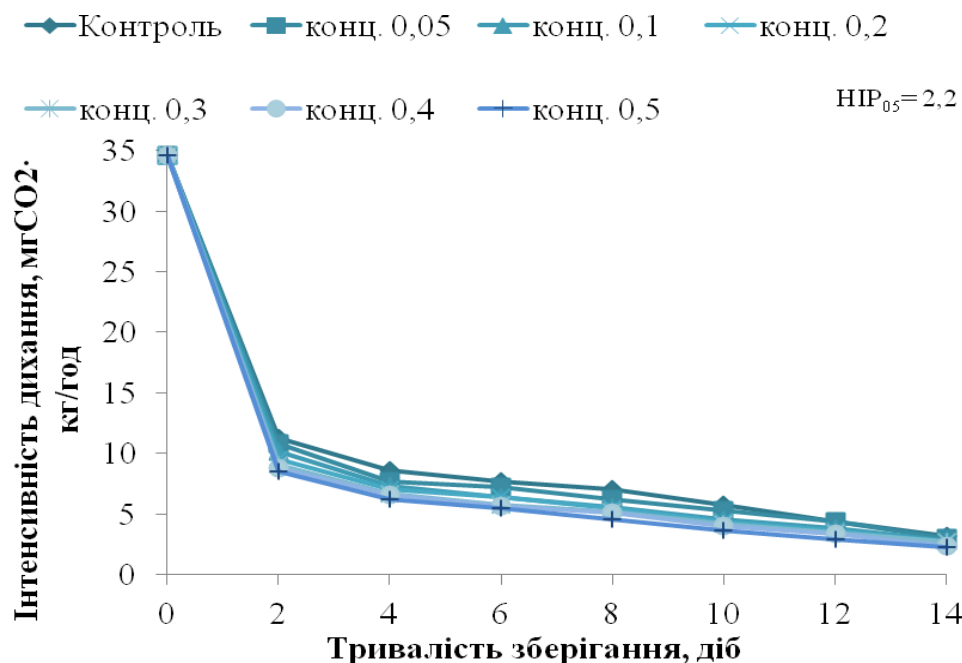


Рис. 3.13. Зміна інтенсивності дихання ягід суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі (2018 – 2020 рр.).

Дихальний газообмін ягід суниці активно продовжується після відривання їх від материнської рослини, що негативно впливає на якість та тривалість зберігання.

Середня інтенсивність дихання свіжих ягід суниці становила 34,6 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$. На другу добу зберігання показник різко знизився не залежно від концентрації обробки та способу зберігання та коливався в межах 8,9 – 10,5 та 8,5 – 11,3 мг $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$. Цьому сприяло значне зниження температури до 0 ± 2 °C. При подальшому зберіганні показники продовжували поступово знижуватись. У варіанті обробленому 0,5% розчином хітозану інтенсивність дихання була найменша і на восьму добу становила 5,3 $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$ при зберіганні з вільним доступом повітря та 4,6 $\text{CO}_2 \cdot \text{кг/год}$ у модифікованому газовому середовищі, що на 2,4 та 1,4 менше від контролю.

Інтенсивність дихання залежала і від концентрації обробки ягід хітозаном (рис. 3,14, 3,15).

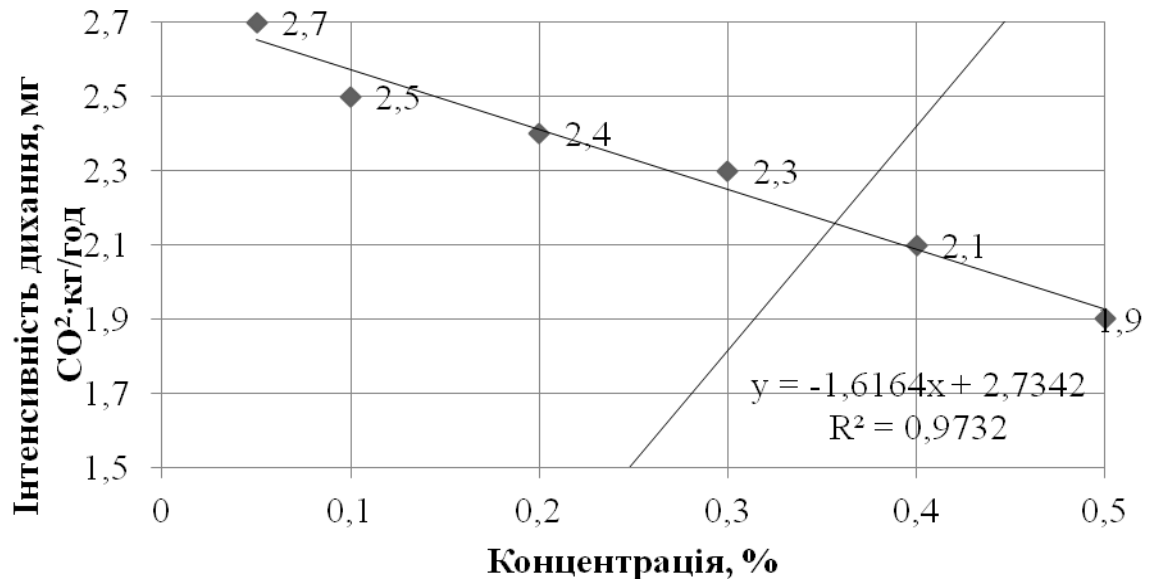


Рис. 3.14. Залежність інтенсивності дихання ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

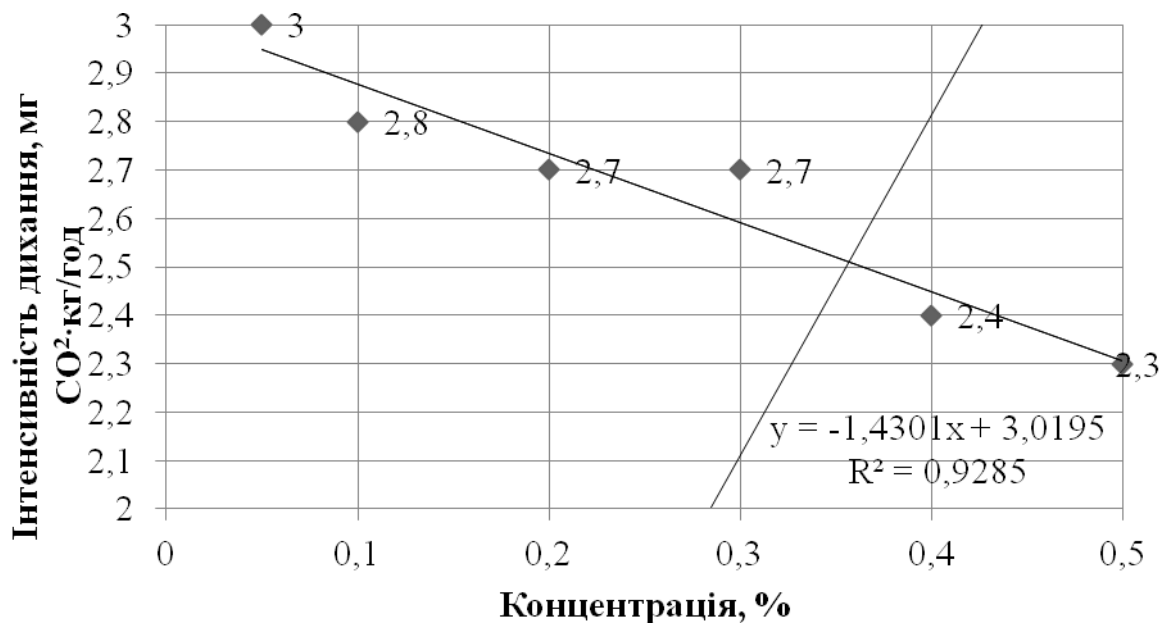


Рис. 3.15. Залежність інтенсивності дихання ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі)

Кореляційний аналіз отриманих результатів показав, що між інтенсивністю дихання та концентрацією обробки хітозаном спостерігається сильний зв'язок ($r=0,98$) та ($r=0,96$). Це доводить ефективність застосування хітозану, як плівкоутворювальної речовини в якості інгібітора дихальних процесів, які відбуваються у ягодах суниці під час зберігання.

Органічні кислоти у ягодах суниці представлені лимонною, яблучною, хінною, саліциловою, фосфорною, бурштиною, шікімовою та гліколевою кислотами [3].

Під час зберігання ягід суниці спостерігається тенденція до втрат органічних кислот, які найбільше задіяні у процесі дихання. Попередня обробка ягід суниці хітозаном зменшила інтенсивність дихання, тим самим сповільнила втрати органічних кислот на 0,15 – 0,19 % від контролю (рис. 3.16, 3.17).

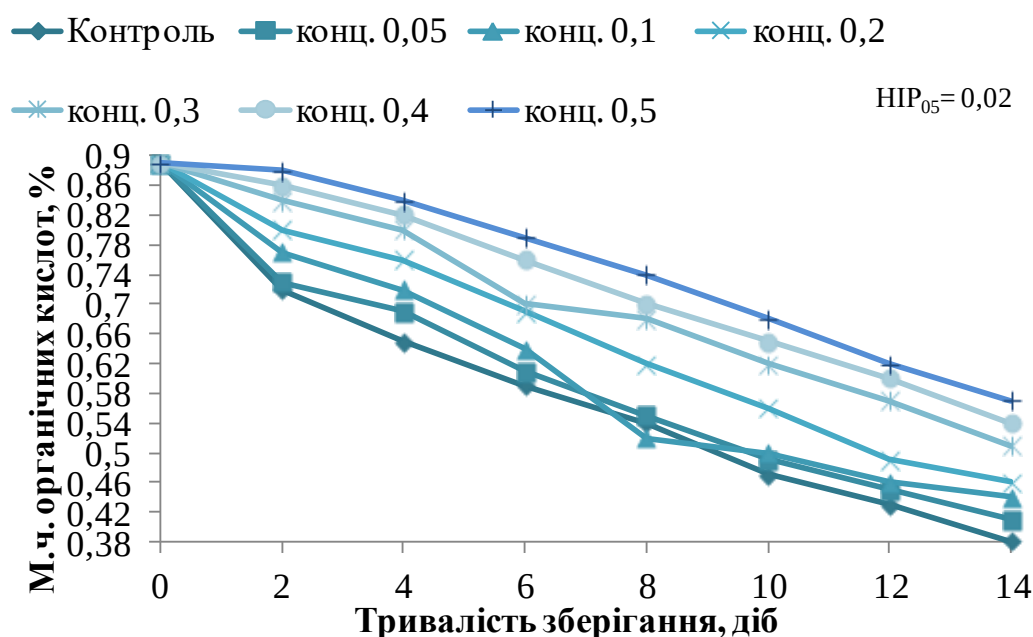


Рис. 3.16. Зміна масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.).

На другу добу найбільший відсоток органічних кислот (0,88%) виявлено у зразку з концентрацією обробки 0,5% за обох способів зберігання.

На четверту добу зберігання спостерігається значне зниження вмісту органічних кислот у ягодах суниці, які зберігали з вільним доступом повітря, проте у зразках, які знаходились у модифікованому газовому середовищі відмічається стабілізація динаміки втрат. На восьму добу зберігання ягід у холодильній камері з вільним доступом повітря найменший вміст органічних кислот (0,50) зафіксований у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,1%.

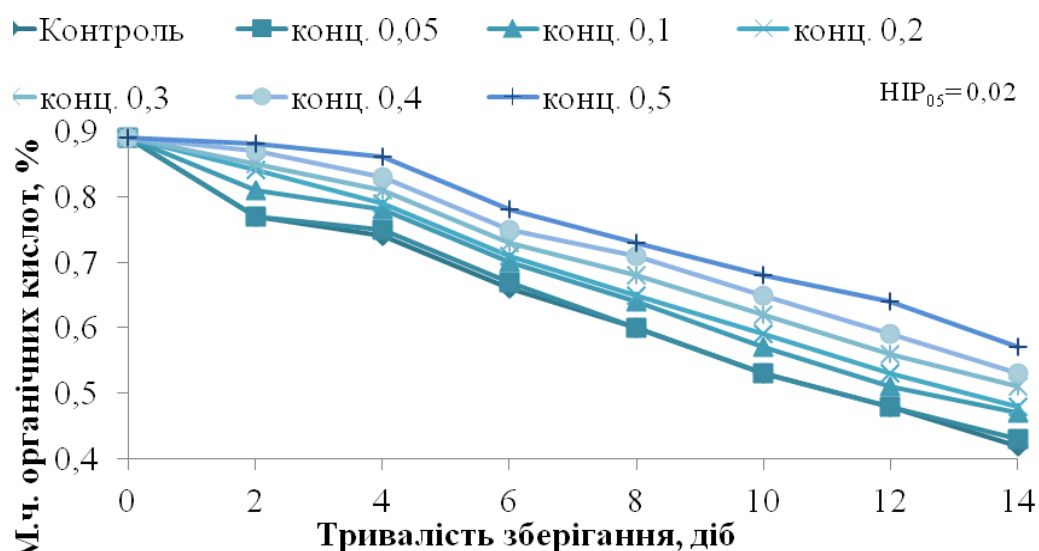


Рис. 3.17. Зміна масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час холодильного зберігання у МГС (2018 – 2020 рр.)

На початку і до кінця терміну зберігання найкращий результат спостерігався у варіанті із найбільшою концентрацією обробки, що доводить ефективність її застосування.

Збільшення концентрації хітозаном забезпечило підвищення вмісту масової частки органічних кислот як з вільним доступом повітря (рис. 3.18), так і у модифікованому газовому середовищі (рис. 3.19).

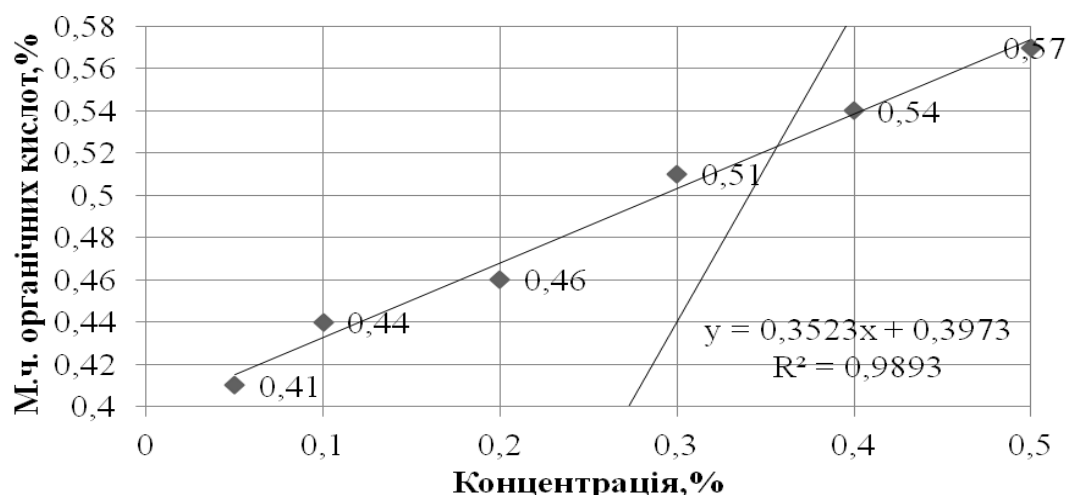


Рис. 3.18. Залежність масової частки органічних кислот у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між масовою часткою органічних кислот та концентрацією обробки ($r=0,99$) та ($r=0,98$).

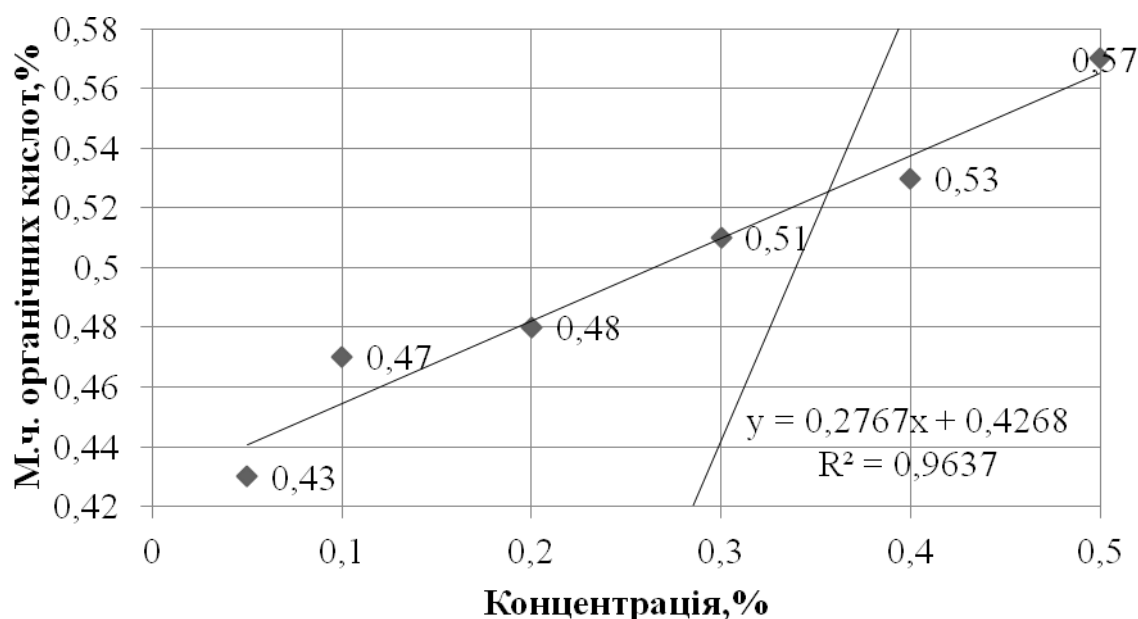


Рис. 3.19. Залежність масової частки органічних кислот у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі).

Обробка ягід розчинами хітозану значно зменшує швидкість розкладання органічних кислот.

Як відомо, цукри у ягодах суниці представлені глюкозою, фруктозою та сахарозою [4]. Разом з органічними кислотами цукри беруть участь в окислювальних процесах, тому втрата їх частково зумовлена інтенсивністю дихання.

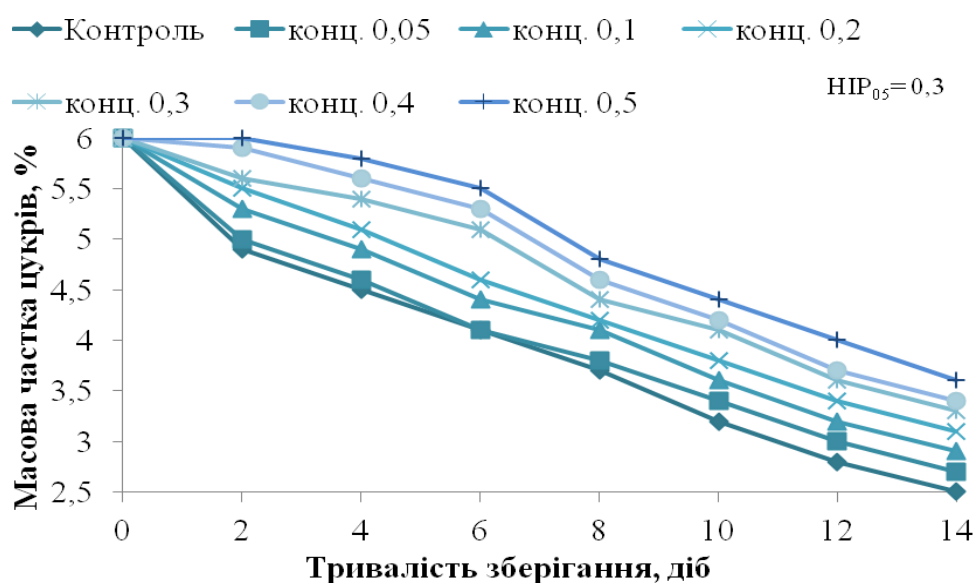


Рис. 3.20. Зміна масової частки цукрів у ягодах суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018-2020 рр.).

За нашими дослідженнями встановлено, що попередня обробка ягід суниці розчином хітозану суттєво впливає на зміни вмісту цукрів, які відбуваються під час зберігання. Це пояснюється тим, що хітозан сповільнює дихальні процеси в ягодах, які зумовлюють значні втрати цукрів.

Встановлено, що середній вміст цукрів у свіжозібраних ягодах суниці становив 6,0%. Протягом всього періоду зберігання виявлені значні втрати цукрів у контрольних зразках.

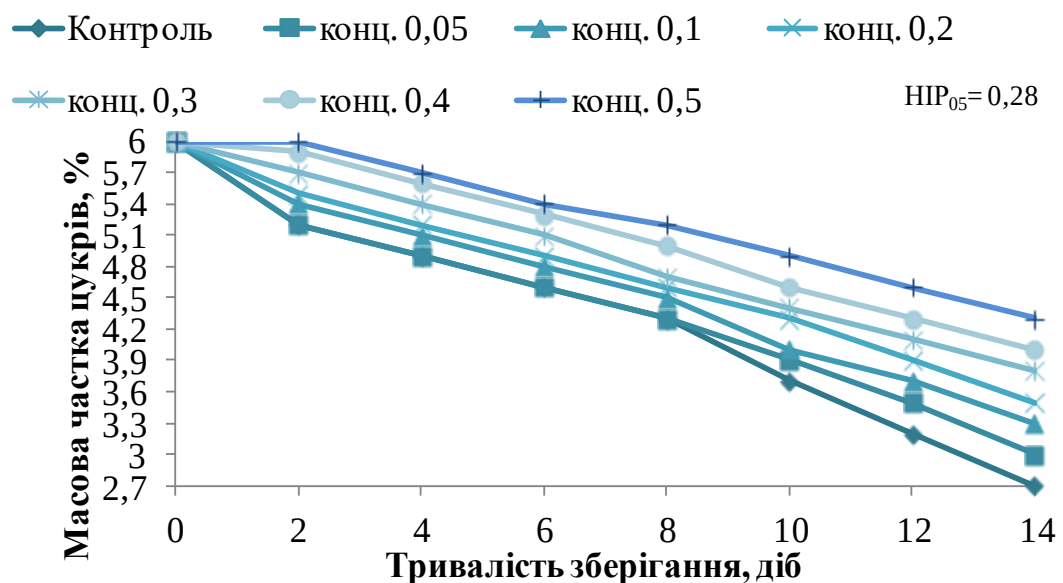


Рис. 3.21. Зміна масової частки цукрів у ягодах суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі. (2018 – 2020 рр.).

На другу добу зберігання спостерігалось різке зниження масової частки цукрів у контрольних варіантах (5,2%) та (4,9%) і в зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05% (5,0%) та (5,2%). При зберіганні ягід суниці у МГС від початку і до восьмої доби значення для контролю та зразка з мінімальною концентрацією обробки було однаковим.

До кінця терміну зберігання вміст цукрів у ягодах поступово знижувався і на чотирнадцяту добу коливався в межах 2,7 – 4,3% у зразках з вільним доступом повітря та 2,5 – 3,6 у модифікованому газовому середовищі.

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між вмістом цукрів у ягодах суниці та концентрацією попередньої обробки хітозаном ($r=0,99$) та ($r=0,98$) (рис.3.22, 3.23).

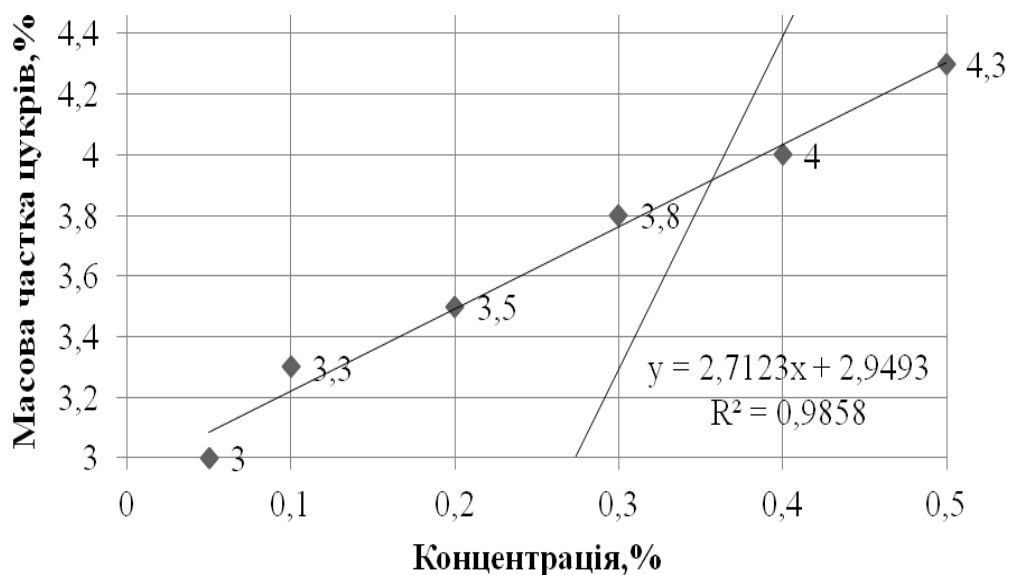


Рис. 3.22. Залежність масової частки цукрів у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

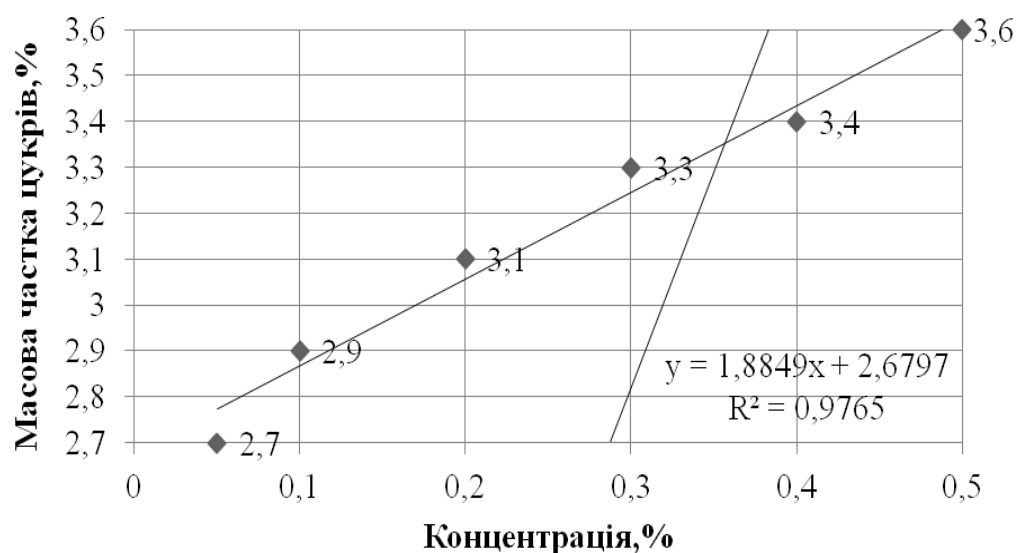


Рис. 3.23. Залежність масової частки цукрів у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі)

Інтенсивність використання цукрів у фізіолого-біохімічних процесах, які відбувалися під час зберігання оброблених ягід суниці була значно нижчою порівняно з контролем внаслідок сповільнення дихальної активності.

Вітамінну цінність ягід суниці, як правило, визначає вміст аскорбінової кислоти. Вміст вітаміну С залежить в основному від сорту та ґрунтово-кліматичних умов.

Аскорбінова кислота – нестійка сполука, яка легко окислюється під час зберігання [6]. На її розпад впливає безліч факторів, основними з яких є світло, температура та попередня обробка.

За роки досліджень встановлено, що середній вміст аскорбінової кислоти у ягодах суниці сорту Дукат становить 65,1 мг/100 г. Залежно від терміну холодильного зберігання він знижувався як за вільного доступу повітря (рис. 3.24), так і у модифікованому газовому середовищі (рис. 3.25).

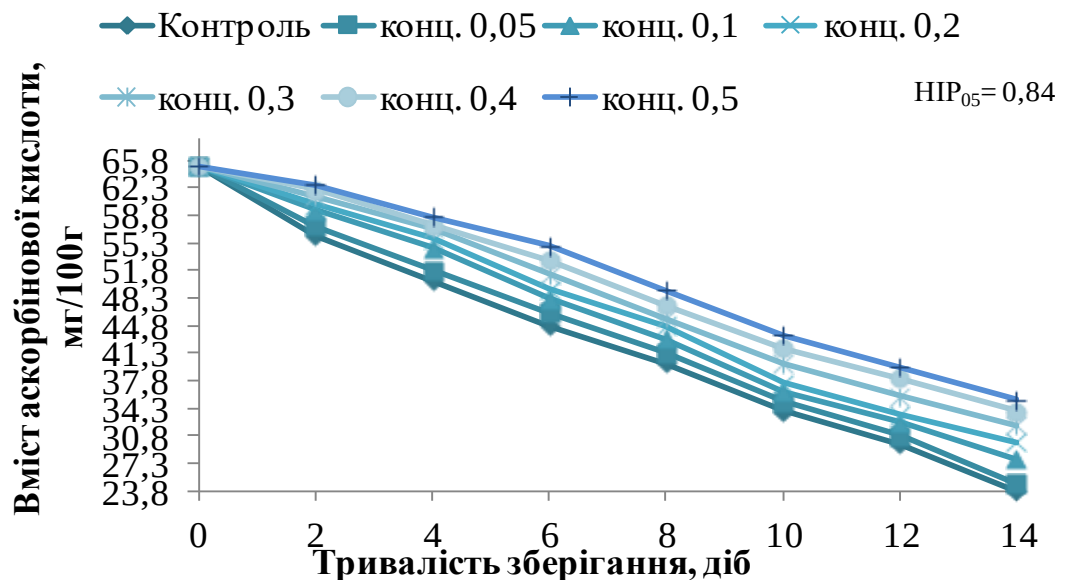


Рис. 3.24. Зміна вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.).

Досліджено, що вміст аскорбінової кислоти у ягодах суниці стрімко знижувався і на четверту добу коливався в межах 50,6 – 58,7 мг/100 г та 49,5 – 60,2 мг/100 г залежно від способу зберігання. Наприкінці зберігання найбільший вміст аскорбінової кислоти зафіксований у зразках з концентрацією обробки 0,5% (35,4 мг/100г) та (37,8 мг/100г), що на 11,6 та 11,4 більше від контролю.

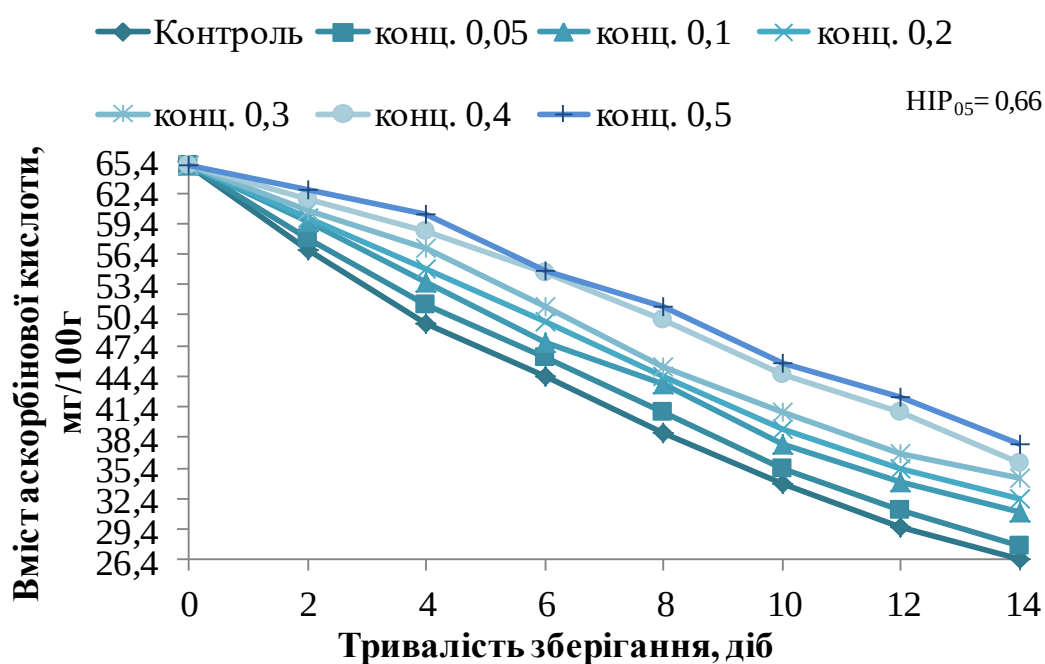


Рис. 3.25. Зміна вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі (2018 – 2020 рр.).

Темпи зниження аскорбінової кислоти у оброблених ягодах були більш повільнішими ніж в контролі (рис. 3,26; 3,27).

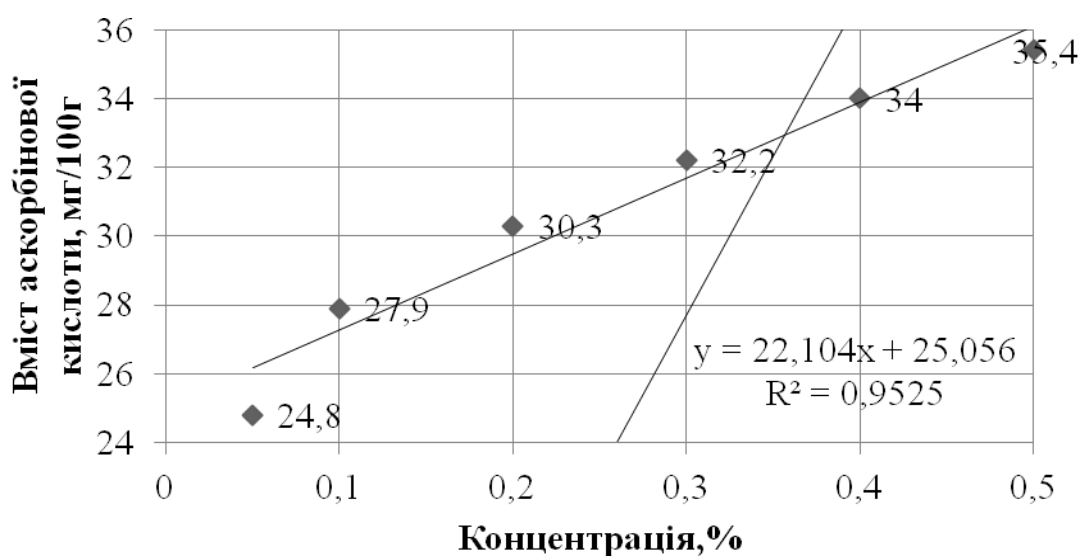


Рис. 3.26. Залежність вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

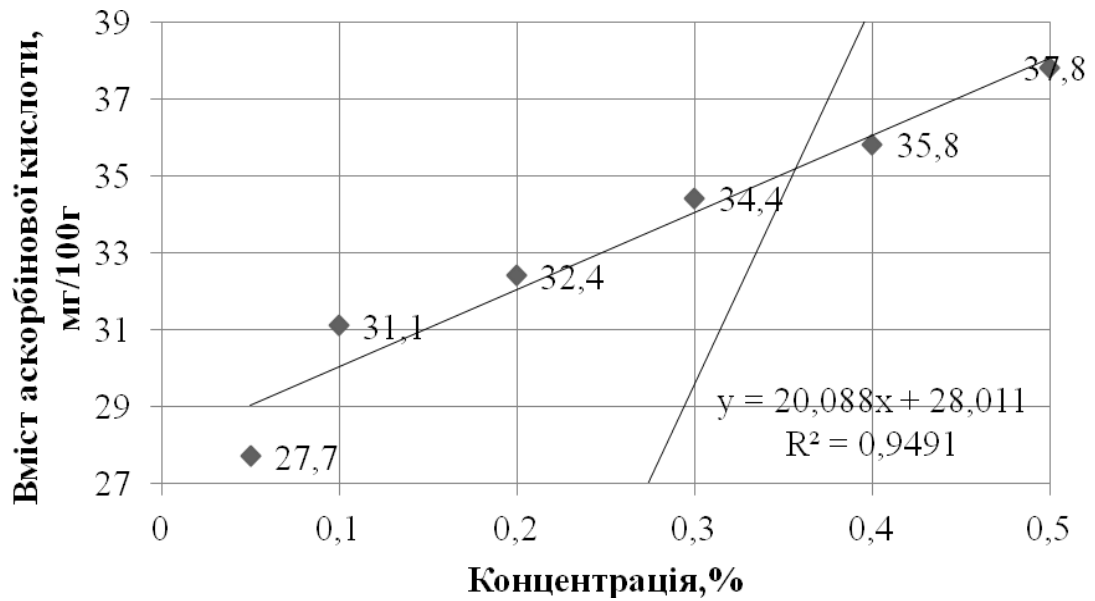


Рис. 3.27. Залежність вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі)

Із збільшенням концентрації обробки хітозаном втрата вмісту аскорбінової кислоти сповільнювалась, що підтверджено сильною прямою кореляційною залежністю ($r=0,99$) та ($r=0,98$).

Активна кислотність ягід – важлива їх характеристика, оскільки вона впливає на життєдіяльність мікрофлори. Кислий смак фруктово-овочевої продукції обумовлений іонами водню, які утворюються в результаті електролітичної дисоціації кислот та кислих солей. Активність іонів водню характеризується показником рН [7].

Встановлено, що середній рівень рН у свіжих ягодах суниці становить 3,2. Під час зберігання активна кислотність зменшувалась залежно від терміну і способу зберігання (рис.3,28; 3,29). Уже на другу добу показник збільшився на 0,2 – 0,4 та 0,1 – 0,3 залежно від способу зберігання. На восьму добу зберігання найменший рівень рН спостерігався у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,5 % (3,8) та (3,6), що на 0,5 та 0,4 менше від контролю.

Наприкінці зберігання кислотність ягід суниці коливалась в межах 4,2 – 4,8 у зразках, які зберігались з вільним доступом повітря та 4,0 – 4,5 у модифікованому газовому середовищі.

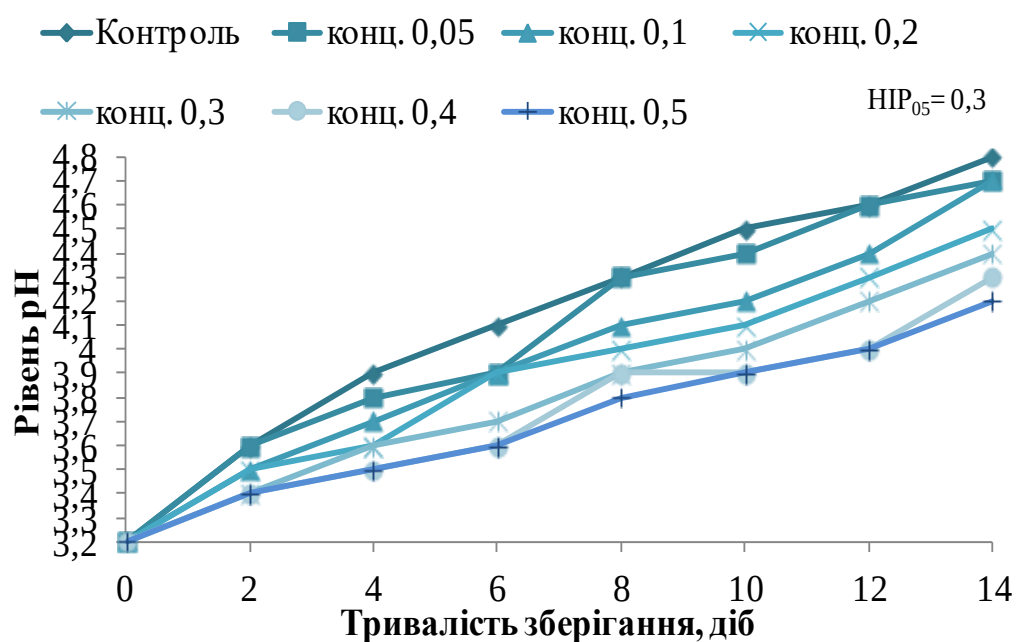


Рис. 3.28. Зміна рівня рН ягід суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр.)

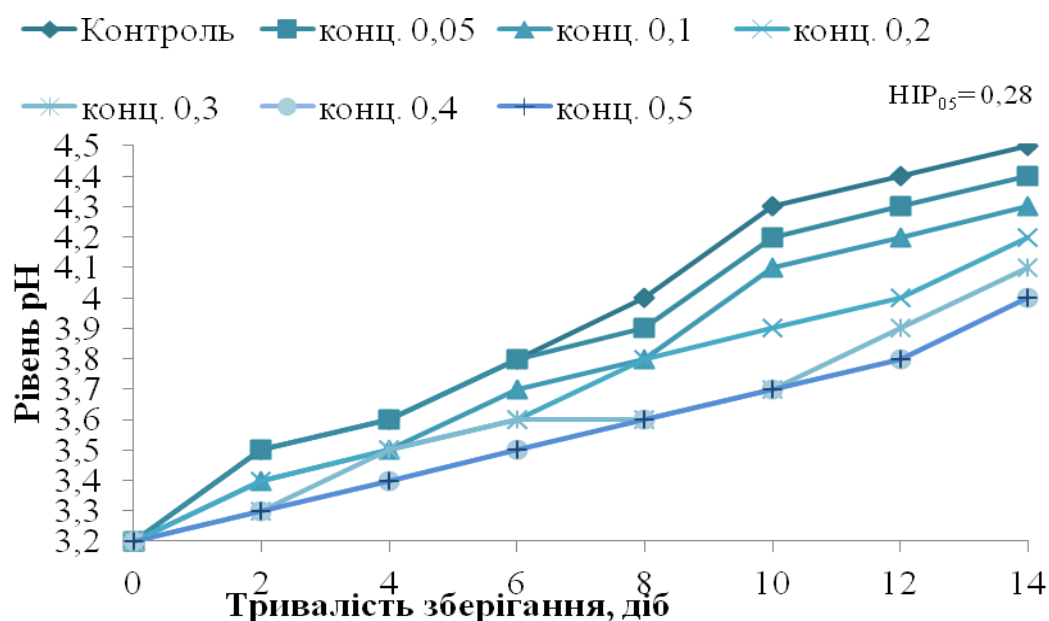


Рис. 3.29. Зміна рівня рН ягід суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі (2018 – 2020 рр.)

Встановлено сильну обернену кореляційну залежність між рівнем рН та концентрацією розчину хітозану ($r = -0,99$) та ($r = -0,97$) (рис.3.30; 3.31).

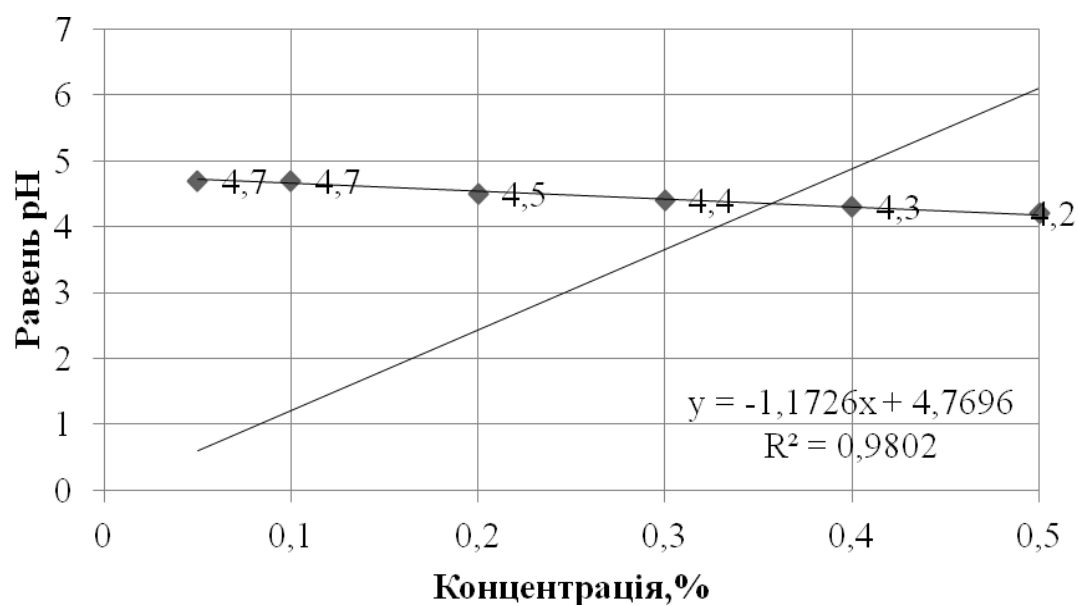


Рис. 3.30. Залежність рівня рН ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

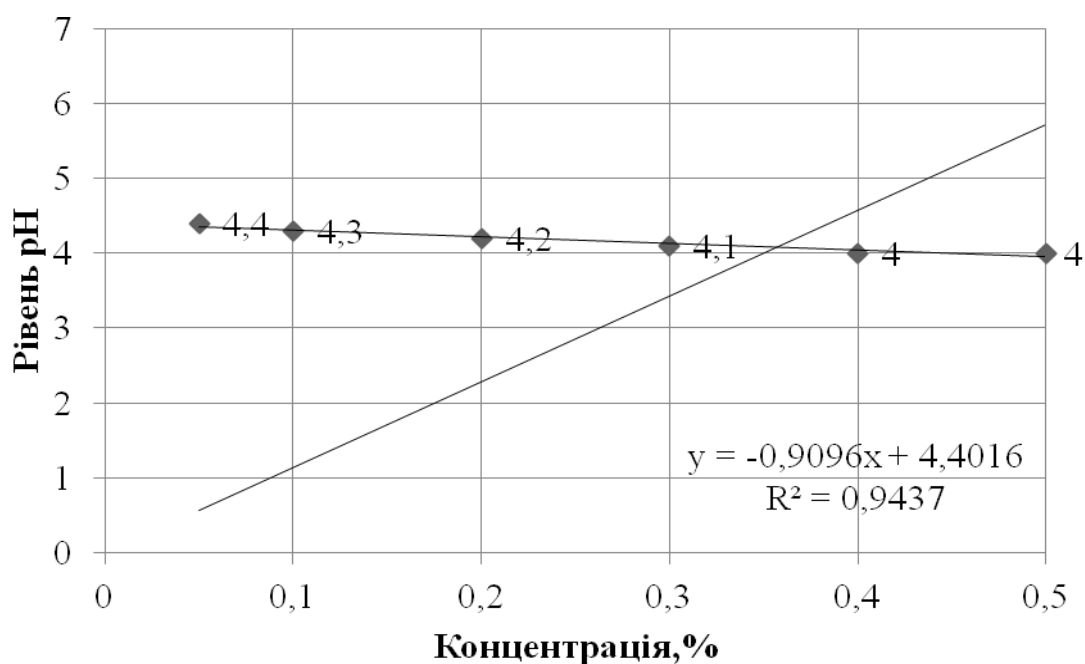


Рис. 3.31. Залежність рівня рН ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (у модифікованому газовому середовищі)

Аналіз результатів досліджень доводить, що хітозан здатний сповільнювати ріст рівня рН

Щільність тканин – показник споживчої стиглості (ступеня зрілості) плодів. Вона залежить від сорту, розміру плодів та погодніх умов під час вирощування. Висока щільність сприяє кращому зберіганню та транспортуванню плодовоягідної сировини [8]. Під час зберігання щільність тканин значно зменшувалась і в середині терміну зберігання (6 доба) коливалась в межах 0,24 – 0,28 кг/см² в оброблених ягодах, які знаходились за умов вільного доступу повітря та 0,25 – 0,28 кг/см² у модифікованому газовому середовищі (рис. 3.32, 3.33).

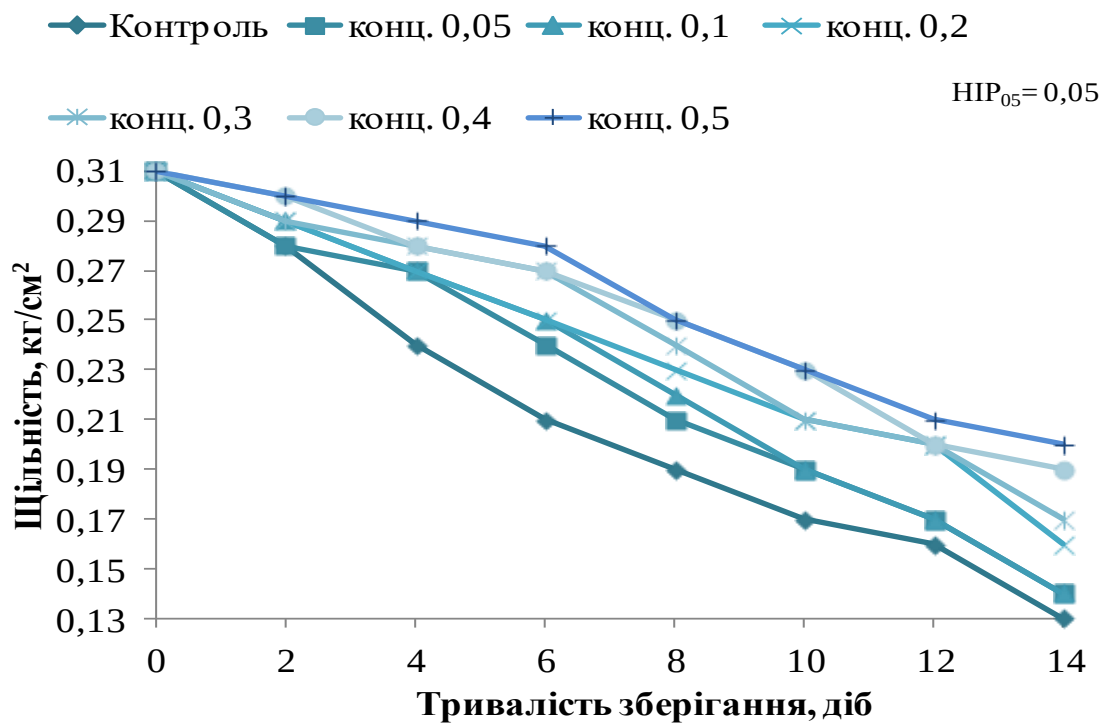


Рис. 3.32. Зміна щільності тканин ягід суниці під час холодильного зберігання з вільним доступом повітря (2018 – 2020 рр).

Під час досягання тканини ягід поступово розмякшуються, а при частих дощах стають тонкими та вразливими до механічних пошкоджень.

Досліджено, що середня щільність свіжих ягід суниці після збору врожаю становила 0,30 кг/см².

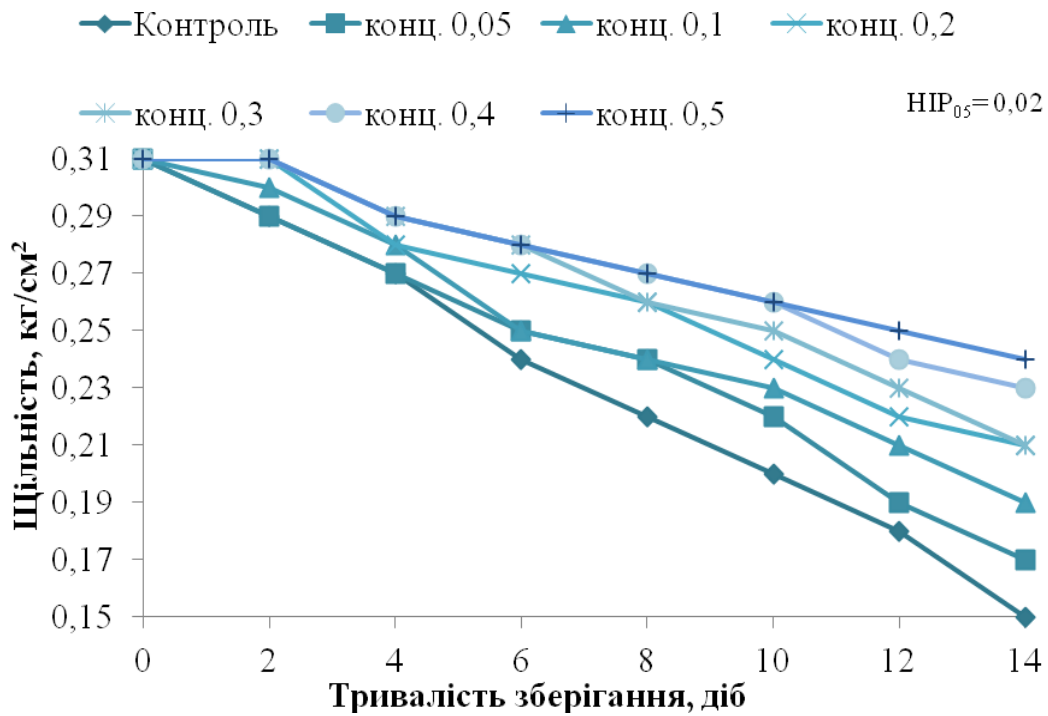


Рис. 3.33. Зміна щільності тканин ягід суниці під час холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі. (2018 – 2020 рр.)

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між щільністю тканин ягід суниці та концентрацією обробки хітозаном ($r = 0,99$) та ($r = 0,96$) (рис. 3,34; 3,35).

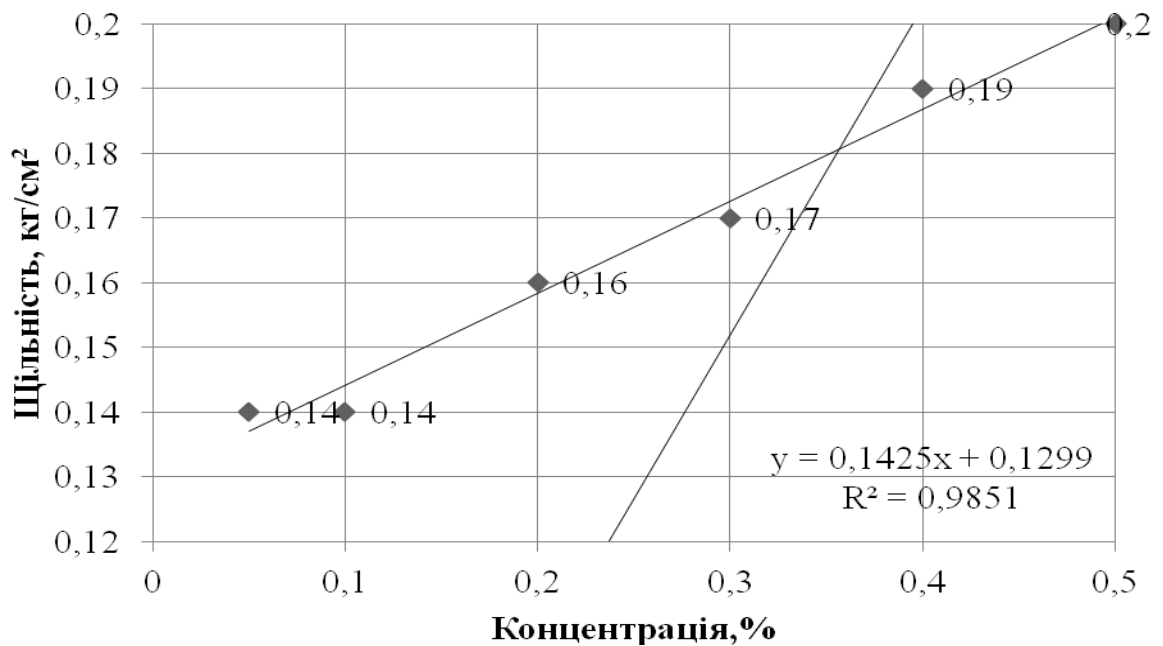


Рис. 3.34. Залежність щільності тканин ягід суниці від концентрації обробки хітозаном (з вільним доступом повітря)

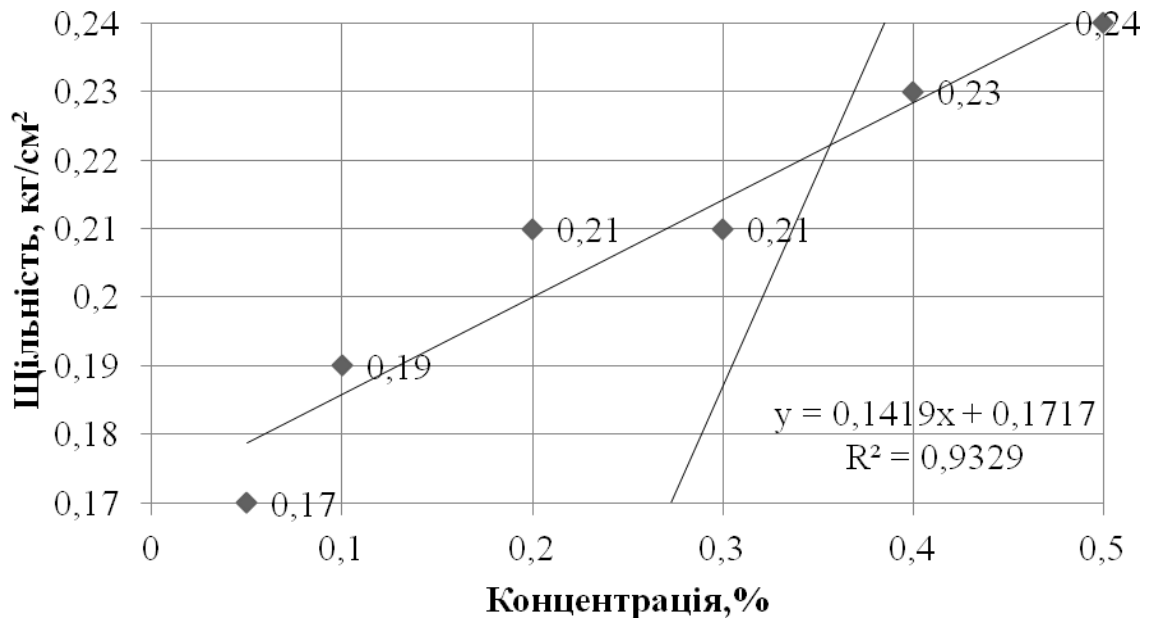


Рис. 3.35. Залежність щільності тканин ягід суниці від концентрації обробки хітозаном: (у модифікованому газовому середовищі)

У ягодах без обробки показник становив 0,21 та 0,24 кг/см². Наприкінці терміну зберігання суниці щільність оброблених ягід знаходилася в межах 0,14 – 0,20 кг/см² та 0,17 – 0,24 кг/см² залежно від способу зберігання, що на 0,01 – 0,07 та 0,02 – 0,09 кг/см² більше ніж в контролі. Аналіз результатів дослідження показав, що попередня обробка ягід суниці розчинами хітозану має сильний вплив на збереженість щільності тканин. Із збільшенням концентрації розчину показник знижувався повільніше.

Етиловий спирт – сильний розчинник, завдяки чому всі біохімічні процеси прискорюються. Утворення його у ягодах суниці під час зберігання відбувається внаслідок недостатньої кількості кисню, коли ягоди переходять до анаеробного дихання [6].

Найбільший вміст етилового спирту спостерігався у зразках, які зберігали у модифікованому газовому середовищі 0,68 – 0,85% в оброблених ягодах та 0,88% у контролі (рис. 3.36).

У зразках, які зберігалися з вільним доступом повітря вміст етилового спирту не перевищував 0,05 – 0,18%.

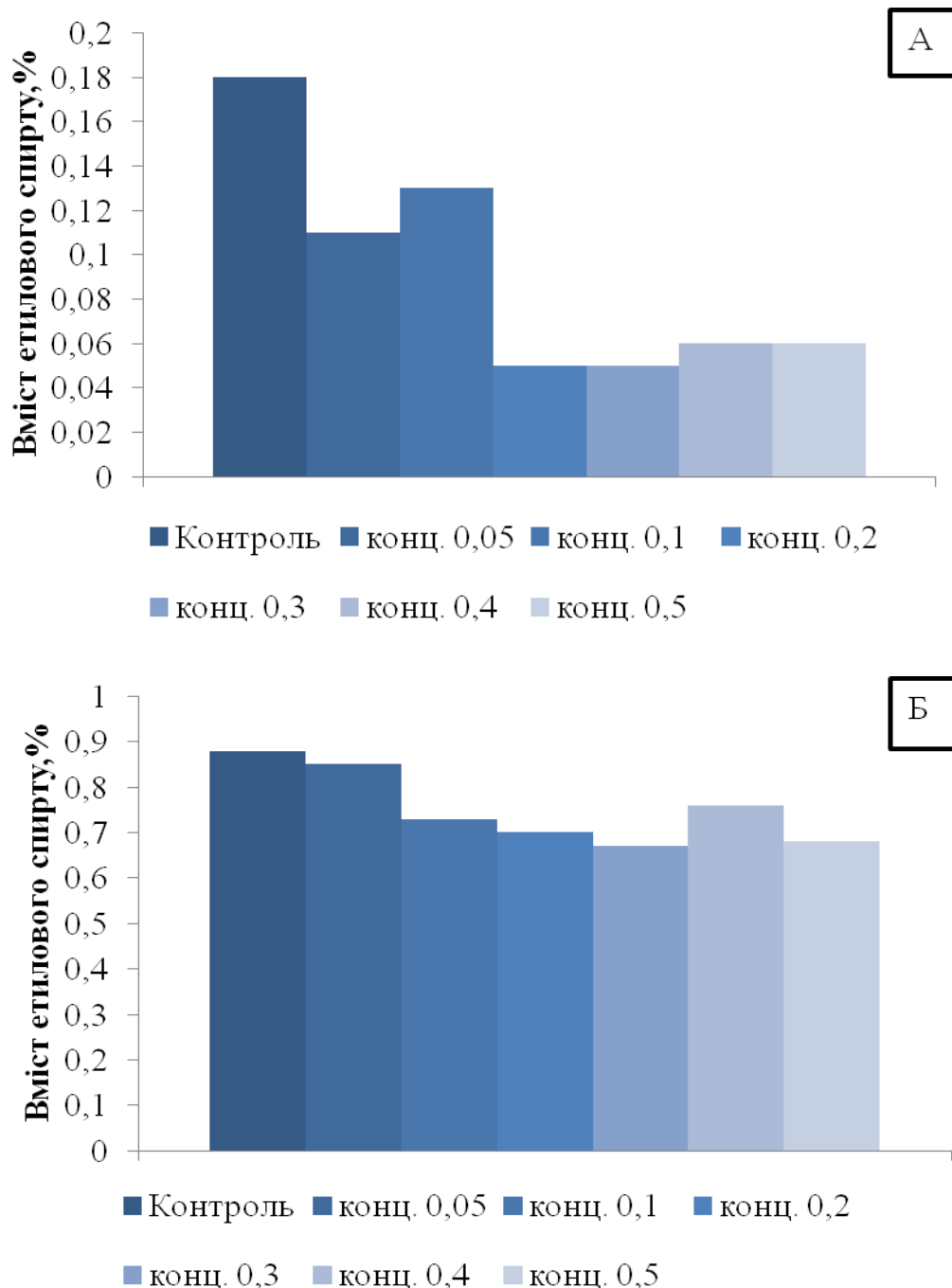


Рис. 3.36. Вміст етилового спирту у ягодах суниці після зберігання (2018 – 2020 рр.): А – з вільним доступом повітря; Б – у модифікованому газовому середовищі.

Встановлено, що після чотирнадцяти діб зберігання у ягодах суниці відбулось накопичення оцтового альдегіду (рис. 3.37). Це свідчить про створення в середовищі зберігання анаеробних умов.

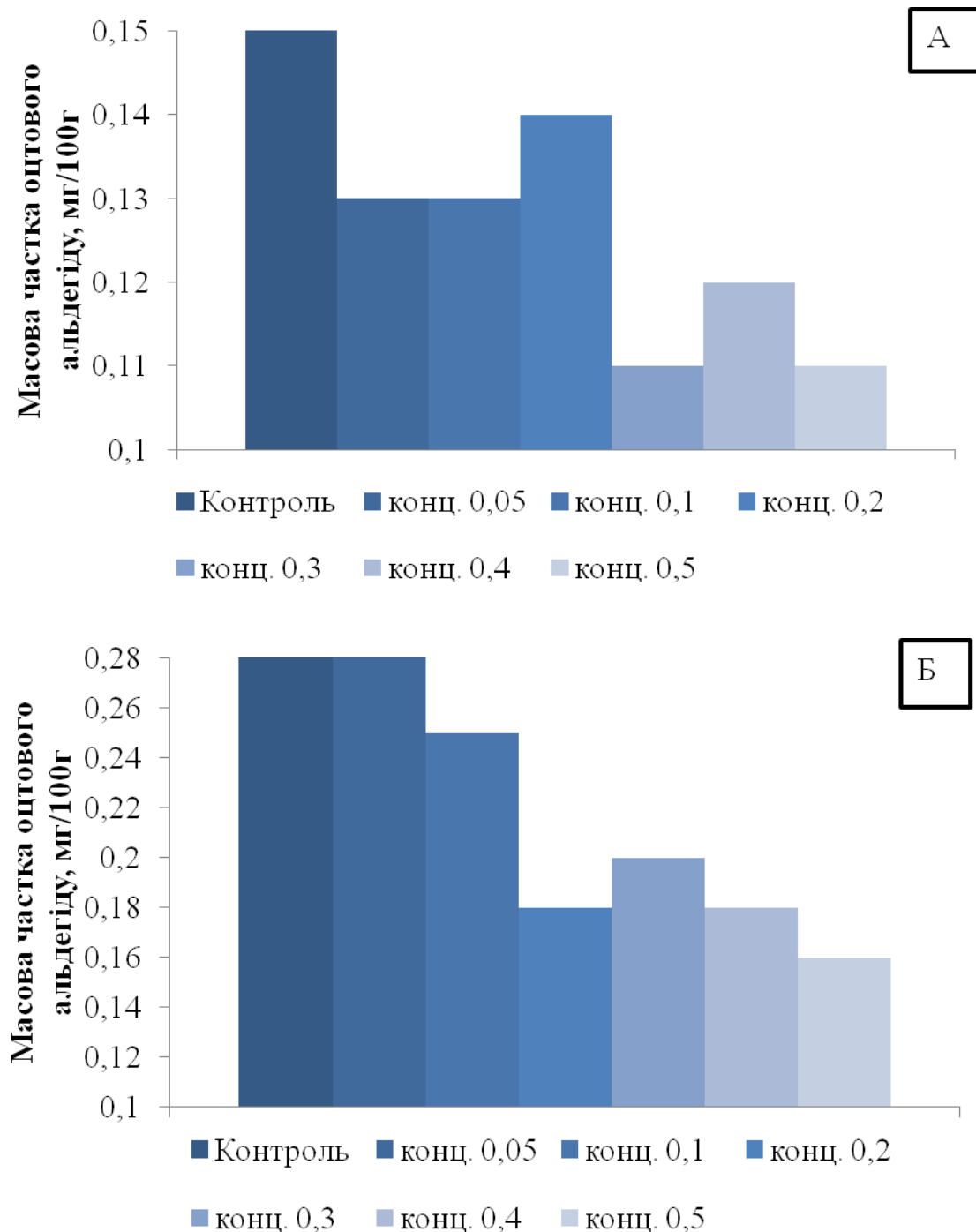


Рис. 3.37. Вміст оцтового альдегіду у ягодах суниці після зберігання (2018 – 2020 рр.): А – з вільним доступом повітря; Б – у модифікованому газовому середовищі.

Виявлено, що у зразках, які зберігали в модифікованому газовому середовищі масова частка оцтового альдегіду була більшою. Показник

коливався в межах 0,11 – 0,15 мг/100г при зберіганні ягід з вільним доступом повітря та 0,16 – 0,28 у МГС.

Встановлено, що попередня обробка ягід суниці розчинами хітозану покращувала органолептичні властивості (рис. 3.38), сприяючи кращому збереженню кольору, щільності тканин та смаку.

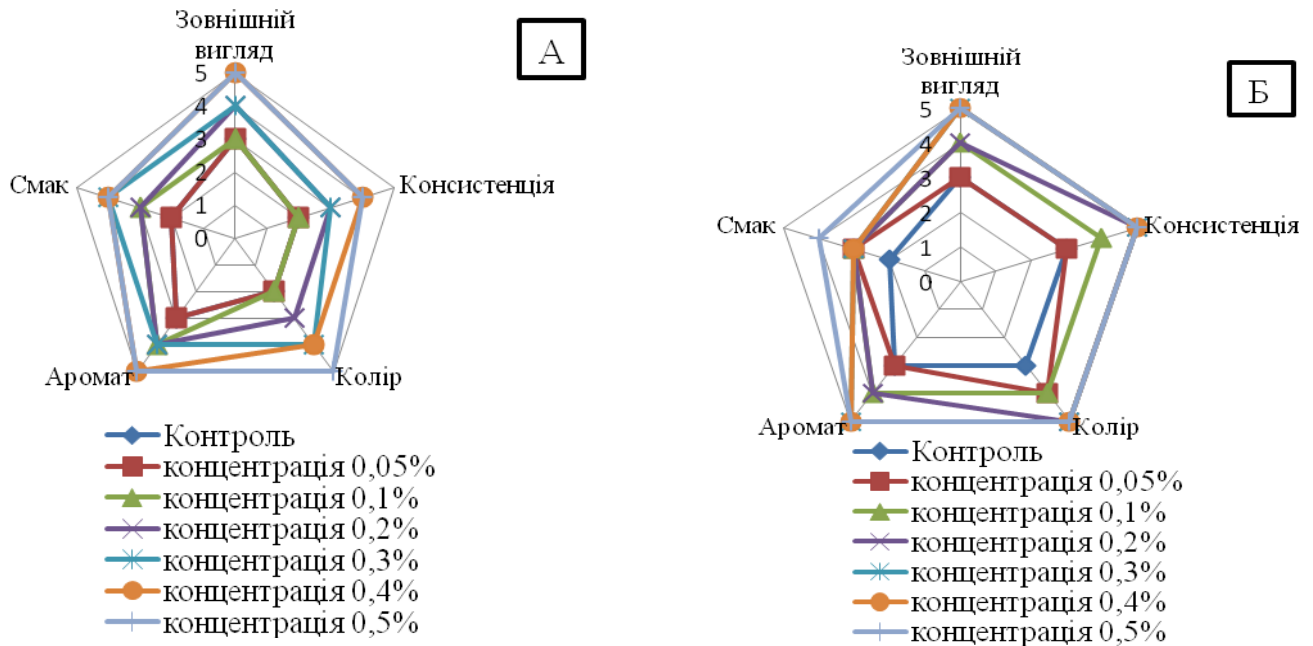


Рис. 3.38. Органолептична оцінка ягід суниці після зберігання (2018 – 2020 рр.): А – з вільним доступом повітря; Б – у модифікованому газовому середовищі.

Органолептична оцінка – один із найважливіших показників якості продукції.

Потенційний покупець, в першу чергу, звертає увагу саме на зовнішній вигляд товару, його колір, аромат та консистенцію. Збереження природної привабливості ягід складний процес, адже під час та зберігання неминучим є зміна кольору, втрата пружності та аромату.

У контрольному варіанті зафіксовані прискорені темпи втрат якості ягід суниці. Варіант із концентрацією обробки хітозаном 0,5% визнано найкращим для збереження органолептичних властивостей ягід суниці.

Блиск – характерна ознака свіжості ягідної продукції. Втрата його призводить до погіршення товарних властивостей товару, що призводить до зниження ціни реалізації.

Під час зберігання ягід суниці зафіксовані швидкі темпи втрат блиску саме у контрольному варіанті (табл. 3.1).

Таблиця 3.1.

Зміни ступеня блиску ягід суниці до зберігання та під час зберігання в охолоджену стані (2018 – 2020 рр.)

Концентрація обробки, %	Ступінь блиску, бал					
	З вільним доступом повітря			У модифікованому ГС		
	До зберігання	В середині терміну зберігання (7 доба)	В кінці зберігання (14 доба)	До зберігання	В середині терміну зберігання (7 доба)	В кінці зберігання (14 доба)
Контроль	5	2	1	5	3	1
0,05	5	4	2	5	4	2
0,1	5	5	2	5	5	2
0,2	5	5	3	5	5	4
0,3	5	5	4	5	5	4
0,4	5	5	5	5	5	5
0,5	5	5	5	5	5	5
НІР ₀₅	0,2					

Встановлено, що завдяки плівкоутворювальним властивостям хітозану ягоди мали блискучу глянцеу поверхню, що значно покращувало зовнішній вигляд суниці. Отримані результати досліджень дозволяють рекомендувати попередню обробку ягі суниці розчинами хітозану 0,4% та 0,5% концентрації.

3.3. Зміни фізико-хімічних показників ягід суниці без охолодження за обробки хітозаном

Зберігання ягід в умовах торгового обороту супроводжуються дуже швидкими втратами якості. Це відбувається за рахунок підвищеної

фізіологічної активності, а саме високої інтенсивності дихання, яка в свою чергу призводить до втрат поживних речовин [7].

Під час зберігання ягід за температури 20–22 °С спостерігалось швидке погіршення якості суниці. Критерієм закінчення зберігання була поява на поверхні ягід фітопатогенного пошкодження. Оцінювали ягоди за фізичними показниками. Дослідження проводили кожного дня. Встановлено, що втрата маси залежала як від терміну зберігання, так і від концентрації обробки ягід (рис. 3,39; 3,40).

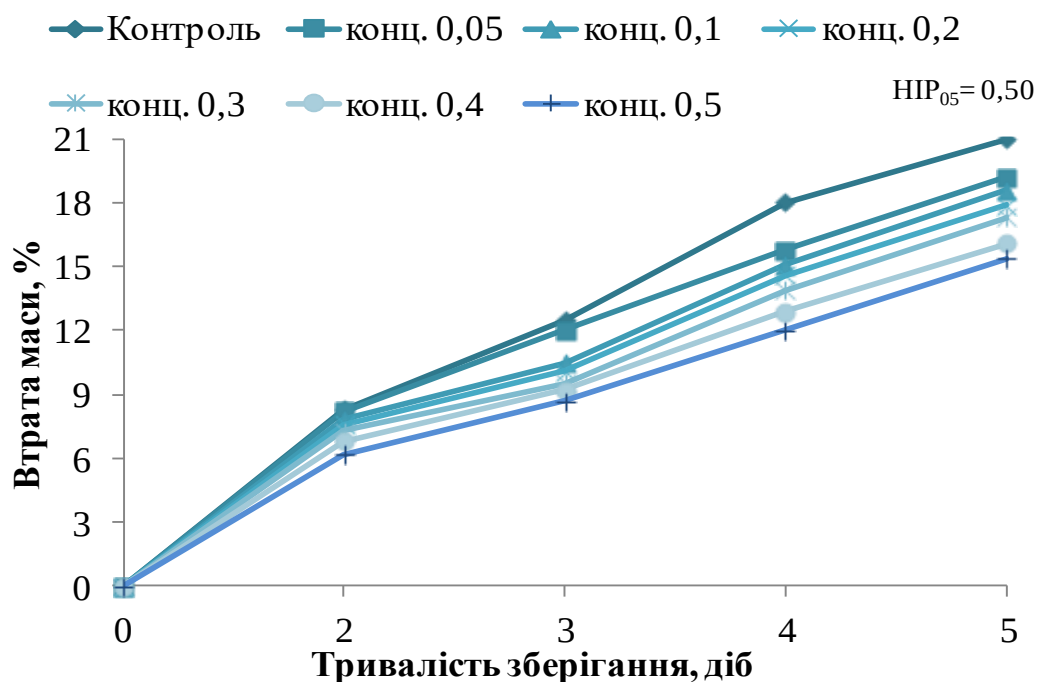


Рис. 3.39. Зміна природних втрат маси ягід суниці під час зберігання без охолодження спосіб обробки обприскування (2018 – 2020 рр.).

Так, на другу добу зберігання ягід без охолодження втрата маси коливалася в межах 6,2 – 8,2% та 6,4 – 8,4% залежно від концентрації обробки та 8,3% та 8,6% у контролі. Протягом наступних діб зберігання показник збільшувався і наприкінці становив 15,4 – 19,2% в оброблених ягодах способом обприскування та 21,0% у контролі і 15,1 – 19,0% у зразках оброблених способом занурення та 20,9% у контролі

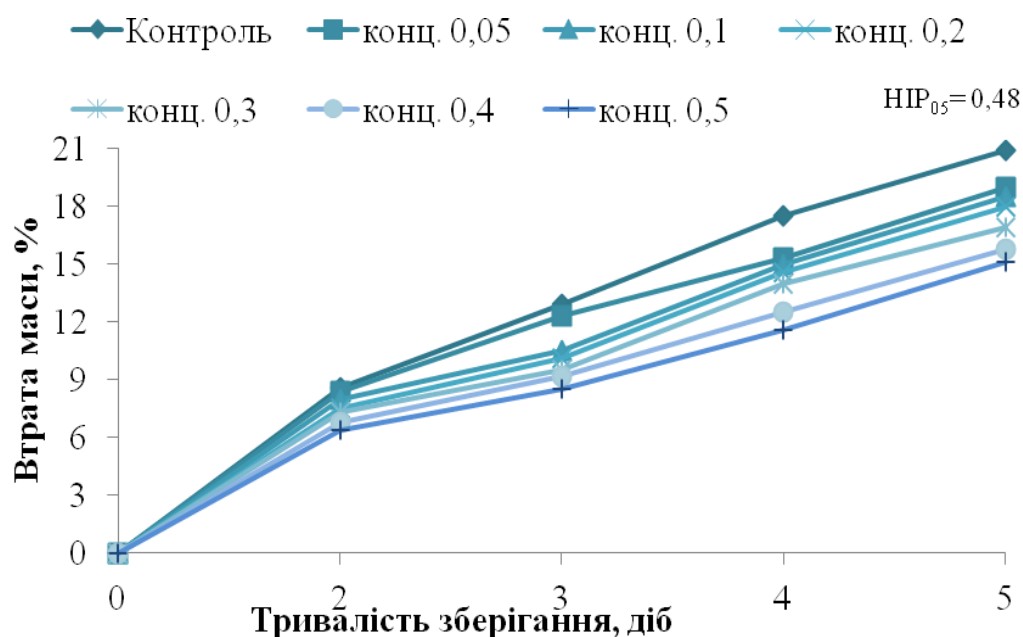


Рис. 3.40. Зміна природних втрат маси ягід суниці під час зберігання без охолодження (2018 – 2020 рр.): спосіб обробки занурення.

Збільшення концентрації обробки сприяло зниженню втрати маси (рис. 3,41; 3,42).

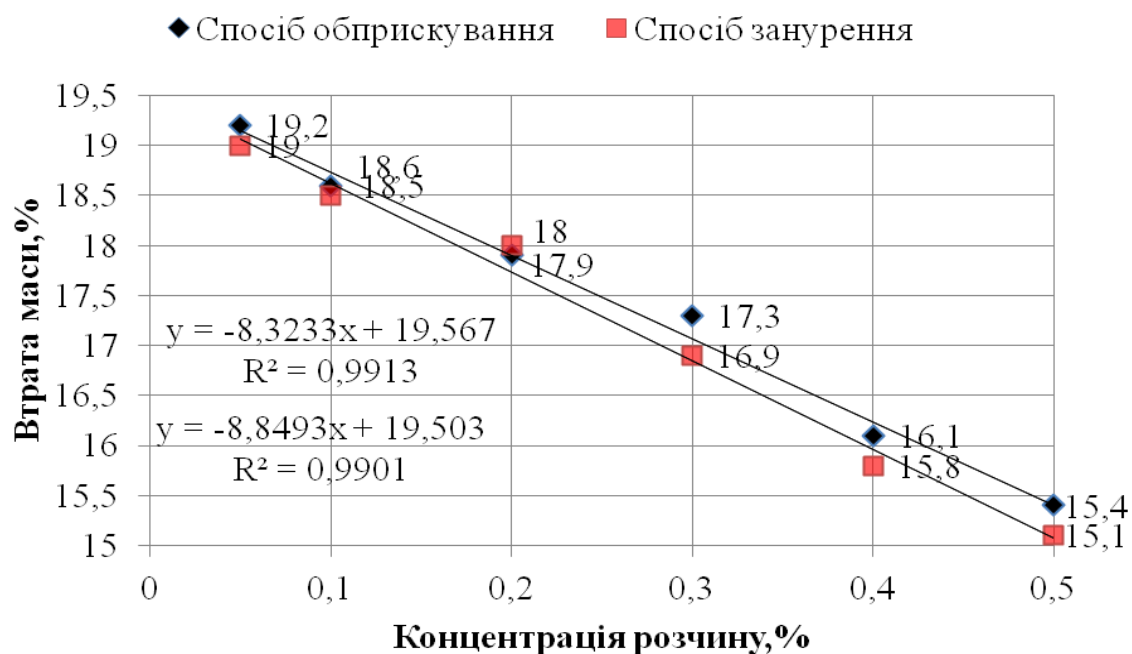


Рис. 3. 41. Залежність втрати маси ягід суниці від концентрації розчину та способу обробки.

Встановлено сильний обернений кореляційний зв'язок між концентрацією обробки та втратою маси ягід суниці ($r = -0,99$).

Із втратою маси знижувалась і щільність тканин ягід. Так, на другу добу зберігання показник зменшився на $0,06 - 0,11$ кг/см² за обох способів обробки (рис. 3.42; 3.43).

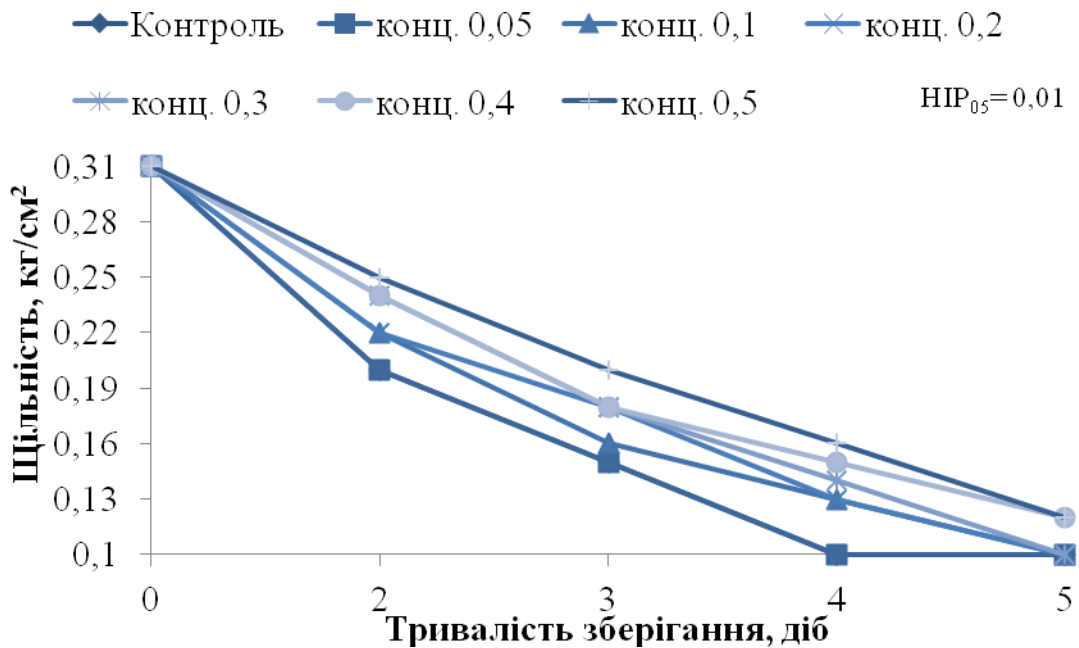


Рис. 3.42. Зміна щільності ягід суниці під час зберігання без охолодження за способу обробки обприскування (2018 – 2020 рр.).

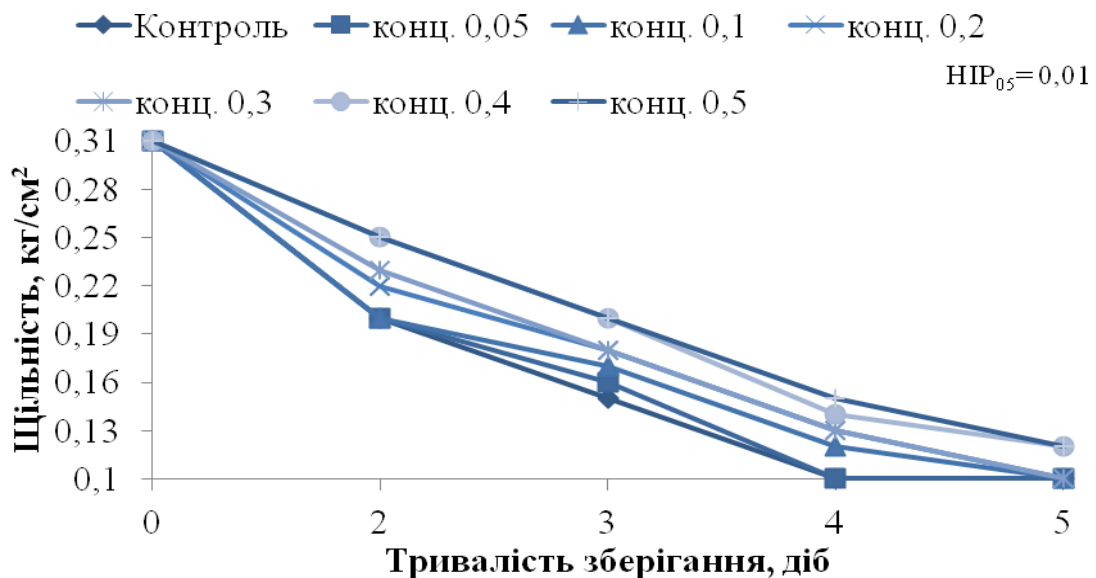


Рис. 3.43. Зміна щільності ягід суниці під час зберігання без охолодження за способу обробки занурення (2018 – 2020 рр.).

На третю добу зберігання щільність тканин ягід коливалась в межах 0,15 – 0,20 кг/см². До кінця зберігання показник стрімко знижувався і п'яту добу становив 0,12 кг/см² у зразках з концентрацією обробки 0,4 та 0,5% і 0,10 кг/см² у решти зразків.

Встановлено сильну пряму кореляційну залежність між щільністю ягід суниці та концентрацією розчину ($r = 0,92$) та ($r = 0,93$) (рис. 3.44).

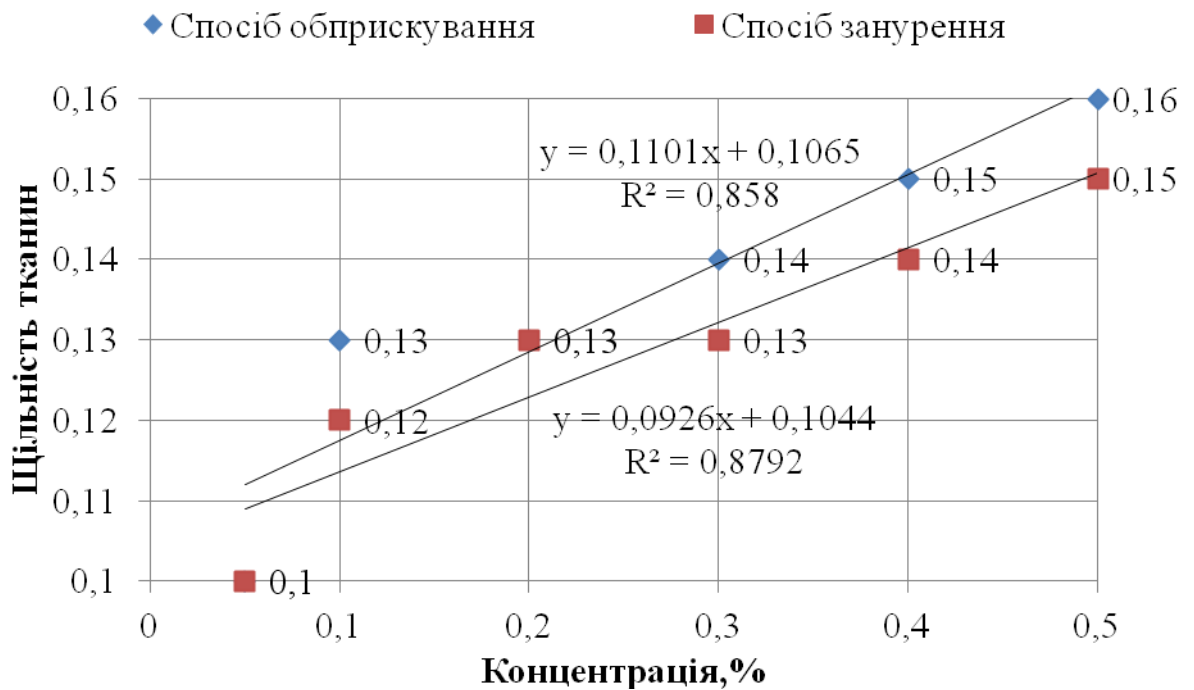


Рис. 3.44. Залежність щільності тканин ягід суниці від концентрації та способу обробки.

Рівень рН ягід суниці під час зберігання за умов торгового обороту змінювався дуже швидко. Активна кислотність зменшувалась, що призвело до погіршення якості ягід та розвитку грибкових захворювань.

На другу добу зберігання показник коливався в межах 3,2 – 3,5 за обох способів обробки (рис. 3.45; 3.46). На третю добу зберігання рівень рН знизився до 3,6 – 4,4 за способу обприскування та 3,8 – 4,2 за способом занурення. Наприкінці терміну зберігання ягід рівень рН коливався в межах 4,3 – 4,9 та 4,4 – 4,8 в оброблених зразках та 5,0 у контролі.

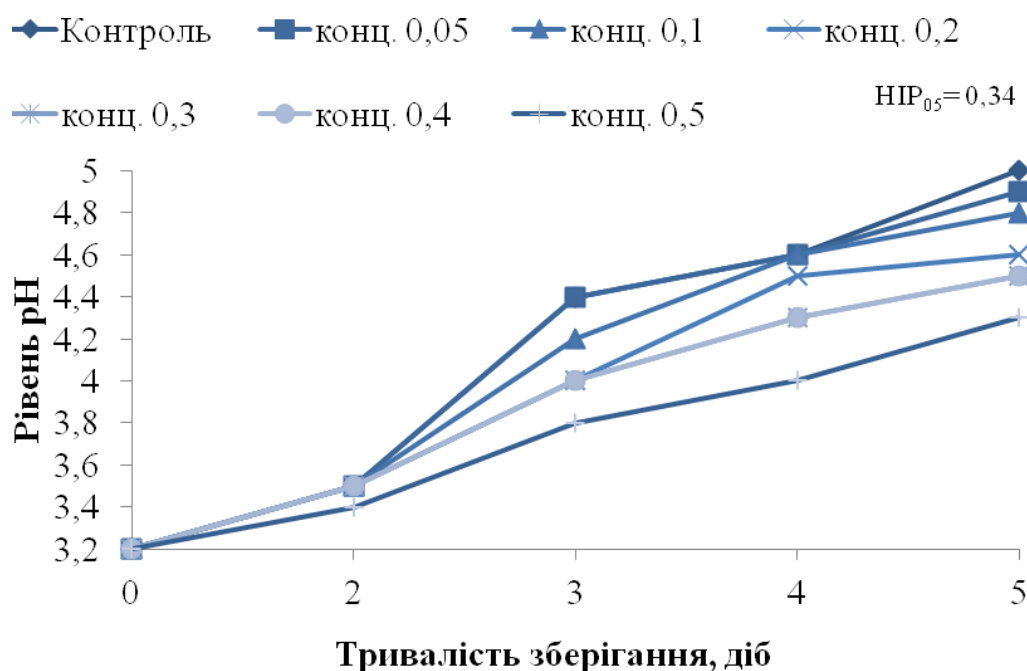


Рис. 3.45. Зміна рівня рН ягід суниці під час зберігання без охолодження (2018 – 2020 рр.) спосіб обробки обприскування.

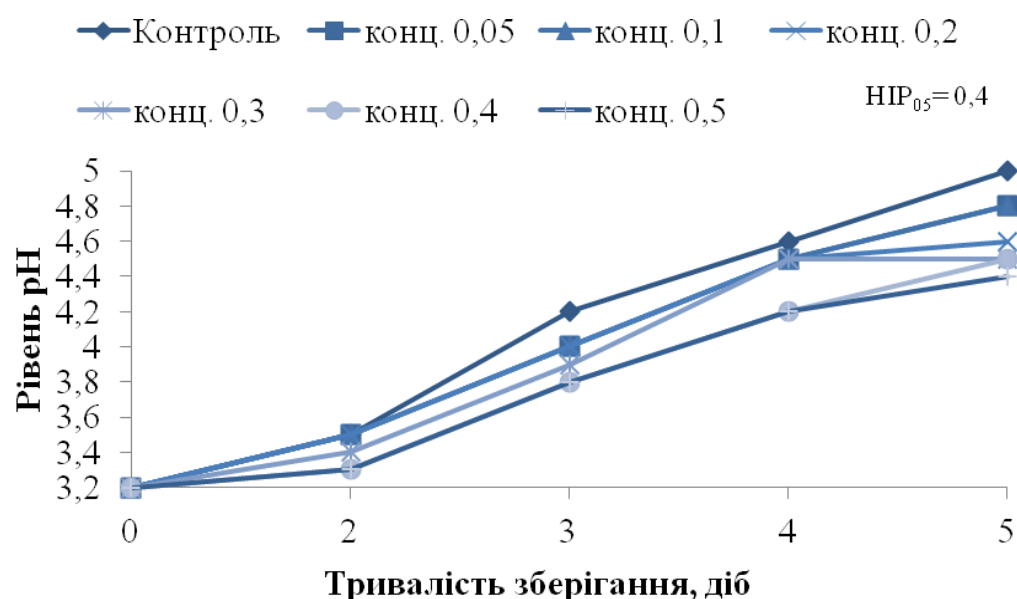


Рис. 3.46. Зміна рівня рН ягід суниці під час зберігання без охолодження (2018 – 2020 рр.) спосіб обробки занурення.

Нами встановлено сильну обернену кореляційну залежність між рівнем рН та концентрацією розчину хітозану ($r = -0,97$) та ($r = -0,96$) (рис.3.47). Досліджено, що із збільшенням концентрації розчину хітозану зміни рівня рН сповільнювались.

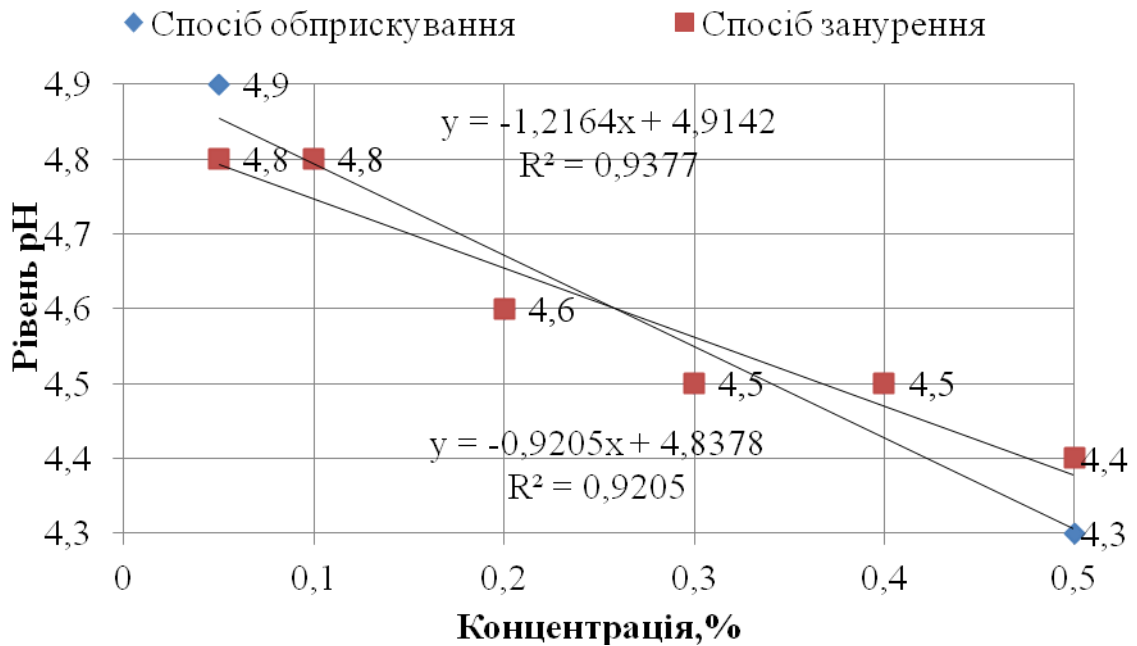


Рис. 3.47. Залежність рівня pH ягід суниці від концентрації та способу обробки.

3.4. Дослідження якості консервів з оброблених ягід суниці

Ягоди суниці відзначаються високою харчовою цінністю, проте сезонність зумовлює короткий період споживання їх у свіжому вигляді. Для насичення ринку вітамінною ягідною продукцією протягом всього року у період масового збору врожаю велику частину сировини постачають на переробні підприємства, які виготовляють цілий спектр ягідних консервів.

Більшість консервних підприємств працюють лише із свіжою ягідною сировиною, тому часто постає проблема збереження ягід суниці. Частина ягід втрачається ще під час короткочасного зберігання, а потім більше 5% відбраковується в процесі переробки.

Нами проведені дослідження щодо придатності оброблених ягід суниці до консервування після семи діб зберігання.

З попередньо оброблених ягід суниці розчином хітозану 0,5% концентрації виготовляли: пюре, джем, варення, сік натуральний, сироп, компот та суницю у власному соку. За контроль вважали консерви виготовлені із свіжої сировини.

**Хімічний склад ягід суниці залежно від способу зберігання
(2019 рік)**

Сировина	Масова частка, %			Вміст, мг/100г
	СРР	Цукрів	Титрованої кислотності	Аскорбінової кислоти
Свіжі ягоди без обробки (контроль)	8,1	6,5	1,0	88,1
Ягоди після 7 діб зберігання за попередньої обробки хітозаном 0,5% концентрації	8,0	6,0	0,91	76,5
НІР ₀₅	0,2			

Встановлено, що масова частка розчинних сухих речовин в оброблених ягодах після семи діб зберігання була лише на 0,1% меншою ніж в свіжих ягодах. Це пояснюється наявністю хітозанової плівки, яку перед використанням ягід для консервування не змивали. Масова частка цукрів та титрованої кислотності була вищою у свіжих ягодах суниці на 0,5% та 0,09% відповідно. Вміст аскорбінової кислоти значно переважав також у свіжозібраних ягодах.

Нітрати – це солі азотної кислоти, які життєво необхідні рослинам для забезпечення їх нормального росту і розвитку. До організму людини нітрати, здебільшого, надходять з овочами, фруктами та ягодами, що становить приблизно 70% добової норми, решта споживається із водою, м'ясними та іншими продуктами харчування.

У 2017 році Всесвітня організація охорони здоров'я (ВООЗ) визнала суницю найзабрудненішим продуктом. Суниця посіла перше місце у списку продуктів із найбільшим вмістом пестицидів. Саме у ягодах суниці

накопичується найбільше токсичних речовин, які негативно впливають на репродуктивну, імунну та нервову системи людини.

Для дорослої людини гранично допустима норма нітратів становить 5 мг на 1 кг маси тіла, тобто на людину вагою 60 кг – 0,25 г. Для дітей цей показник не повинен перевищувати 50 мг.

Основними факторами, які впливають на накопичення нітратів у ягодах суниці є метеорологічні та агротехнічні умови вирощування. В Україні для ягід суниці законодавчо не встановлена гранично допустима концентрація азотних добрив. Неконтрольоване внесення їх призводить до надмірного накопичення нітратів у ягодах.

В нашій країні затверджені наказом МОЗ №368 від 13.05.2013 державні гігієнічні правила і норми "Регламент максимальних рівнів окремих забруднюючих речовин у харчових продуктах", але саме для ягід суниці гранично допустимий рівень нітратів не встановлено. В цілому для плодово-ягідної сировини норми визначені на рівні не більше 60 мг/кг.

Встановлено, що у свіжих ягодах суниці 2019 року врожаю вміст нітратів був 45 мг/кг (табл. 3.3).

Таблиця 3.3.

Вміст нітратів у ягодах суниці залежно від способу зберігання, мг/кг

Вміст нітратів	Свіжі ягоди (контроль)	Оброблені ягоди після 7 діб зберігання
	45	42

У ягодах оброблених 0,5% розчином хітозану через сім діб холодильного зберігання вміст нітратів зменшився і становив 42 мг/кг. Ці значення не перевищують допустимий рівень нітратів, тому така сировина є безпечною для споживання та подальшої переробки.

Виробництво джему, варення, пюре, компоту та соку натурального відбувалось за технологічними інструкціями.

Для виготовлення консервів «Суниця у власному соку» нами розроблена технологічна схема, яка представлена на рис. 3.48.

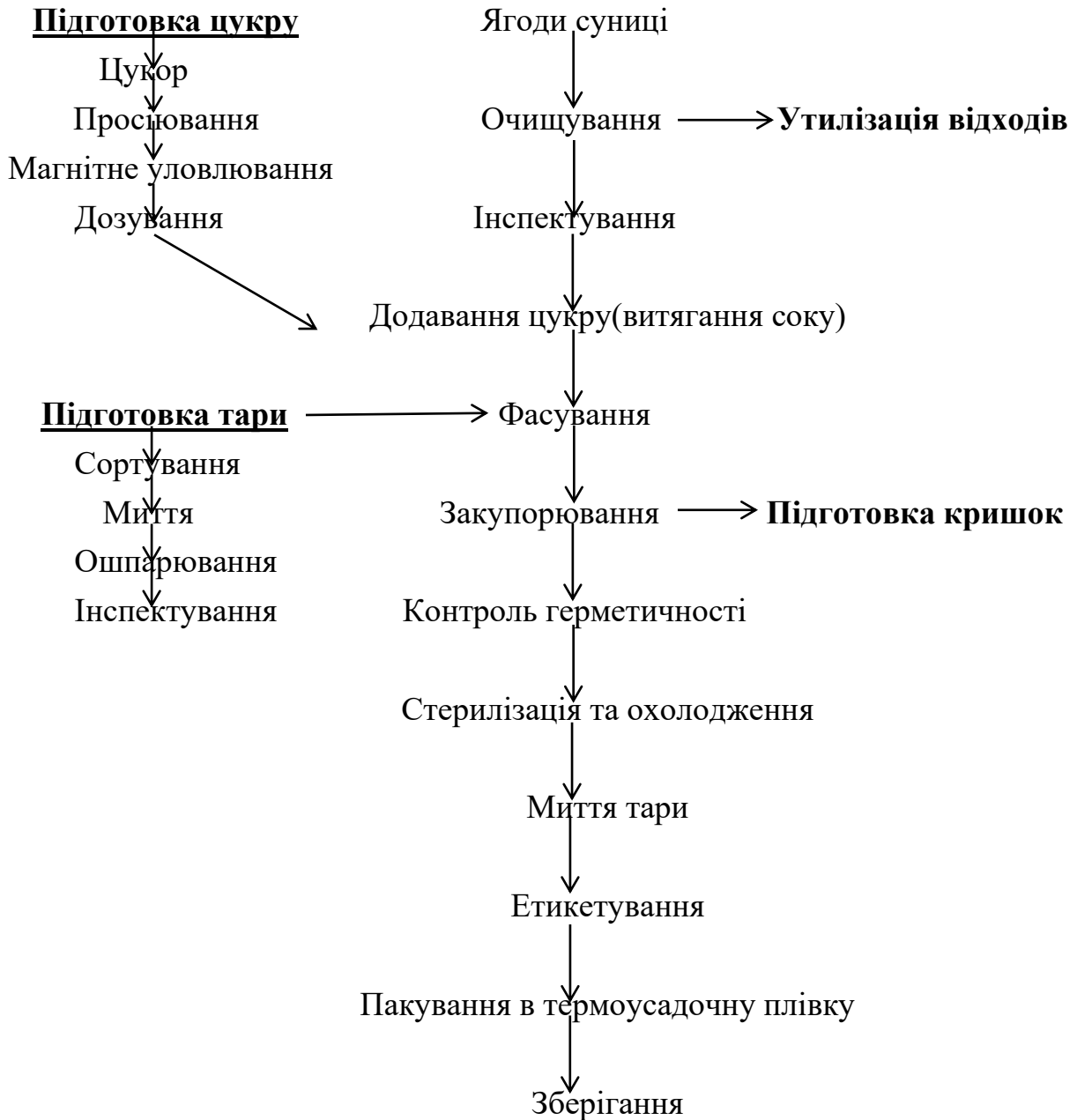


Рис. 3.48. Технологічна схема виробництва консервів «Суниця у власному соку»

Попередньо оброблені хітозаном ягоди суниці очищують від плодоніжки та чашолистиків після чого інспектують та додають цукор для витягання соку. Ягоди у власному соку фасують у підготовлену тару, закупорюють, перевіряють якість закупорювання та стерилізують за температури 100 °C

протягом 15 хвилин з наступним охолодженням. Готову продукцію зберігають за температури 20 ± 2 °C та ВВП 75 %.

Для ефективнішої переробки ягід суниці нами удосконалено традиційну комплексну технологічну схему виробництва консервів «Джем суничний» та «Сік натуральний» (рис. 3. 49)

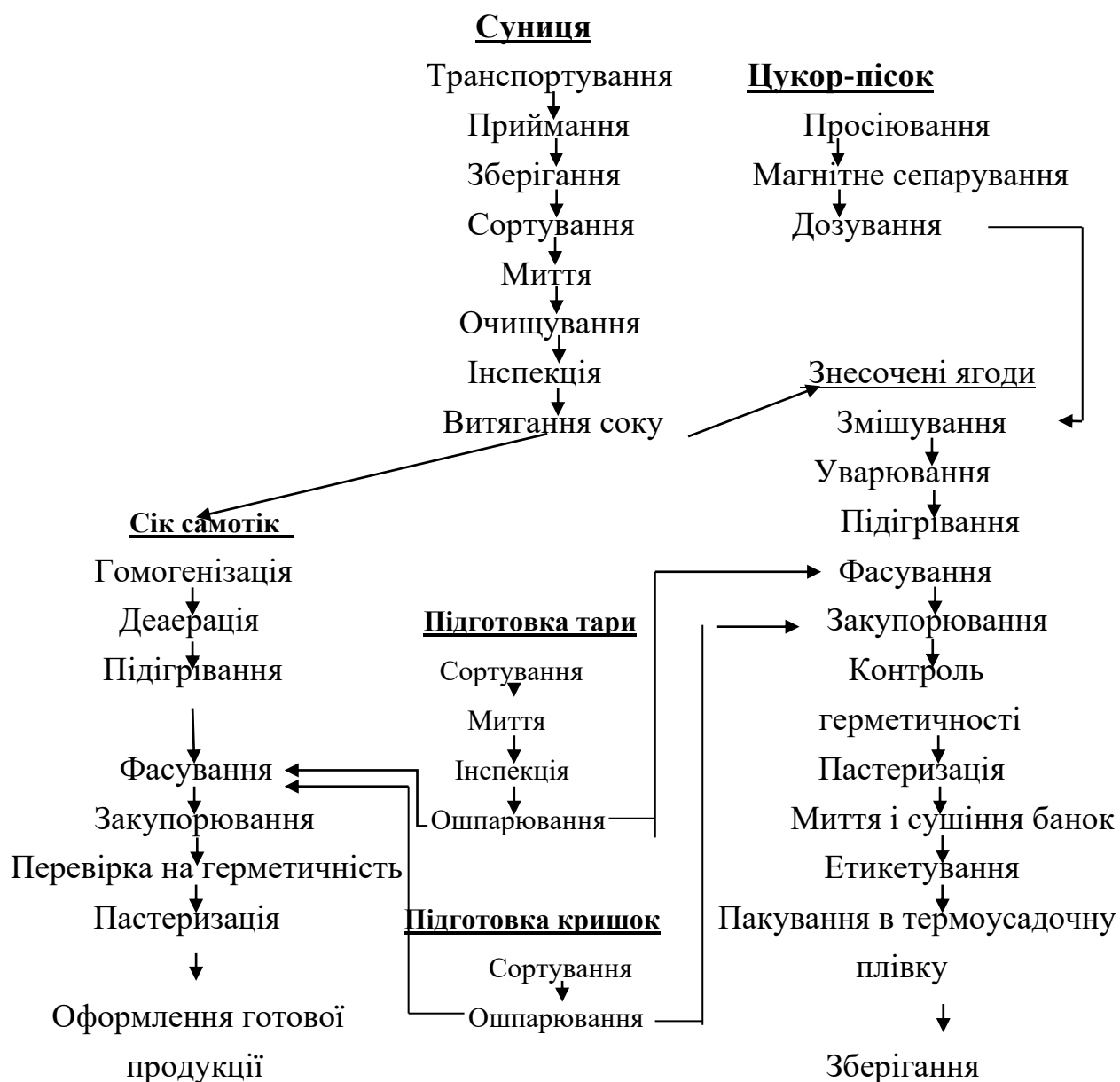


Рис. 3.49. Традиційна технологічна схема переробки ягід суниці за комплексною технологією

Технологічна схема передбачає наступні процеси: зберігання ягід суниці у сховищі у тій же тарі, в якій вони були доставлені на підприємство; сортування з метою видалення механічно та мікробіологічно пошкоджених ягід, а також

екземплярів з іншими дефектами; миття; видалення плодоніжки і чашолистиків; інспектування; витягання соку шляхом пресування, де відбувається розділення на дві фракції: 1 – сік самотік 2 – знесочені ягоди.

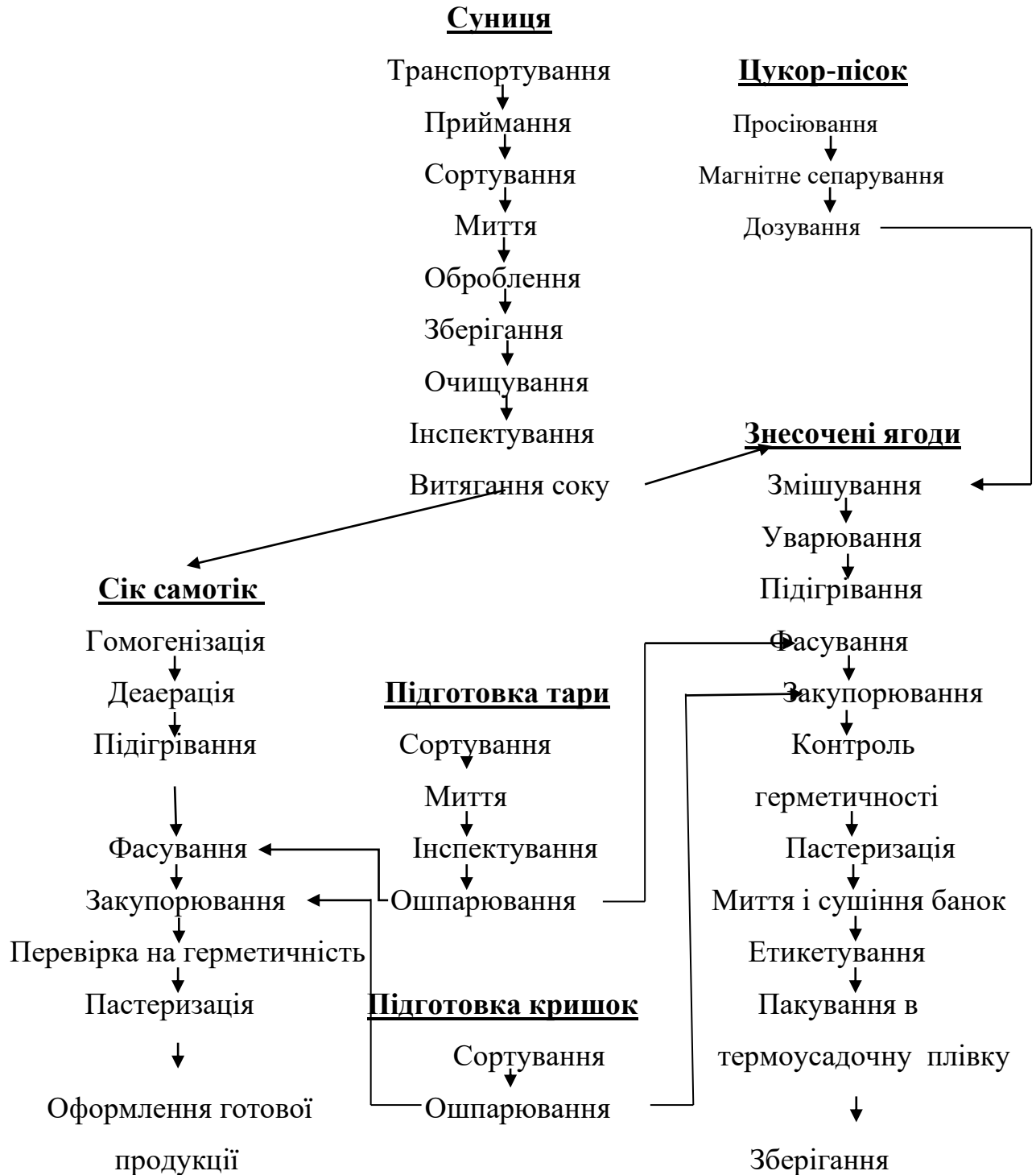


Рис. 3.50. Удосконалена технологічна схема переробки ягід суниці за комплексною технологією

Сік самотік гомогенізують та подають у вакуум випарний апарат для деаерації та підігрівання, після чого фасують у тару, закупорюють, обов'язково перевіряють герметичність закупорювання та пастеризують.

Така удосконалена технологія дозволяє переробним підприємствам з невеликою потужністю довше зберігати ягоди суниці без надмірної втрати маси та товарної якості продукції.

Знесочені ягоди змішують з цукром та уварюють до масової частки СРР не менше 55% при залишковому тиску 39 кПа і температурі 76 °С. Перед фасуванням джем підігрівають до температури 85 °С, наповнюють тару (місткість не більше 1 дм³), закупорюють, перевіряють герметичність та пастеризують за температури 85 °С. Готову продукцію охолоджують та зберігають за $t 20 \pm 3^{\circ}\text{C}$ та ВВП 75%

Удосконалена технологічна схема переробки ягід суниці за комплексною технологією передбачає зміни на етапах після приймання сировини.

Ягоди, які надійшли на підприємство сортують відбираючи пошкоджені пліснявою, шкідниками, загнилі та з іншими дефектами, миють та обробляють суницю розчином хітозану. Оброблені ягоди зберігають у чистій перфорованій тарі з кришкою. Для подальшого перероблення ягоди суниці очищують від плодоніжки і чашолистиків, інспектують та подають на пресування.

Далі технологічна схема передбачає аналогічні операції, що і для традиційної технології.

Дослідження показників якості виготовлених консервів наведено у таблицях 3.4 – 3.16

Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що у консервах виготовлених із обробленої сировини рівень сухих розчинних речовин був вищим порівняно з контролем. Це пояснюється залишками хітозанового покриття на поверхні ягід суниці.

Хітозан утворюється і розкладається живими організмами, тому є повністю екологічно чистою високомолекулярною сполукою. Відомо, що хітозан

використовується у консервній промисловості, як безпечний структуроутворювач, стабілізатор, емульгатор та згущувач соусів, паст, приправ і паштетів. Також, він використовується як якості харчового клею для надання виробам визначеної форми та структури.

Таблиця 3.4.

Зміна фізико-хімічних показників пюре суниного залежно від терміну зберігання та способу обробки

Назва консервів та термін зберігання Показник	Пюре суничне (контроль)				Пюре суничне з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	9,0	9,0	8,9	8,9	9,0	9,0	9,0	9,0
М.ч. цукрів, %	6,3	6,3	6,2	6,0	5,9	5,9	5,9	5,8
М.ч. титрованих кислот, %	0,82	0,82	0,80	0,80	0,76	0,76	0,76	0,75
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	70,1	68,8	68,0	67,4	52,8	52,4	51,8	50,6
НІР ₀₅	0,4							

Ягідні пюре незамінний напівфабрикат для молочної та кондитерської галузей виробництва. Згідно нормативних документів (ГОСТ 18-268-36) пюре являє собою перетерту масу без волокон, шкірочки та кісток із масовою часткою сухих розчинних речовин не менше 7%

Виявлено, що вміст розчинних сухих речовин, цукрів, титрованих кислот та аскорбінової кислоти у консервованому пюре залежав від їх початкового вмісту у сировині. Істотних змін зазнала аскорбінова кислота вміст якої зменшився на 2,2 – 2,7 мг/100 г після року зберігання.

Застосування теплової обробки під час виготовлення консервів зумовило різке зниження масової частки титрованих кислот на 0,15–0,18% залежно від початкових значень. Втрата цукрів протягом одного року зберігання була не істотною і становила 0,3% у контрольному зразку та 0,1% у пюре суниному з

оброблених ягід. Масова частка СРР знизилась на 0,1% у контролі, проте в іншому зразку залишилась незмінною.

Таблиця 3.5.

**Зміна органолептичних показників консервів «Пюре суничне»
впродовж зберігання**

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
3 місяці зберігання					
Пюре суничне (контроль)	5	5	5	5	5
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Пюре суничне (контроль)	5	5	4	5	4,7
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	4	5	4,7
9 місяців зберігання					
Пюре суничне (контроль)	4	4	4	4	4
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	4	5	4,7
12 місяців зберігання					
Пюре суничне (контроль)	4	4	3	3	3,5
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	4	4	4,5

Виготовляють пюре як натуральні та і з цукром, що дозволяє використовувати їх для дитячого і дієтичного харчування. Споживають такі консерви в якості самостійного продукту або використовують для подальшої переробки. Зберігати пюреподібні консерви рекомендують не більше 1 року.

Нами досліджено зміну органолептичних показників консервів «Пюре суничне» протягом року зберігання. Через три місяці зберігання змін органолептичних властивостей в консервах не виявлено. Після шести місяців зберігання смак та аромат пюре суничного в обох досліджуваних зразках був менш виражений, тому оцінений дегустаторами у 4 бали. Протягом наступних трьох місяців зберігання у контролі зміни зафіксовані за всіма органолептичними показниками. В загальному зразок був оцінений у 4 бали, проте пюре суничне з оброблених ягід оцінено в 4,7 бали. Наприкінці зберігання у контролі значно погіршились смак, аромат та колір. Загальний бал становив 3,5, що на 1,5 бали менше ніж зразку консервів «Пюре суничне» з оброблених ягід.

Таблиця 3.6

Зміна фізико-хімічних показників джему суничного залежно від терміну зберігання та способу обробки

Назва консервів та термін зберігання Показник	Джем суничний (контроль)				Джем суничний з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	63,6	63,5	63,5	63,5	64,2	64,2	64,2	64,0
М.ч. цукрів, %	56,5	56,5	56,5	56,4	54,5	54,5	54,5	54,5
М.ч. титрованих кислот, %	0,60	0,60	0,60	0,60	0,55	0,55	0,55	0,55
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	49,4	49,2	49,2	49,0	34, 5	34,5	34,5	34,1
НІР ₀₅	0,99							

Досліджено, що протягом всього періоду зберігання консервів значних змін у фізико-хімічному складі не відбулося. Масова частка сухих розчинних речовин у контролі знизилась на 0,1% після трьох місяців зберігання, проте далі залишалась на рівні 63,5%. У джемі виготовленого із оброблених ягід

спостерігалась протилежна ситуація, а саме м.ч. СРР була незмінною протягом дев'яти місяців зберігання, але за наступні три зменшилась на 0,2%.

Таблиця 3.7.

**Зміна органолептичних показників консервів «Джем суничний»
впродовж зберігання**

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
1	2	3	4	5	6
3 місяці зберігання					
Джем суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Джем суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Джем суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Джем суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
9 місяців зберігання					
Джем суничний (контроль)	4	4	5	4	4,2
1	2	3	4	5	6
Джем суничний з оброблених ягід	5	5	5	4	4,7
12 місяців зберігання					
Джем суничний (контроль)	4	4	4	4	4
Джем суничний з оброблених ягід	4	5	4	5	4,5

Масова частка цукрів та титрованих кислот в обох дослідних зразках протягом всього терміну зберігання залишалась незмінною. Втрати аскорбінової кислоти були однакові для обох консервів і становили 0,4 мг/100 г.

Хітозан має здатність утворювати стійкі гелі. Такі гелі є однорідними за консистенцією, адже кожна частинка хітозану під час розчинення набрякає окремо від інших. Ця властивість хітозану може бути ефективно використана для виготовлення джемів, особливо із ягід, які мають не високий вміст пектинових речовин.

По структурі джем повинен бути желеподібним, тому під час його виготовлення із ягід суниці часто додають пектиновий розчин або яблучний, айвовий та інші желюючі соки.

Нами встановлено, що джем суничний виготовлений із попередньо обробленої хітозаном сировини мав кращу консистенцію. Це пояснюється залишками хітозану на ягодах суниці, який виступив у готовому джемі в якості желюючої речовини.

Перші зміни органолептичних властивостей джему суничного зафіксовані через дев'ять місяців зберігання. Колір обох зразків був менш насичений. Крім цього у контролі відбулися зміни консистенції та зовнішнього вигляду. Джем став рідшим, що пояснюється глибоким розпадом пектинових речовин. Після дванадцяти місяців зберігання контроль за загальною оцінкою отримав 4 бали, а джем виготовлений із обробленої сировини 4,5 бали.

Основною характеристикою варення суничного є наявність цілих плодів рівномірно проварених у цукровому сиропі. Ягоди повинні бути не розвареними, зберігати притаманну їм форму та колір.

Встановлено, що у консервах «Варення суничне» обох зразків істотних зміни фізико-хімічного складу не відбулося. Масова частка сухих розчинних речовин, цукрів та титрованих кислот у варенні виготовлену із обробленої сировини протягом року залишалася незмінною, а вміст аскорбінової кислоти зменшився на 0,2 мг/100г. У контролі масова частка СРР та титрованих кислот

знизилась на 0,2%, проте масова частка цукрів не змінилась. Вміст аскорбінової кислоти протягом року зберігання зменшився на 0,3 мг/100г

Таблиця 3.8.

Зміна фізико-хімічних показників варення суничного залежно від терміну зберігання та способу обробки

Назва консервів та термін зберігання Показник	Варення суничне (контроль)				Варення суничне з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	76,4	76,4	76,2	76,2	77,2	77,2	77,2	77,2
М.ч. цукрів, %	65,8	65,8	65,8	65,8	64,4	64,4	64,4	64,4
М.ч. титрованих кислот, %	0,49	0,48	0,48	0,46	0,45	0,45	0,45	0,45
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	43,3	43,2	43,2	43,0	38,0	38,0	38,0	37,8
НІР ₀₅	1,0							

Варення набуло популярності у всьому світі через високі смакові та поживні властивості. У зимовий період попит на варення значно зростає. Завдяки своїй універсальності варення використовується у різних галузях харчових виробництв при виготовленні хлібобулочних, кондитерських та молочних продуктів.

На сьогодні переважна більшість невеликих виробників випускають варення для сфери HoReCa, а у містах із територіальною близькістю до кордону підприємці поставляють свою продукцію на європейські ринки. У країнах ближнього зарубіжжя варення українських виробників високо цінують за відмінні органолептичні властивості та користь для організму.

Нами встановлено, що серед всіх виготовлених консервів, саме у варенні суничному та соці збереженість органолептичних показників була найкращою.

Зміни зовнішнього вигляду, консистенції, смаку, аромату і кольору протягом року не зафіксовано в жодному із досліджуваних зразків варення суничного.

Таблиця 3.9.

**Зміна органолептичних показників консервів «Варення суничне»
впродовж зберігання**

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
3 місяці зберігання					
Варення суничне (контроль)	5	5	5	5	5
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Варення суничне (контроль)	5	5	5	5	5
Варення суничне з оброблених ягід	5	5	5	5	5
9 місяців зберігання					
Варення суничне (контроль)	5	5	5	5	5
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	5	5	5
12 місяців зберігання					
Варення суничне (контроль)	5	5	5	5	5
Пюре суничне з оброблених ягід	5	5	5	5	5

Компот суничний – це консерви із ягід суниці залиті цукровим сиропом та піддані тепловій стерилізації. Суницю витримують у гарячому цукровому сиропі концентрацією 68% протягом 4 годин. Компоти виготовляють із свіжих, заморожених ягід та стерилізованих напівфабрикатів. Попит на ягідні компоти

серед споживачів дещо нижчий в порівнянні з джемами чи соками, проте виробники активно постачають свою продукцію у дитячі садки, школи та інші заклади.

Таблиця 3.10.

Зміна фізико-хімічних показників компоту суничного залежно від терміну зберігання та способу обробки

Назва консервів та термін зберігання Показник	Компот суничний (контроль)				Компот суничний з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	28,4	28,4	28,2	28,2	30,1	30,0	30,0	30,0
М.ч. цукрів, %	26,7	26,7	26,5	26,5	25,0	25,0	25,0	25,0
М.ч. титрованих кислот, %	0,68	0,68	0,66	0,66	0,66	0,65	0,65	0,65
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	54,4	54,2	54,0	54,0	49,1	49,1	49,0	48,8
НІР ₀₅	1,0							

Досліджено, що протягом року зберігання показники якості компоту суничного не істотно змінювались, так масова частка сухих розчинних речовин та титрованих кислот зменшилась на 0,1–0,2%. Масова частка цукрів у контролі знизилась на 0,2%, в іншому зразку залишалась незмінною. Вміст аскорбінової кислоти зменшився на 0,3 – 0,4 мг/100г.

Для виготовлення компоту з гарними органолептичними властивостями велике значення має сировина. Ягоди повинні бути цілими, не ушкодженими, однакові за формою, кольором, з щільною м'якоттю та мати добре виражений смак та аромат.

Перші зміни органолептичних показників виготовлених консервів зафіксовано після дев'яти місяців зберігання. Ці зміни стосувались зменшенням інтенсивності смаку та аромату, кольору і відповідно зовнішнього вигляду компоту суничного.

Таблиця 3.11.

**Зміна органолептичних показників консервів «Компот суничний»
впродовж зберігання**

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
3 місяці зберігання					
Компот суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Компот суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Компот суничний (контроль)	5	5	5	4	5
Компот суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
9 місяців зберігання					
Компот суничний (контроль)	4	5	4	4	4
Компот суничний з оброблених ягід	4	5	4	4	4,7
12 місяців зберігання					
Компот суничний (контроль)	4	5	4	4	4
Компот суничний з оброблених ягід	4	5	4	4	4,2

Після дванадцяти місяців зберігання всі показники залишались не змінними в обох досліджуваних зразках.

Соки – незамінні продукти харчування, які забезпечують організм людини вітамінами, макро- і мікро елементами та харчовими волокнами. Соком називають виключно 100% натуральний продукт отриманий із плодовоягідної сировини шляхом прямого віджиму чи відтвореного із концентрату.

Зміна фізико-хімічних показників соку суничного залежно від терміну зберігання та способу обробки

Назва консервів та термін зберігання Показник	Сік суничний (контроль)				Сік суничний з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	8,2	8,2	8,1	8,0	8,2	8,2	8,2	8,2
М.ч. цукрів, %	6,5	6,5	6,5	6,5	6,0	6,0	6,0	6,0
М.ч. титрованих кислот, %	0,82	0,82	0,82	0,82	0,78	0,78	0,78	0,78
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	68,4	68,4	68,0	68,0	58,2	58,0	58,0	58,0
НІР ₀₅	1,0							

У натуральних соках забороняється використовувати ароматизатори, консерванти та барвники. Важливим показником натуральності соків є їх здатність до зброджування.

Найбільш цінний сік, який продають на прилавках магазинів це сік прямого віджиму виготовлений із свіжих чи збережених свіжими фруктів та ягід шляхом пресування.

Крім споживання соків в якості готового продукту з них також виготовляють десерти, желе, коктейлі, вина, сиропи та екстракти.

Нами встановлено, що у консервах «Сік суничний натуральний» масова частка цукрів та титрованих кислот протягом року зберігання не змінювалась. Масова частка сухих розчинних речовин у контролі зменшилась на 0,2%. Вміст аскорбінової кислоти знижувався на 0,2 – 0,4 мг/100г. Органолептичні властивості соку суничного залишалися незмінними протягом всього періоду і після року зберігання загальна оцінка становила 5 балів для обох досліджуваних зразків.

Зміна органолептичних показників консервів «Сік суничний натуральний» впродовж зберігання

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
3 місяці зберігання					
Сік суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Сік суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Сік суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Сік суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
9 місяців зберігання					
Сік суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Сік суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5
12 місяців зберігання					
Сік суничний (контроль)	5	5	5	5	5
Сік суничний з оброблених ягід	5	5	5	5	5

Плоди та овочі у власному соку є досить популярною консервованою продукцією у різних країнах світу. Попит на таку продукцію стабільно високий,

адже вона використовується для приготування різноманітних перших, других страв та десертів.

Таблиця 3.14.

**Зміна фізико-хімічних показників консервів суниця у власному соку
залежно від терміну зберігання та способу обробки**

Назва консервів та термін зберігання Показник	Суниця у власному соку (контроль)				Суниця у власному соку з оброблених ягід			
	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.	3 міс.	6 міс.	9 міс.	12 міс.
М.ч. сухих розчинних речовин, %	44,5	44,5	44,3	44,2	45,0	45,0	45,0	45,0
М.ч. цукрів, %	34,5	34,5	34,5	34,5	34,2	34,2	34,2	34,2
М.ч. титрованих кислот, %	0,67	0,67	0,67	0,67	0,65	0,65	0,65	0,65
Вміст аскорбінової кислоти, мг/100г	61,2	61,0	60,8	60,5	50,4	50,1	49,8	49,6
НІР ₀₅	1,0							

Нами розроблено консерву «Суниця у власному соку» у технологічному процесі виготовлення якої не застосовують уварювання, а лише стерилізування у герметичній тарі. Це дозволяє краще зберегти масову частку титрованих кислот та вміст аскорбінової кислоти у готовому продукті.

Аналіз отриманих результатів досліджень показав, що масова частка сухих розчинних речовин у контролі зменшилась на 0,3%, проте у іншому зразку вона залишалась незмінною. Втрати масова частка цукрів та титрованих кислот не виявлено. Вміст аскорбінової кислоти зменшився на 0,7 – 0,9 мг/100 г.

Органолептичні властивості після шести місяців зберігання у консервах «Суниця у власному соку» залишались незмінними. Через дев'ять місяців зберігання зафіксовано зменшення інтенсивності смаку та аромату в обох досліджуваних зразках. Наприкінці зберігання контроль по всіх органолептичних показниках оцінений у 4 бали.

Зміна органолептичних показників консервів «Суниця у власному соку» впродовж зберігання

Назва консервів	Зовнішній вигляд	Консистенція	Смак та аромат	Колір	Загальна оцінка
1	2	3	4	5	6
3 місяці зберігання					
Суниця у власному соку (контроль)	5	5	5	5	5
Суниця у власному соку з оброблених ягід	5	5	5	5	5
6 місяців зберігання					
Суниця у власному соку (контроль)	5	5	5	5	4,7
Суниця у власному соку з оброблених ягід	5	5	5	5	4,7
9 місяців зберігання					
Суниця у власному соку (контроль)	5	5	4	5	4
Суниця у власному соку з оброблених ягід	5	5	4	5	4,7
12 місяців зберігання					
Суниця у власному соку (контроль)	4	4	4	4	4
Суниця у власному соку з оброблених ягід	5	4	4	5	4,2

Консерви «Суниця у власному соку» виготовлені із оброблених ягід зберегли початковий колір та зовнішній вигляд. Загальна оцінка консерви становить бали.

Таблиця 3.16.

Вміст нітратів у готових консервів залежно від способу обробки, мг/кг

Вид консервів	Консерви виготовлені із свіжих ягід (контроль)	Консерви виготовлені з обробленої сировини
Пюре суничне	45	45
Джем суничний	47	47
Варення суничне	51	51
Компот суничний	43	43
Сік суничний натуральний	42	42
Суниця у власному соку	42	42

Вміст нітратів у свіжій та консервованій продукції коливався в від 42 до 51 мг/кг, що є в межах гранично допустимих норм. Вищий вміст нітратів зафіксовано у консервах в яких рецептурно передбачено велику частку ягідної сировини.

Висновки до розділу 3

1. Втрата маси ягід суниці збільшувалась з кожною добою не залежно від способу зберігання. Втрата маси ягід суниці має сильну обернену кореляційну залежність від концентрації обробки. Із збільшенням відсотку хітозану у розчині втрата маси зменшувалась. Зберігання ягід суниці за температури 20 – 22 °C більше п'яти діб, як оброблені так і без обробки не доцільно через значну втрату маси (15,4 – 21,0%).

2. Спосіб обробки ягід суниці розчином хітозану за концентрації 0,5% забезпечував найвищу їх збереженість як порівняно з контролем, так і за інших концентрацій.

3. Масова частка СРР, цукрів, органічних кислот поступово втрачалася. Найбільші втрати були у ягодах без попередньої обробки. Встановлено, що хітозанове покриття здатне сповільнити фізіологічні зміни, які відбуваються у ягодах під час зберігання.

4. Досліджено, що плівка утворена на поверхні ягід суниці значно зменшувала інтенсивність дихання не залежно від способу зберігання. Із збільшенням концентрації обробки інтенсивність дихання була меншою.

5. Вміст аскорбінової кислоти накопиченої під час вегетації стрімко знижувався вже на другу зберігання у всіх досліджуваних зразках. Ягоди суниці оброблені розчинами хітозану мали менші втрати вітаміну С порівняно з контролем. Встановлено сильну обернену кореляційну залежність між зміною вмісту аскорбінової кислоти та концентрацією розчину хітозану.

6. Встановлено, що зміна рівня рН ягід суниці залежить від концентрації обробки хітозаном не залежно від способу зберігання та способу обробки.

7. Щільність тканин зменшувалась протягом всього періоду зберігання досягнувши значення 10 кг/см². Досліджено, що ягоди суниці оброблені розчином хітозану різних концентрацій мали вищу щільність, що сприяє тривалому збереженню.

8. Вміст етилового спирту в кінці зберігання залежав від способу зберігання. Найбільші значення зафіксовані при зберігання ягід суниці у модифікованому газовому середовищі. Встановлено, що попередня обробка ягід суниці розчинами хітозану не має істотного впливу на накопичення спирту.

9. Досліджено, що ягоди суниці оброблені розчином хітозану 0,5% концентрації мали найкращі органолептичні властивості. Завдяки тонкій хітозановій плівці оброблені ягоди мали блискучу поверхню, зберігали природний колір, аромат та смак.

10. Встановлено, що вміст нітратів у свіжій та консервованій продукції коливався в від 42 до 51 мг/кг, що є в межах гранично допустимих норм

11. Розроблено технологічну схему виробництва консервів «Суниця у власному соку»

12. Удосконалено схему комплексної переробки ягід суниці.

13. Встановлено, що попередньо оброблені розчином хітозану ягоди суниці через сім діб зберігання були придатними до консервування. За фізико-хімічними та органолептичними показниками консерви виготовлені із попередньо оброблених ягід повністю відповідали вимогам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Найченко В. М. Вплив умов зберігання плодів кісточкових культур на ураження їх фітопатогенною мікрофлорою та фізіологічними розладами // Вісник Уманського національного університету садівництва. 2012. № (1-2). С. 124-131.
2. Пузік Л. М., Гордієнко І. М. Технологія зберігання плодів, овочів та винограду. 2015.
3. Василишина О. Оценка содержания аскорбиновой кислоты в замороженных плодах вишни разных сортов // Агробіологія. 2019. № 1. Р. 31-37.
4. Смерик В. В. Зміни рН і ОВП у фруктах при тривалому зберіганні. 2018.
5. Верхоланцева В. О., Верхоланцева, В. А., & Дмитревський, Д. В. Актуальність зберігання ягід із застосуванням охолодження у фермерських господарствах. 2020.
6. Скалецька Л., Бобер А. Зберігання садовини // Продовольча індустрія АПК. 2013. № 3. С. 33-36.
7. Shin Y., Lui R. et.al. Temperature and relative humidity effects on quality, total ascorbic acid, phenolis and flavonoid concentrations, and antioxidant activity of strawberry // Postharvest biology and Technology. 2007. Р. 349-357.

РОЗДІЛ 4

ФІТОПАТОГЕННЕ ПОШКОДЖЕННЯ ЯГІД СУНИЦІ ПІД ЧАС ЗБЕРІГАННЯ

Грибкові хвороби є однією із основних причин, які впливають на якість і тривалість зберігання ягід.

Головними патогенами, які знищують врожай суниці прийнято вважати *Botrytis cinerea* і *Rhizopus stolonifera*, але із зміною клімату все частіше на ягодах можна зустріти пошкодження викликані грибами роду *Penicillium spp*, *Whetzelinia sclerotiorum*, *Mucor* та *Aspergillus niger*. Ці хвороби розвиваються під час зберігання зменшуючи відсоток виходу товарної продукції [1 – 11].

Згідно нормативних документів ягоди суниці під час закладання на зберігання та після зберігання повинні бути без мікробіологічних пошкоджень. Для знищення патогенної мікрофлори використовують обробку фунгіцидними препаратами, переважна більшість з яких має негативний вплив на людський організм [12 – 14].

4.1. Пошкодження ягід суниці грибковими захворюваннями

За роки досліджень встановлено, що ягоди суниці під час зберігання зазнали найбільших пошкоджень від *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Mucor* та *Aspergillus niger* (табл. 4.1).

Таблиця 4.1.

Фітопатогенне пошкодження ягід суниці (2018 – 2020 рр.)

Вид грибків	2018р.	2019р.	2020р.
1	2	3	4
<i>Botrytis cinerea</i>	Виявлено	Виявлено	Виявлено
<i>Rhizopus stolonifera</i>	Виявлено	Виявлено	Виявлено
<i>Aspergillus niger</i>	Виявлено	Виявлено	Виявлено
<i>Mucor</i>	Виявлено	Виявлено	Виявлено

Продовження таблиці 4.1

<i>Penicillium</i>	Виявлено	Не виявлено	Не виявлено
<i>Fusarium</i>	Виявлено	Не виявлено	Не виявлено
<i>Whetzelinia sclerotiorum</i>	Виявлено	Не виявлено	Не виявлено

У 2018 р. крім основних патогенів зустрічались поодинокі випадки ураження ягід грибами роду *Fusarium*, *Whetzelinia sclerotiorum* та *Penicillium spp* у зразках без обробки (рис. 4.1)

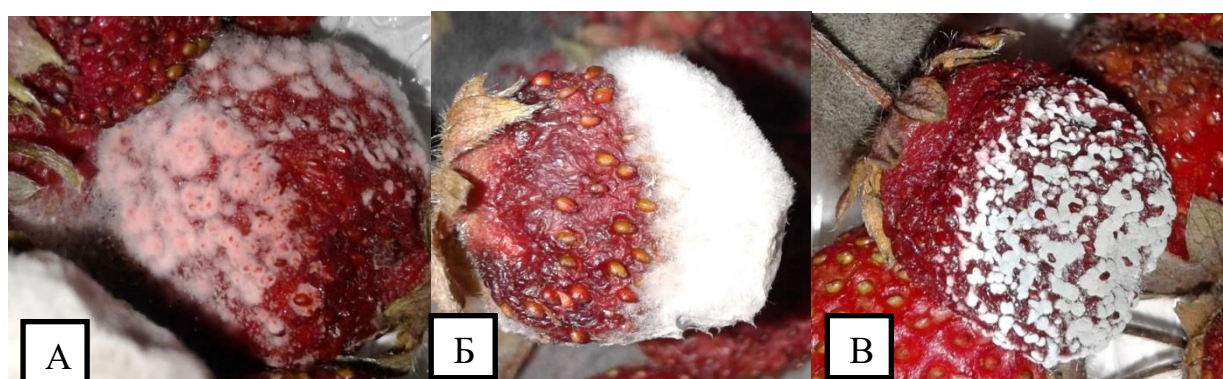


Рис. 4.1 Ураження ягід суниці грибковими захворюваннями (2018 р.): А – *Fusarium*; Б – *Whetzelinia sclerotiorum*; В – *Penicillium sp.*

Пошкодження даними грибами становило 0,5% і не спостерігалось у наступні роки, тому вплив обробки хітозаном встановити не вдалося.

4.1.1. Пошкодження ягід суниці грибом *Botrytis cinerea*.

Botrytis cinerea – некротрофний збудник грибкової хвороби, який зимує на рослинних рештках, бур'янах або в ґрунті у вигляді склеротій або сплячого міцелію, які з часом продукують конідіофори та конідії у відповідь на сприятливе середовище [15 – 31].

Цей збудник є комерційно шкідливим, адже впливає на ягоди в польових умовах, під час транспортування, зберігання, реалізації та є найпоширенішою причиною відмови виробників та споживачів від швидкопсувної продукції, що призводить до значних економічних втрат [32 – 41].

Серед всіх грибкових патогенів аскоміцет *Botrytis cinerea* має

найсильніший негативний вплив на ягоди суниці спричиняючи серйозні пошкодження у післязбиральний період.

Крім цього, сіра гниль здатна впливати на вегетативні тканини, що призводить до загибелі синиці [42 – 43]. Зараження ягід відбувається ще на материнській рослині. При високій вологості, частих дощах та температури повітря 14 – 16 °C відбувається швидкий розвиток патогена, який уражує більше 80% квіток та плодів [44 – 50].

Встановлено сильний кореляційний зв'язок між погодними умовами та пошкодженням ягід суниці сірою гниллю (рис 4.2).

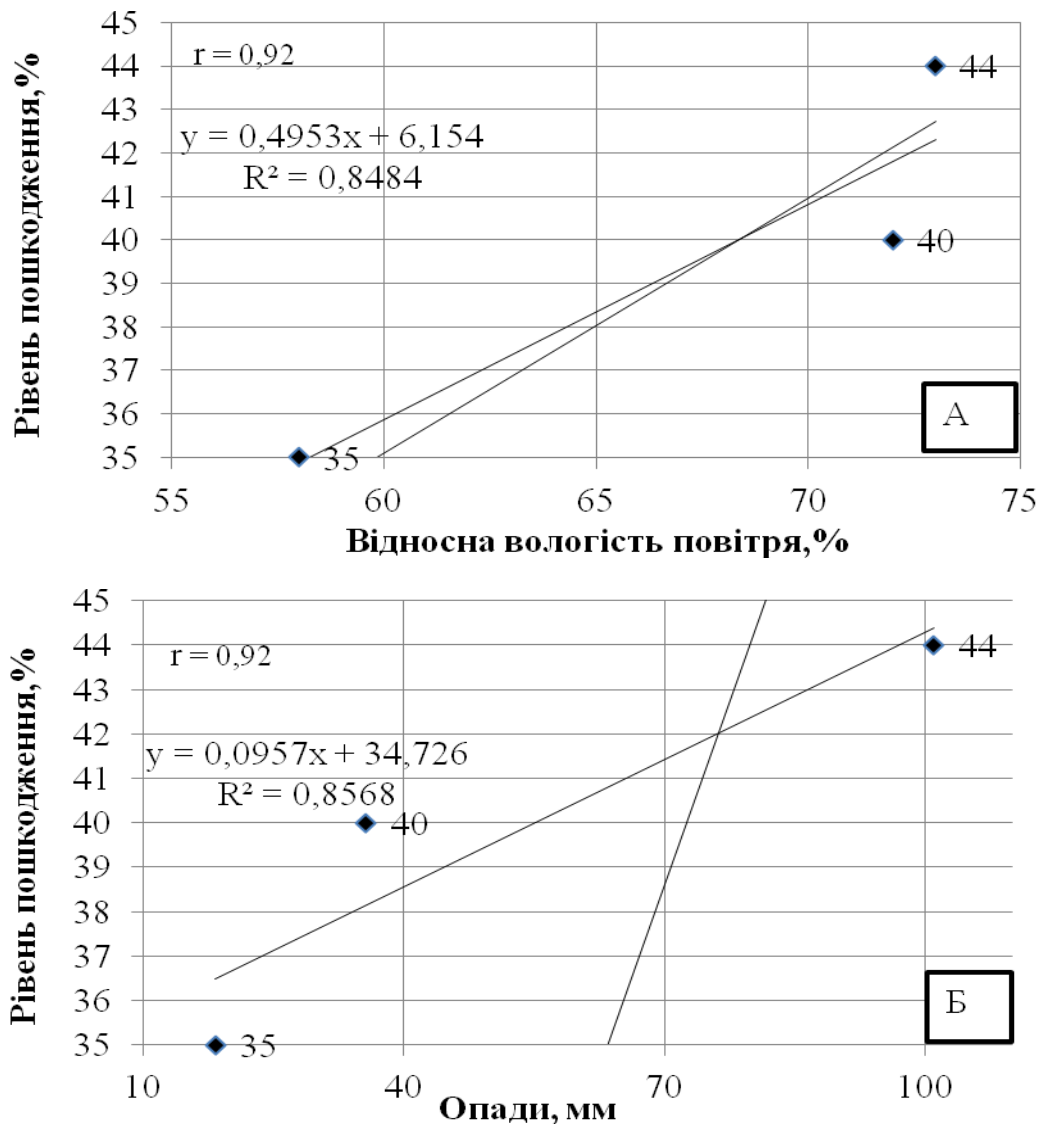


Рис. 4.2. Залежність рівня пошкодження ягід суниці сірою гниллю від: А – відносної вологості повітря; Б – опадів (2018 – 2020 рр.).

Botrytis cinerea часто залишається прихованим під чашолистиками, тому після збору врожаю починає розвиватися, як правило, близько плодоніжки, а з часом і в місцях механічного пошкодження [51].

Найбільший відсоток пошкодження ягід сірою гниллю зафіксований у 2020 році коли ВВП становила 73%, а опадів було на 46 мм більше за середньо багаторічне значення.

Під час зберігання ягід суниці у холодильній камері на чотирнадцяту добу у контролі виявлено ураження фітопатогенне пошкодження. Розвиток хвороби на ураженій ягоді відбувався стрімко і на шістнадцяту добу плід цілком був покритий щільним шаром сірого нальоту (рис. 4.3). Мікроскопічними дослідженнями встановлено ураження ягід суниці спричинене грибом *Botrytis cinerea*. У решти дослідних зразках хвороби не виявлено.

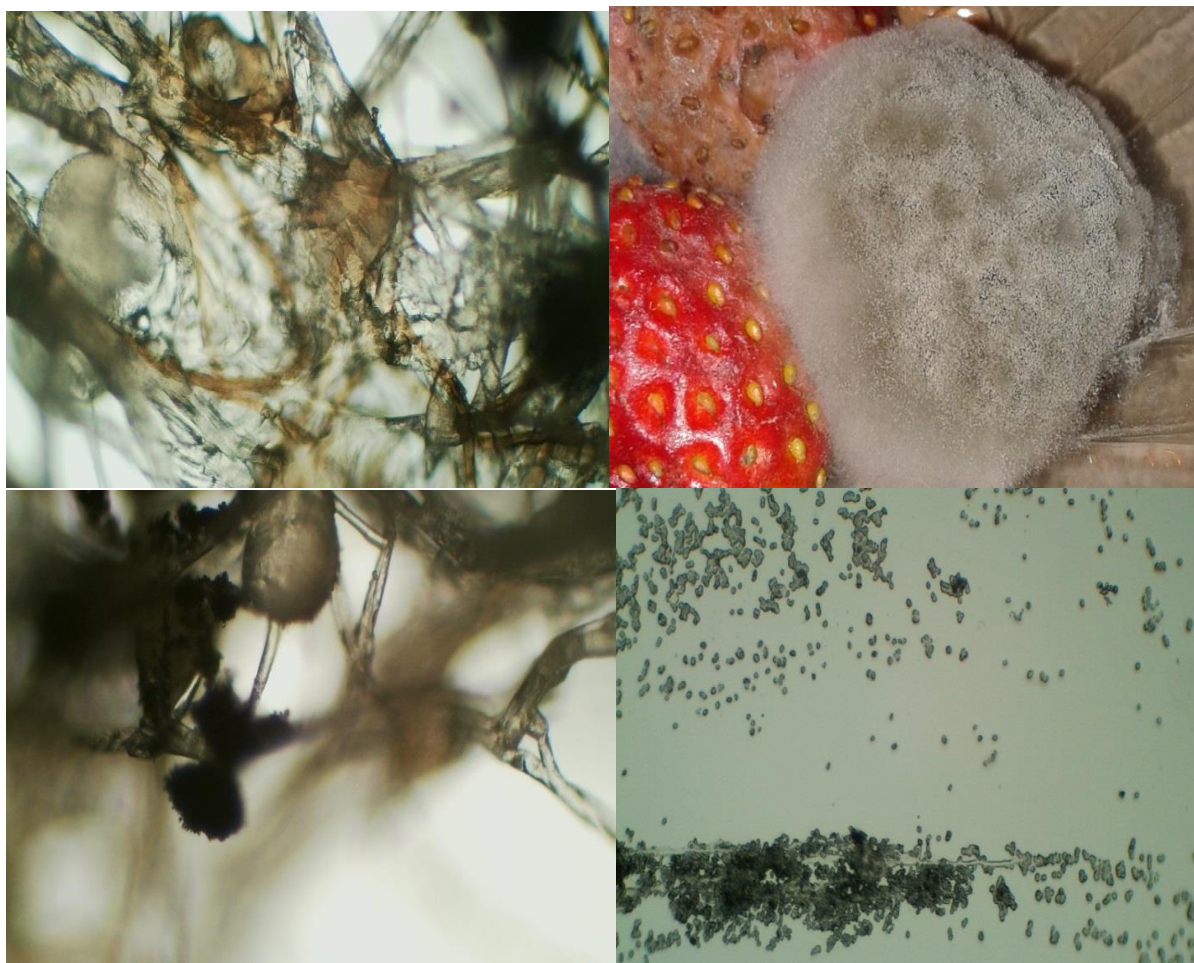


Рис. 4.3. Пошкодження ягід суниці грибом *Botrytis cinerea*

Ягоди суниці, які зберігали без охолодження мікробіологічне пошкодження зафіксоване на п'яту добу зберігання у контролі та у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,05%. На сьому добу зберігання ураження виявлене у зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,1%, 0,2% та 0,3%. На восьму добу зберігання всі досліджувані зразки ягід суниці були пошкоджені сірою гниллю (рис. 4,4).

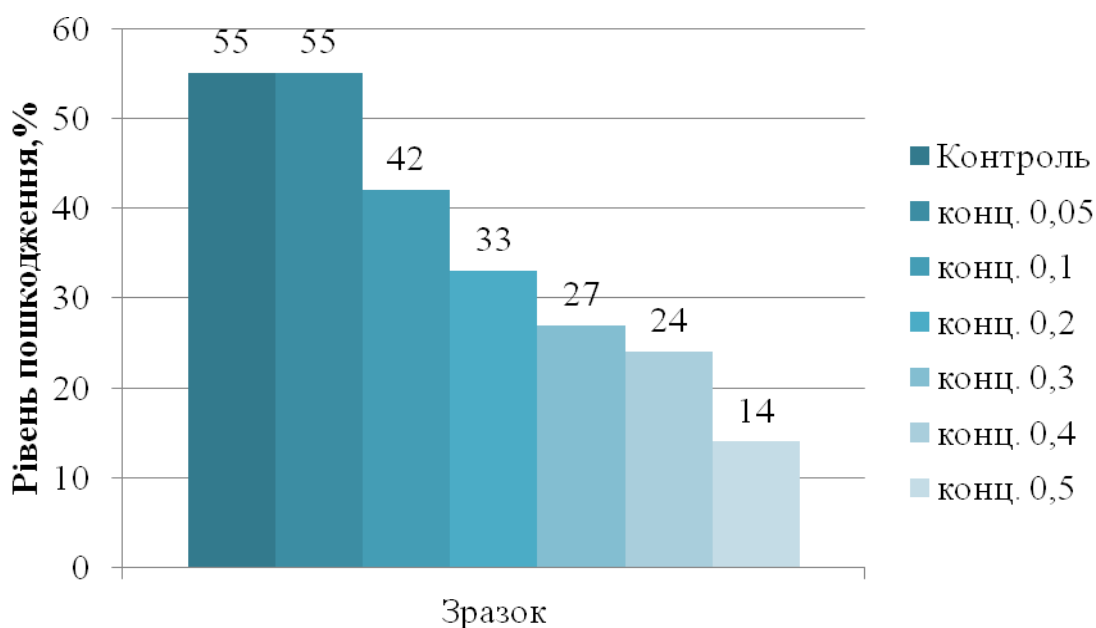


Рис. 4.4. Рівень пошкодження ягід суниці грибом *Botrytis cinerea* на восьму добу зберігання (2018 р.)

Аналізуючи результати досліджень, встановлено, що попередня обробка ягід суниці розчином хітозану значно сповільнила розвиток грибкового захворювання спричиненого збудником *Botrytis cinerea*.

4.1.2. Пошкодження ягід суниці грибом *Rhizopus stolonifera*

Rhizopus stolonifera – вид зігоміцетових грибів, який відноситься до роду *Rhizopus*. Гниль спричинена даним грибом розвивається саме під час зберігання ягід, але іноді може з'являтися і на не стиглих плодах на полі. Інтенсивний розвиток чорної гнилі відбувається за ВВП більше 85%. Патоген пошкоджує поверхню ягід та м'якуш, який з часом стає коричневого кольору та починає

бродити. *Rhizopus* належить до типу зігомикотів, які поширені у ґрунті, повітрі та рослинах. Гриб чутливий до знижених температур, тому охолодження ягід знижує розвиток хвороби [52 – 75].

Ураження ягід суниці грибом *Rhizopus stolonifera* спостерігалось протягом всіх років досліджень (рис. 4.5). Дослідженнями встановлено, що найбільш інтенсивний розвиток хвороби відбувався у 2020 році, що зумовлено високою вологістю повітря (73%) у даний період.



Рис. 4.5. Ураження ягід суниці грибом *Rhizopus stolonifera*

Розвиток хвороби у ягід суниці, які зберігались в охолоджену стані зафіксовано на вісімнадцяту добу у зразку без попередньої обробки. На двадцяту добу зберігання ураження грибом спостерігалось у варіанті з концентрацією обробки 0,05%, 0,1% та 0,2%. У решти зразків пошкоджень викликаних грибом *Rhizopus stolonifera* не встановлено.

У ягодах суниці, які зберігали без охолодження пошкодження даним патогеном виявлено на шосту добу зберігання у контролі та зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1%, 0,2%, 0,3%. На восьму добу зберігання ураження ягід суниці чорною гниллю спостерігалось у всіх зразках (рис. 4,6).

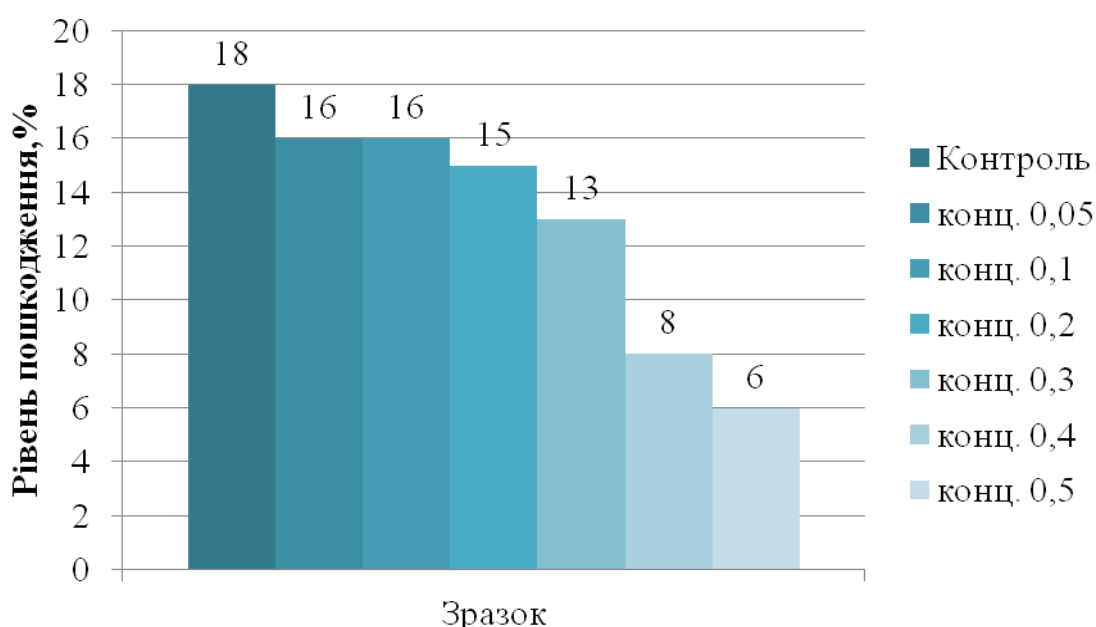


Рис. 4.6 Рівень пошкодження ягід суниці грибом *Rhizopus stolonifera* на восьму добу зберігання (2018 р.)

Встановлено, що хітозанове покриття дало змогу сповільнити розвиток чорної гнилі збудником якої є гриб *Rhizopus stolonifera*, що дозволяє зменшити відсоток втрат ягідної продукції.

4.1.3. Пошкодження ягід суниці грибом *Aspergillus niger*

Aspergillus niger – рід вищих пліснявих аеробних грибів, який активно розвивається на ягодах з механічними пошкодженнями, перестиглих та

фізіологічно ослаблених плодах. Оптимальна температура для розвитку патогену становить 8 – 10°C [76 – 78].

Цвілеві гриби роду *Aspergillus* є одними з найпоширеніших в природі, адже володіють стійкістю до дії факторів зовнішнього середовища. *Aspergillus* є представником класу сумчастих грибів, які знаходяться у ґрунті в зоні з теплим кліматом [79 – 80].

У 2018 – 2020 роках виявлено зараження ягід суниці грибом *Aspergillus niger* лише у зразках, які зберігали без охолодження (рис. 4.7).



Рис. 4.7. Пошкодження ягід суниці грибом *Aspergillus niger*.

Aspergillus вважається одним із найтоксичніших грибів, який викликає тяжкі захворювання потрапляючи в організм людини з спорами через дихальні шляхи [81, 82].

Розвиток хвороби розпочався на шосту добу зберігання у контролі та зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1%, 0,2%. На восьму добу зараження ягід чорною цвілью зафіксоване у всіх варіантах (рис. 4.8).

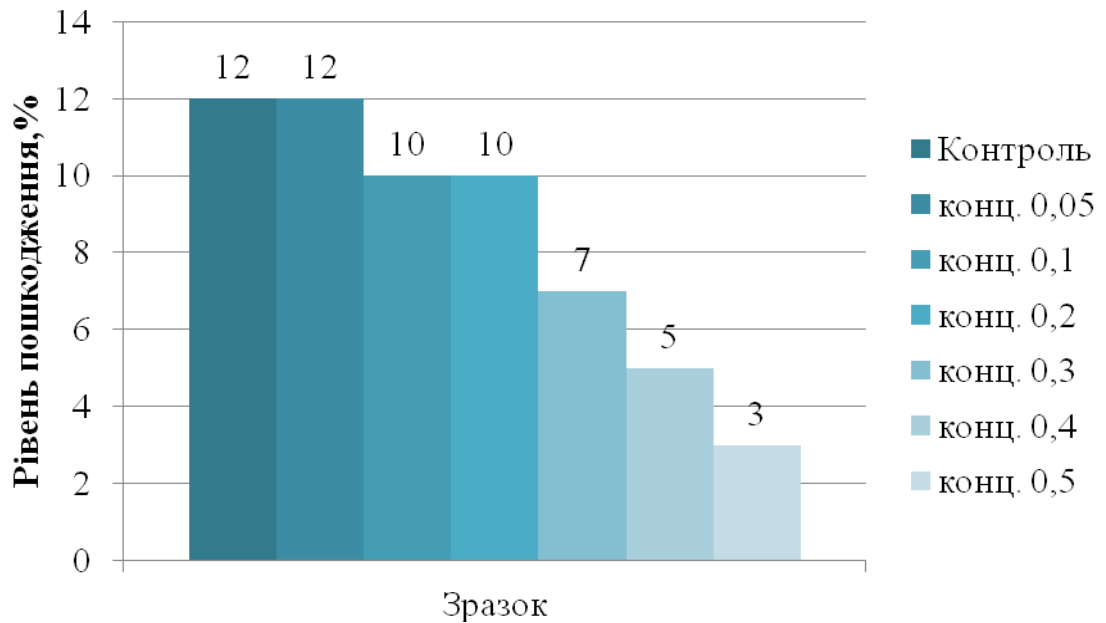


Рис. 4.8. Рівень пошкодження ягід суниці грибом *Aspergillus niger* на восьму добу зберігання (2018 р.)

Досліджено, що ягоди суниці попередньо оброблені розчином хітозану виявляли більшу стійкість до пошкодження грибом *Aspergillus niger*.

4.1.4. Пошкодження ягід суниці грибом *Mucor*

Mucor (біла цвіль) - рід нижчих цвілевих грибів класу зігоміцетів, який знаходиться у верхніх шарах ґрунту і легко поширюється потоками повітря. Для росту та розвитку грибу необхідний кисень, висока вологість повітря, тепло та органіка [83 – 90].

Mucor шкідливий для організму людини. Потрапляючи із зараженими харчовими продуктами патоген спричиняє тяжкі захворювання [91 – 93].

У ягодах суниці хвороба з'являється в місцях механічного пошкодження та інтенсивно розвивається за рахунок ідеального поживного середовища.

Досліджено, що *Mucor*, як і *Botrytis cinerea* сильно піддається впливу погодніх умов. Встановлено сильний кореляційний зв'язок між ВВП та відсотком ураження грибом ($r = 0,92$) і кількістю опадів та відсотком ураження білою цвілью ($r = 0,87$) (рис. 4.9.).

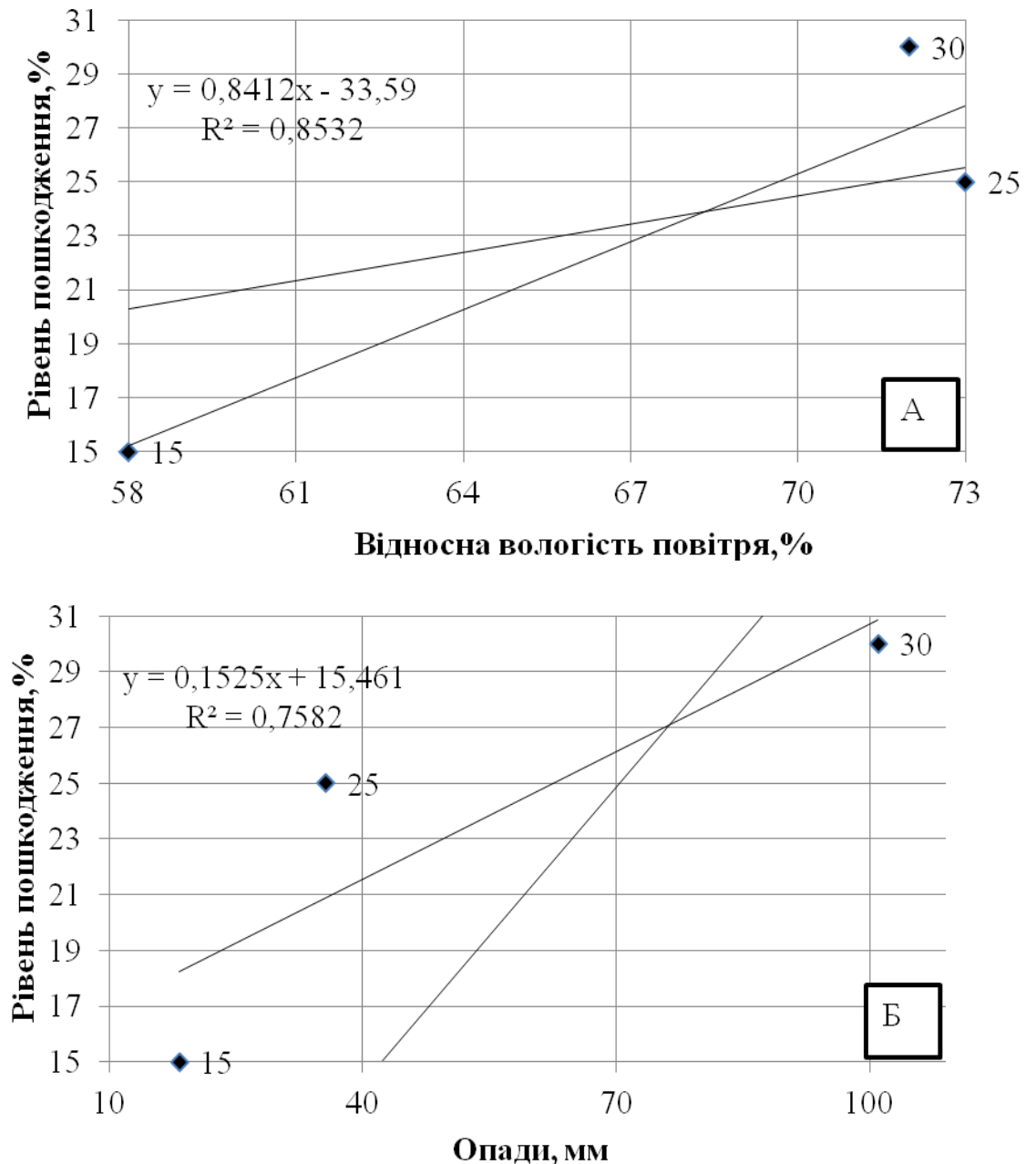


Рис. 4.9. Залежність рівня пошкодження ягід суниці грибом *Mucor* від: А – відносної вологості повітря; Б – опадів (2018 – 2020 рр.).

Розвиток білої цвілі у ягодах суниці, які зберігали у холодильній камері зафіксований на двадцять добу у контролі та зразку з концентрацією обробки хітозаном 0,05% (рис. 4.10). У решти зразків пошкоджень не виявлено.



Рис. 4.10. Пошкодження ягід суниці грибом *Miscor*

У зразках, які зберігали без охолодження, пошкодження встановлено на шосту добу у варіанті без обробки. На восьму добу зберігання ураження грибом виявлено у зразках з концентрацією обробки хітозаном 0,05%, 0,1% та 0,2% (рис.4,11).

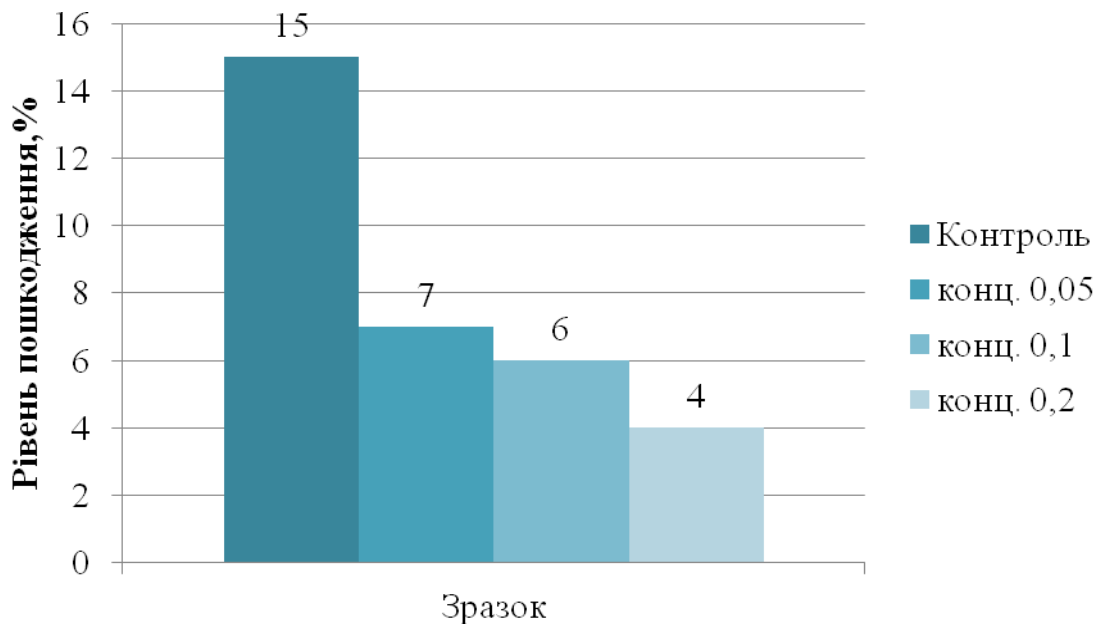


Рис. 4.11. Рівень пошкодження ягід суниці грибом *Mucor* на восьму добу зберігання (2018 р.)

Встановлено, що попередня обробка ягід суниці водними розчинами хітозану запобігає розвитку захворювання спричиненого грибом *Mucor*.

Висновки

1. Досліджено, що якісний склад патогенної мікрофлори представлений грибами *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Aspergillus niger*, *Mucor*, *Penicillium*, *Fusarium*, *Whetzelinia sclerotioru*. Зараження ягід відбувається ще на полі, але розвиток хвороби розвивається уже під час зберігання.

2. Виявлено, що найбільший відсоток пошкоджень спричинений чотирма видами грибкових захворювань: сірою гниллю (збудник *Botrytis cinerea*), чорною гниллю (збудник *Rhizopus stolonifera*), чорною цвілью (збудник *Aspergillus niger*) та білою гниллю (збудник *Mucor*).

3. Встановлено, що під час вирощування ягід погодні умови мають значний вплив на рівень пошкодження суниці під час зберігання.

4. З'ясовано, що завдяки антибактеріальним властивостям розчинів хітозану розвиток патогенної мікрофлори сповільнюється. При використанні розчину хітозану концентрацією 0,3%, 0,4% та 0,5% ураження ягід суниці грибом *Mucor* не виявлено.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dara S. K. Strawberry IPM study 2015: managing insect pests with chemical, botanical, microbial, and mechanical control options // UCANR eJournal Strawberries and Vegetables. 2015. № 30.
2. Luksiene Z., Buchovec I., Viskelis P. Impact of high-power pulsed light on microbial contamination, health promoting components and shelf life of strawberries // Food Technology and Biotechnology. 2013. Vol. 51 № 2. P. 284.
3. Luksiene Z., Paskeviciute E. Novel approach to the microbial decontamination of strawberries: chlorophyllin-based photosensitization // Journal of applied microbiology. 2011. № 110(5). P. 1274-1283.
4. Gani A., Baba W. N., Ahmad M., Shah, U. et. al. Effect of ultrasound treatment on physico-chemical, nutraceutical and microbial quality of strawberry // LWT-Food Science and Technology. 2016. № 66. P. 496-502.
5. Wei W., Wang X., Xie Z. et. al. Evaluation of sanitizing methods for reducing microbial contamination on fresh strawberry, cherry tomato, and red bayberry // Frontiers in microbiology. 2017. № 8. P. 2397.
6. Dara S. K. Strawberry IPM study 2014: managing insect pests with chemical, botanical, microbial, and other pesticides. ucanr // E- Journal of entomology and biologicals. 2015. P. 48-52.
7. Lafarga T., Colás-Medà P., Abadías M. et. al. Strategies to reduce microbial risk and improve quality of fresh and processed strawberries: A review // Innovative Food Science & Emerging Technologies. 2019. № 52. P. 197-212.
8. Nasrin T. A. A., Rahman M. A., Hossain M. A. et. al. Postharvest quality response of strawberries with aloe vera coating during refrigerated storage // The journal of horticultural science and biotechnology. 2017. Vol. 92 № 6. P. 598-605.
9. Chen Y., Dong Y., Wang H. et. al. Effects of different agricultural managements on characteristics of soil microbial community under continuous

- cropped strawberry (*Fragaria ananassa* Duchesne) // *Agricultural Science & Technology-Hunan*. 2011. № 12(6). P. 870-875.
10. Delbeke S., Ceuppens S., Hessel C. T. et. al. Microbial safety and sanitary quality of strawberry primary production in Belgium: Risk factors for *Salmonella* and Shiga toxin-producing *Escherichia coli* contamination // *Applied and environmental microbiology*. 2015. Vol. 81. № 7. P. 2562-2570.
 11. Nazir N., Singh S. R., Sharma, M. K. et. al. Effect of integrated organic nutrient sources on soil nutrient status and microbial population in strawberry field // *Indian Journal of Horticulture*. 2012. № 69 (2). P. 177-180.
 12. Luksiene Z., Buchovec I. Impact of chlorophyllin-chitosan coating and visible light on the microbial contamination, shelf life, nutritional and visual quality of strawberries // *Innovative Food Science & Emerging Technologies*. 2019. № 52. P. 463-472.
 13. Jin, Y. Y., Kim, Y. J., Chung, K. S. et. al. Effect of aqueous chlorine dioxide treatment on the microbial growth and qualities of strawberries during storage // *Food Science and Biotechnology*. 2007 № 16(6). P. 1018-1022.
 14. McPhie D., Burrack H. J. Effects of microbial, organically acceptable, and reduced risk insecticides on *Anthonomus signatus* (Curculionidae: Coleoptera) in strawberries (*Fragaria* × *ananassa*) // *Crop Protection*. 2016. № 89. P. 255-258
 15. Jin P., Wang H., Zhang Y. et. al. UV-C enhances resistance against gray mold decay caused by *Botrytis cinerea* in strawberry fruit // *Scientia Horticulturae*. 2017. № 225. P. 106-111.
 16. Dowling M. E., Schnabel G. First report of *Botrytis mali* causing gray mold on strawberry in the United States // *Plant Disease*. 2017. Vol. 101 № 6. P. 1034.
 17. Lopes U. P., Zambolim L., Capobianco N. P. et. al. Resistance of *Botrytis cinerea* to fungicides controlling gray mold on strawberry in Brazil // *Bragantia*. 2017. Vol. 76 № 2. P. 266-272.

18. Xu Y., Tong Z., Zhang X. et. al. Unveiling the mechanisms for the plant volatile organic compound linalool to control gray mold on strawberry fruits // Journal of agricultural and food chemistry. 2019. Vol. 67 № 33. P. 9265-9276.
19. Kamaruzzaman M., Hao F., Wu M., Li G. Gray mold of strawberry (*Fragaria ananassa*) caused by a rare pink-colored isolate of *Botrytis cinerea* in China // Australasian Plant Pathology. 2018. № 47(6). P. 587-589.
20. Fernández-Ortuño D., Pérez-García A., Chamorro M. et. al. Resistance to the SDHI fungicides boscalid, fluopyram, fluxapyroxad, and penthiopyrad in *Botrytis cinerea* from commercial strawberry fields in Spain // Plant disease. 2017. Vol. 101. № 7. P. 1306-1313.
21. Rupp S., Plesken C., Rumsey S. et. al. *Botrytis fragariae*, a new species causing gray mold on strawberries, shows high frequencies of specific and efflux-based fungicide resistance // Applied and environmental microbiology. 2017. Vol. 83. № 9.
22. Chen P. H., Chen R. Y., Chou J. Y. Screening and evaluation of yeast antagonists for biological control of *Botrytis cinerea* on strawberry fruits // Mycobiology. 2017. № 46. P. 33-46.
23. Cosseboom S. D., Ivors K. L., Schnabel G., Holmes G. J. First report of *Botrytis mali* causing gray mold on strawberry in California // Plant Disease. 2018. Vol. 102 № 3. P. 679.
24. Maia J. N., Beger, G., Pereira, W. V. et. al. Gray mold in strawberries in the Paraná state of Brazil is caused by *Botrytis cinerea* and its isolates exhibit multiple-fungicide resistance // Crop Protection. 2020. № 105415.
25. Rupp S., Weber R. W., Rieger D. et. al. Spread of *Botrytis cinerea* strains with multiple fungicide resistance in German horticulture // Frontiers in microbiology. 2017. № 7. P. 2075.
26. Oro L., Feliziani E., Ciani M. et. al. Volatile organic compounds from *Wickerhamomyces anomalus*, *Metschnikowia pulcherrima* and *Saccharomyces cerevisiae* inhibit growth of decay causing fungi and control postharvest

- diseases of strawberries // International journal of food microbiology. 2018. № 265. P. 18-22.
27. Cosseboom S. D., Ivors K. L., Schnabel G. et. al. Within-season shift in fungicide resistance profiles of *Botrytis cinerea* in California strawberry fields // Plant disease. 2019. Vol. 103 № 1. P. 59-64.
 28. Kim J. O., Shin J. H., Gumilang A. et. al. Effectiveness of different classes of fungicides on *Botrytis cinerea* causing gray mold on fruit and vegetables // The plant pathology journal. 2016. № 32(6). P. 570.
 29. Liu S., Shao X., Wei Y., Li, Y. et. al. *Solidago canadensis* L. essential oil vapor effectively inhibits *Botrytis cinerea* growth and preserves postharvest quality of strawberry as a food model system // Frontiers in microbiology. 2016. № 7. P. 1179.
 30. Sautua F. J., Baron C., Pérez-Hernández O., Carmona M. A. First report of resistance to carbendazim and procymidone in *Botrytis cinerea* from strawberry, blueberry and tomato in Argentina // Crop Protection. 2019. Vol. 125. № 104879.
 31. Janisiewicz W. J., Takeda F., Glenn D. M. et. al. Dark period following UV-C treatment enhances killing of *Botrytis cinerea* conidia and controls gray mold of strawberries // Phytopathology. 2016. Vol. 106 № 4. P. 386-394.
 32. Oliveira M. S., Amiri A., Zuniga A. I., Peres N. A. Sources of primary inoculum of *Botrytis cinerea* and their impact on fungicide resistance development in commercial strawberry fields // Plant Disease. 2017. Vol. 101 № 10. P. 1761-1768.
 33. Hu M. J., Fernández-Ortuño D., Schnabel G. Monitoring resistance to SDHI fungicides in *Botrytis cinerea* from strawberry fields // Plant Disease. 2016. Vol. 100. № 5. P. 959-965.
 34. Forges M., Vàsquez H., Charles F. et. al. Impact of UV-C radiation on the sensitivity of three strawberry plant cultivars (*Fragaria x ananassa*) against *Botrytis cinerea* // Scientia Horticulturae. 2018. № 240. P. 603-613.

35. Mertely J. C., Oliveira M. S., Peres N. A. Botrytis fruit rot or gray mold of strawberry // EDIS. 2018 № 1. P. 1-4
36. Shen H., Wei Y., Wang X. et. al. The marine yeast *Sporidiobolus pararoseus* ZMY-1 has antagonistic properties against *Botrytis cinerea* in vitro and in strawberry fruit // Postharvest Biology and Technology. 2018. № 150. P. 1-8.
37. Fernández-Ortuño D., Toré J. A., Pérez-García, A., de Vicente A. First report of fludioxonil resistance in *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold, from strawberry fields in Spain // Plant Disease. 2016. Vol. 100 № 8. P. 1779-1779.
38. Awad H. M. Antifungal potentialities of chitosan and *Trichoderma* in controlling *Botrytis cinerea*, causing strawberry gray mold disease // Journal of Plant Protection and Pathology. 2017. № 8(8). P. 371-378.
39. Peng J. I. N., Zheng C., Huank Y. P., Wang X. L. et. al. Hot air treatment activates defense responses and induces resistance against *Botrytis cinerea* in strawberry fruit // Journal of Integrative Agriculture. 2016. № 15 (11). P. 2658-2665.
40. Wang H. C., Li L. C., Cai B. et. al. Metabolic phenotype characterization of *Botrytis cinerea*, the causal agent of gray mold. *Frontiers in microbiology*. 2018. № 9. P. 470.
41. Pokorny A., Smilanick J., Xiao C. L., Farrar J. J. et. al. Determination of fungicide resistance in *Botrytis cinerea* from strawberry in the Central Coast region of California // Plant health progress. 2016. № 17 (1). P. 30-34.
42. Wang K., Liao Y., Xiong Q., Kan J. et. al. Induction of direct or priming resistance against *Botrytis cinerea* in strawberries by β -aminobutyric acid and their effects on sucrose metabolism // Journal of agricultural and food chemistry. 2016. Vol. 64 № 29. P. 5855-5865.
43. Zhang G., Jia S., Yan Z. et. al. A strawberry mitogen-activated protein kinase gene, FaMAPK19, is involved in disease resistance against *Botrytis cinerea* // *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 265. № 109259.

44. Li X., Xie X., Xing F. et. al. Glucose oxidase as a control agent against the fungal pathogen *Botrytis cinerea* in postharvest strawberry // *Food Control*. 2019. № 105. P. 277-284.
45. Xiong J. S., Zhu H. Y., Bai Y. B. et. al. RNA sequencing-based transcriptome analysis of mature strawberry fruit infected by necrotrophic fungal pathogen *Botrytis cinerea* // *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 2018. № 104. P. 77-85.
46. Tomas-Grau R. H., Requena-Serra F. J., Hael-Conrad V., Martínez-Zamora, M. G. et. al. Soft mechanical stimulation induces a defense response against *Botrytis cinerea* in strawberry // *Plant cell reports*. 2018. Vol. 37. № 2. P. 239-250.
47. Adnan M., Hamada M. S., Hahn M. et. al. Fungicide resistance of *Botrytis cinerea* from strawberry to procymidone and zoxamide in Hubei, China // *Phytopathology Research*. 2019. № 1(1) P. 17.
48. Vicente-Hernández A., Salgado-Garciglia R., Valencia-Cantero E. et. al. *Bacillus methylotrophicus* M4-96 Stimulates the Growth of Strawberry (*Fragaria* × *ananassa* ‘Aromas’) Plants In Vitro and Slows *Botrytis cinerea* Infection by Two Different Methods of Interaction // *Journal of Plant Growth Regulation*. 2019. Vol. 38 № 3. P. 765-777.
49. Wu Y., Saski C. A., Schnabel G., Xiao S. A high-quality genome resource of *Botrytis fragariae*, a new and rapidly spreading fungal pathogen causing strawberry gray mold in the USA // *Phytopathology*. 2020. Vol. 111 № 3. P. 496-499
50. Dowling M. E., Hu M. J., Schnabel G. Identification and characterization of *Botrytis fragariae* isolates on strawberry in the United States // *Plant Disease*. 2017. Vol. 101. № 10. P. 1769-1773.
51. Bernal A. R. R., Contigiani E. V., González H. H. et. al. *Botrytis cinerea* response to pulsed light: Cultivability, physiological state, ultrastructure and

- growth ability on strawberry fruit // International journal of food microbiology. 2019. Vol. 309. № 108311.
52. Lin C. P., Tsai J. N., Ann P. J. et. al. First report of *Rhizopus* rot of strawberry fruit caused by *Rhizopus stolonifer* in Taiwan // Plant Disease. 2017. Vol. 101. № 1. P. 254.
 53. De Corato U., Salimbeni R., De Pretis A. Evaluation of an alternative mean for controlling postharvest *Rhizopus* rot of strawberries // Advances in Horticultural Science. 2018. № 32(3). P. 325-334.
 54. Feliziani E., Romanazzi G. Postharvest decay of strawberry fruit: Etiology, epidemiology, and disease management // Journal of Berry Research. 2016. № 6 (1). P. 47-63.
 55. Rojas-Flores C., Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S. Metabolic response and volatile profile induced by temperature, on *Colletotrichum fragariae* and *Rhizopus stolonifera* // Journal of Phytopathology. 2018. № 166. P. 809-820.
 56. Greenshields M. W., Cunha B. B., Coville N. J. et. al. Fungi Active Microbial Metabolism Detection of *Rhizopus* sp. and *Aspergillus* sp. Section *Nigri* on Strawberry Using a Set of Chemical Sensors Based on Carbon Nanostructures // Chemosensors. 2016. № 4(3). P. 19.
 57. Tančinová D., Mašková Z., Foltinová D. et. al. Effect of essential oils of Lamiaceae plants on the *Rhizopus* spp // Potravinarstvo. 2018. Vol. 12. № 1.
 58. Yang S., Zhou Y., Ye J. et. al. Effects of poplar buds as an alternative to propolis on postharvest diseases control of strawberry fruits // Journal of the Science of Food and Agriculture. 2016. Vol. 96. № 6. P. 2136-2141.
 59. Scruggs A. C., Quesada-Ocampo L. M. Cultural, chemical, and alternative control strategies for *Rhizopus* soft rot of sweetpotato // Plant Disease. 2016. Vol. 100. № 8. P. 1532-1540.
 60. Salem E. A., Youssef K., Sanzani S. M. Evaluation of alternative means to control postharvest *Rhizopus* rot of peaches // Scientia horticulturae. 2016. № 198. P. 86-90.

61. Wang J., Cao S., Wang L., Wang X. et. al. Effect of β -aminobutyric acid on disease resistance against *Rhizopus* rot in harvested peaches // *Frontiers in Microbiology*. 2018. Vol. 9. № 1505.
62. Ramos-Guerrero A., González-Estrada R. R., Hanako-Rosas G. et. al. Use of inductors in the control of *Colletotrichum gloeosporioides* and *Rhizopus stolonifer* isolated from soursop fruits: in vitro tests // *Food science and biotechnology*. 2018. № 27(3). P. 755-763.
63. Baggio J. S., Gonçalves F. P., Lourenço S. A. et. al. Direct penetration of *Rhizopus stolonifer* into stone fruits causing rhizopus rot // *Plant Pathology*. 2016. Vol. 65. № 4. P. 633-642.
64. Athayde A. J. A. A., De Oliveira P. D. L., Guerra I. C. D. et. al. A coating composed of chitosan and *Cymbopogon citratus* (Dc. Ex Nees) essential oil to control *Rhizopus* soft rot and quality in tomato fruit stored at room temperature // *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*. 2016. Vol. 91. № 6. P. 582-591.
65. Yousef N., Niloufar M., Elena P. Antipathogenic effects of emulsion and nanoemulsion of cinnamon essential oil against *Rhizopus* rot and grey mold on strawberry fruits // *Foods and Raw materials*. 2019. Vol. 7. № 1.
66. Rojas-Flores C., Ventura-Aguilar R. I., Bautista-Baños S. et. al. Estimating CO₂ and VOCs production of *Colletotrichum fragariae* and *Rhizopus stolonifer* grown in cold stored strawberry fruit // *Microbiological research*. 2019. Vol. 228. № 126327.
67. Oliveira J., Parisi M. C. M., Baggio J. S. et. al. Control of *Rhizopus stolonifer* in strawberries by the combination of essential oil with carboxymethylcellulose // *International journal of food microbiology*. 2019. № 292. P. 150-158.
68. Agyare S., Magan N., Xu X. Conditions for infection of strawberry fruit by *M. piriformis* and *Rhizopus* spp. // *European Journal of Plant Pathology*. 2020. Vol. 157. P. 65-75.

69. Cloutier A., Tran S., Avis T. J. Suppressive effect of compost bacteria against grey mould and Rhizopus rot on strawberry fruit // Biocontrol Science and Technology. 2020. Vol. 30. № 2. P. 143-159.
70. Hartanti A. T., Raharjo A., Gunawan A. W. Rhizopus Rotting on Agricultural Products in Jakarta // HAYATI Journal of Biosciences. 2020. № 27. P. 37-37.
71. Rezende, J. L., Fernandes, C. C., Costa, A. O. M. et. al. Antifungal potential of essential oils from two varieties of Citrus sinensis (lima orange and bahia navel orange) in postharvest control of Rhizopus stolonifer (Ehrenb.: Fr.) Vuill // Food Science and Technology. 2020. № 40 P. 405-409.
72. Bautista-Baños S., Bosquez-Molina E., Barrera-Necha L. L. Rhizopus stolonifer (Soft rot) // In Postharvest decay. 2014. P. 1-44.
73. Behdad M., Etemadi N. A., Behdad E., Zeinali H. Antifungal effects of three plant essential oils against Rhizopus stolonifer, the cause of soft rot on strawberry fruit // Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 2013. № 29 (2). P. 399-411.
74. Jahanbakhsh V. Effects of Essential Oils to Control Rhizopus stolonifer in vitro and in vivo on Strawberry // J. BIOL. ENVIRON. SCI. 2014. Vol. 8. № 23. P. 71-78.
75. Xu B., Zhang H., Chen K., Xu Q. et. al. Biocontrol of postharvest Rhizopus decay of peaches with Pichia caribbica // Current microbiology. 2013. № 67(2). P. 255-261.
76. Sandri I. G., Silveira M. M. D. Production and application of pectinases from Aspergillus niger obtained in solid state cultivation // Beverages. 2018. № 4(3). P. 48.
77. Nabigol A., Morshedi H. Evaluation of the antifungal activity of the Iranian thyme essential oils on the postharvest pathogens of strawberry fruits // African Journal of Biotechnology. 2011. Vol. 10 № 48. P. 9864-9869.
78. Jensen B., Knudsen I. M., Andersen, B. et. al. Characterization of microbial communities and fungal metabolites on field grown strawberries from organic

- and conventional production // International journal of food microbiology. 2013. Vol. 160 № 3. P. 313-322.
79. Chen D. *Aspergillus niger* Control on Strawberries by Recombinant Tobacco Osmotin for Extending Shelf-life (Doctoral dissertation). 2012.
 80. Jahani M., Pira M., Aminifard M. H. Antifungal effects of essential oils against *Aspergillus niger* in vitro and in vivo on pomegranate (*Punica granatum*) fruits // *Scientia Horticulturae*. 2020. Vol. 264. № 109188.
 81. Khan M., Siddiqui M. Antimicrobial activity of Piper fruits // *Natural Product Radiance*. 2007. Vol. 6 (2). P. 111-113.
 82. dos Santos N. S. T., Aguiar A. J. A. A., de Oliveira C. E. V. et. al. Efficacy of the application of a coating composed of chitosan and *Origanum vulgare* L. essential oil to control *Rhizopus stolonifer* and *Aspergillus niger* in grapes (*Vitis labrusca* L.) // *Food microbiology*. 2012. № 32(2). P. 345-353.
 83. Gherbawy Y. A., Hussein N. A. Molecular characterization of *Mucor circinelloides* and *Rhizopus stolonifer* strains isolated from some Saudi fruits // *Foodborne pathogens and disease*. 2010. № 7(2). P. 137-142.
 84. Paterson R. R. M., Lima N. Filamentous fungal human pathogens from food emphasising *Aspergillus*, *Fusarium* and *Mucor* // *Microorganisms*. 2017. № 5(3) P. 44.
 85. Saito S., Michailides T. J., Xiao C. L. *Mucor* rot—an emerging postharvest disease of mandarin fruit caused by *Mucor piriformis* and other *Mucor* spp. In california // *Plant disease*. 2016. Vol. 100. № 6. P. 1054-1063.
 86. Wallace R. L., Hirkala D. L., Nelson L. M. Efficacy of *Pseudomonas fluorescens* for control of *Mucor* rot of apple during commercial storage and potential modes of action // *Canadian journal of microbiology*. 2018. № 64(6). P. 420-431.
 87. López, S. N., Sangorrín, M. P., & Pildain, M. B. (2016). Fruit rot of sweet cherries and raspberries caused by *Penicillium crustosum* and *Mucor piriformis*

- in South Patagonia, Argentina. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 38(4), 511-516.
88. Wallace R. L., Hirkala D. L., Nelson L. M. Biological control of *Botrytis cinerea*, *Penicillium expansum*, and *Mucor piriformis* on 'Gala' and 'McIntosh' apples using *Pseudomonas fluorescens* strains // In III International Symposium on Postharvest Pathology: Using Science to Increase Food Availability 1144. 2015. P. 113-120.
89. Hameed A., Hussain S. A., Yang J. et. al. Antioxidants potential of the filamentous fungi (*Mucor circinelloides*) // *Nutrients*. 2017. Vol. 9 (10). № 1101.
90. Udoh I. P., Eleazar C. I., Ogeneh B. O., Ohanu M. E. Studies on fungi responsible for the spoilage/deterioration of some edible fruits and vegetables // *Advances in microbiology*. 2015. № 5(04). P. 285.
91. Teixidó N., Torres R., Viñas I. et. al. Biological control of postharvest diseases in fruit and vegetables // In *Protective Cultures, Antimicrobial Metabolites and Bacteriophages for Food and Beverage Biopreservation*. 2011. P. 364-402.
92. Kwon J. H., Hong S. B. Soft rot of tomato caused by *Mucor racemosus* in Korea // *Mycobiology*. 2005. № 33(4). P. 240-242.
93. Rodionova K. O. Value Health Regulations in the Management of Food Safety (HACCP) // *VALUE HEALTH*. 2006. № 19. P. 131-144.

РОЗДІЛ 5

РОЗРОБЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ НАНЕСЕННЯ ХІТОЗАНУ НА ПОВЕРХНЮ ЯГІД СУНИЦІ

Попередню обробку плодово-ягідної сировини можна провести кількома способами: повним або частковим зануренням плодів у робочий розчин, обприскування на материнській рослині та обприскування на місці зберігання сировини [1 – 3]. Кожен із цих способів довів свою ефективність та може бути використаний у технології зберігання. Вибір способу попередньої обробки може залежати від виду сировини, технічного оснащення підприємства та реологічних властивостей робочих розчинів.

В ході наукового експерименту було досліджено вплив попередньої обробки водними розчинами низькомолекулярного хітозану на зміну якісних показників ягід суниці під час зберігання.

Обробку ягід виконували шляхом повного занурення у розчин та шляхом обприскування з наступним видаленням зайвої вологи.

Аналіз графічних зображень висвітлених у попередніх розділах свідчить про неістотну різницю між застосованими способами, що дає можливість ефективно використовувати обидва.

На основі отриманих результатів були розроблені технологічні схеми застосування попередньої обробки ягід суниці (рис. 5.1).

За першою технологічною схемою обробку пропонується проводити шляхом повного занурення ягід у попередньо приготовані робочі розчини хітозану. Витрата розчину становить 200 літрів на 1000 кг.

Збір суниці виконують зранку в суху та ясну погоду у перфоровані пластикові контейнери з кришкою місткістю 1 кг або у ящик місткістю 3 кг. Ягоди збирають у споживчій стадії стиглості виконуючи товарну обробку (інспектування). Під час інспектування відбраковують ягоди з фітопатогенним пошкодженням, фізіологічними розладами та не типовими органолептичними показниками (зміна кольору, форми та консистенції).

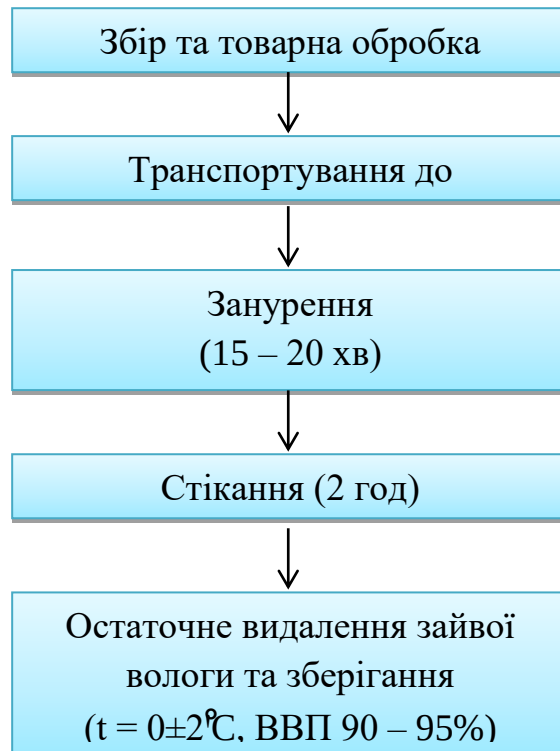


Рис. 5.1. Технологічна схема застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану

Зібрані ягоди з поля транспортують до сховища. Після доставки ягід у сховище розпочинають обробку, яку можуть проводити двома способами: шляхом занурення ягід без тари у ванни з розчином та шляхом занурення у тарі.

За першим способом з допомогою транспортерної стрічки ягоди подаються у ванни з робочим розчином, де витримуються 1 – 2 хвилини, після чого ягоди за допомогою транспортерної стрічки витягують з розчину та розміщують на решітках над піддонами для стікання зайвого розчину (10 – 15 хвилин). Остаточне видалення вологи відбувається за рахунок обдування охолодженим повітрям ($t = 5^{\circ}\text{C}$), після чого ягоди фасують у тару та зберігають у холодильній камері за температури $0\pm 2^{\circ}\text{C}$, ВВП 90 – 95%.

За другим способом ягоди суниці, які знаходяться в перфорованих пластикових контейнерах з кришкою у пластикових ящиках за допомогою тельферу занурюють у ванну з робочим розчином, витримують 15 – 20 хвилин, після чого за допомогою тельферу витягують та розміщують над піддонами для

стікання зайвої рідини (2 години). Після стікання ягоди відправляють у холодильну камеру, де відбувається остаточне видалення вологи та зберігання.

За другою технологічною схемою ягоди суниці після транспортування обробляють шляхом обприскування на транспортерній стрічці за допомогою встановленого душового пристрою (рис. 5.2).

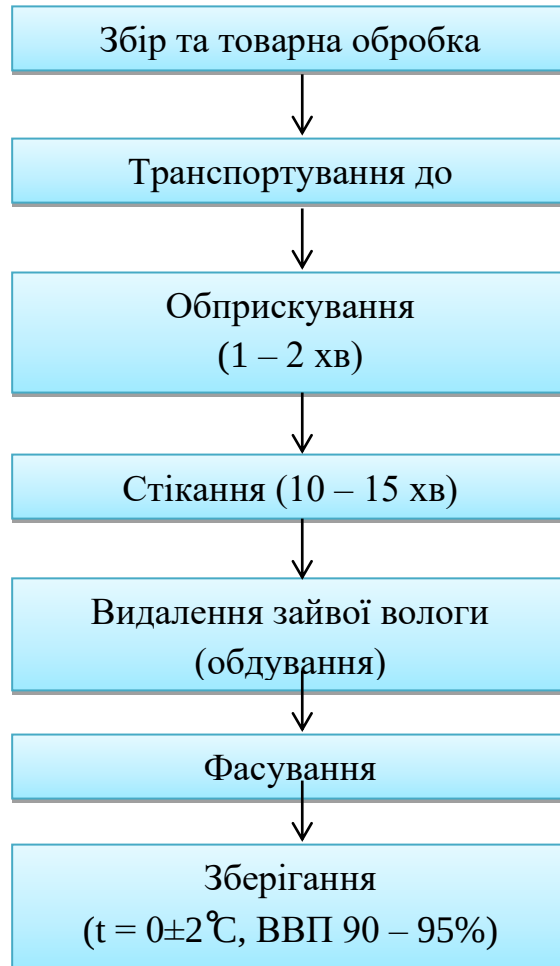


Рис. 5.2. Технологічна схема застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану способом обприскування.

Витрата розчину становить 100 л на 1000 кг продукції. Зайва рідина стікає у спеціальний піддон для збору відпрацьованих розчинів. Оброблені ягоди обдувають охолодженим повітрям для остаточного видалення вологи ($t = 5^{\circ}\text{C}$), після чого фасують у тару та зберігають у холодильній камері за температури $0\pm 2^{\circ}\text{C}$, ВВП 90 – 95%.

Для підприємств з невеликим обсягом виробництва пропонується спрощена технологія (рис. 5.3).



Рис. 5.2 Спрощена технологічна схема застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану.

Ягоди розміщують на решітках під якими встановлюють лотки для стікання зайвого розчину. Ягоди обприсковують та залишають у вентильованому приміщенні на 4 години для повного висихання. Витрата розчину становить 10 л на 100 кг продукції. Сухі ягоди фасують та відправляють на зберігання або реалізацію.

Висновки до розділу 5

1. Розроблено технологію нанесення хітозану на поверхню ягід суниці шляхом повного занурення ягід у розчин. Запропоновано два способи занурення: занурення ягід без тари у ванни з робочим розчином та занурення ягід у тарі.

2. Розроблено технологію нанесення хітозану на поверхню ягід суниці шляхом обприскування.

3. Для підприємств з малим обсягом виробництва представлена спрощена технологія застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану, яка не потребує великої кількості технологічного обладнання.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ленерт С. О. Оцінка ефективності способів попередньої обробки білих коренеплодів // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2006. № 6. С. 19-23.
2. Осокіна Н. М., Василичина О. В. Вплив післязбиральної обробки плодів вишні речовинами антимікробної дії на їх якість при зберіганні // Збірник наукових праць Уманського державного аграрного університету. 2009. № 8. С. 94
3. Сердюк М. Є., Байбєрова С. С., Гапріндашвілі Н. А. Investigation of the influence of processing methods by antioxidant compositions on the keeping quality of the fruit // Technology audit and production reserves. 2016. № 4(30). С. 43-47.

РОЗДІЛ 6

ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЯГІД СУНИЦІ ХІТОЗАНОМ

Ягідний ринок України доволі нестабільний, що зумовлено сезонністю. Наповнення його суницею відбувається з травня до серпня, коли ягоди масово досягають. Ягоди суниці мають короткий термін зберігання, а в період коли пропозиція значно перевищує попит частина продукції втрачається, тому виникає гостра необхідність застосування додаткових засобів зберігання. Одним із способів збільшити термін зберігання сировини є застосування їстівних покриттів, які наносять на поверхню плодів для захисту від негативного впливу зовнішніх факторів[1].

Економічна ефективність попередньої обробки полягає не лише у подовженні терміну реалізації, а й у зменшенні природних втрат маси, підвищенні виходу стандартних ягід, покращенню органолептичних показників та біологічної цінності [2].

В період масового збору врожаю ціна оптової партії ягід суниці з поля у 2020 році була рекордно високою і становила 40 грн/кг

Економічна ефективність попередньої обробки ягід характеризується рівнем прибутку та рівнем рентабельності, які залежать від собівартості продукції, витрат на препарат, тару, заробітну плату та ціни реалізації після зберігання.

Для встановлення собівартості продукції рахували основні витрати, які включали:

- Витрати на сировину.
- Витрати на транспортування до місця зберігання.
- Витрати на попередню обробку.
- Витрати на заробітну плату.
- Витрати на тару.
- Енерговитрати.

Економічна ефективність попередньої обробки хітозаном залежно від способу зберігання представлена в таблиці 6.1; 6.2 та додатку

Таблиця 6.1.

Економічна ефективність застосування попередньої обробки хітозаном при зберіганні ягід суниці в холодильній камері

Показник	Контроль (без обробки)	Обробка розчином хітозану 0,5% концентрації
Кількість продукції закладеної на зберігання, т	100	100
Вихід товарної продукції, т	60	85
Вихід товарної продукції, %	60	85
Ціна реалізації, 1 т	55000	75000
Виручка від реалізації, тис. грн.	3300	6375
Собівартість продукції 1т, грн.	45711,48	53497,84
Собівартість реалізованої продукції, тис. грн.	2742	4547
Прибуток, тис. грн.	558	1828
Рівень рентабельності, %	20,3	40,2

Аналіз табличних даних економічної ефективності дозволяє стверджувати про доцільність обробки ягід суниці розчином хітозану. Вихід товарної продукції після зберігання оброблених ягід у холодильній камері становить 85%, що на 25% більше ніж у контролі. Собівартість однієї тони оброблених ягід збільшується на 7786,37 гривень, але це дозволило отримати товар високої якості після зберігання. Прибуток отриманий з оброблених ягід становить у розмірі 21505,9 грн/т за рівня рентабельності 40,2%, натомість у контролі прибуток знаходився на рівні 9300,0 грн/т за рівня рентабельності 20,3%.

При п'ятиденному зберіганні ягід за умов торгового обороту вихід товарної продукції становить 45% у контролі та 65% в обробленій продукції. Собівартість однієї тони оброблених ягід збільшилась на 7966 гривень.

Таблиця 6.2.

Економічна ефективність застосування попередньої обробки хітозаном при зберіганні ягід суниці без охолодження

Показник	Контроль (без обробки)	Обробка розчином хітозану 0,5% концентрації
Кількість продукції закладеної на зберігання, т	100	100
Вихід товарної продукції, т	45	65
Вихід товарної продукції, %	45	65
Ціна реалізації, 1 т	48000	60000
Виручка від реалізації, тис. грн.	2100	3900
Собівартість продукції 1т, грн.	44867	52833
Собівартість реалізованої продукції, тис. грн.	2019	3434
Прибуток, тис. грн.	141	466
Рівень рентабельності, %	7	13,6

Зростання ціни реалізації обробленої сировини обумовлено зменшенням мікробіологічного пошкодження та покращення товарного вигляду. Прибуток від реалізації ягід суниці з попередньою обробкою становить 7169,2 грн/т за рівня рентабельності 13,6%. У контролі прибуток складає 3133,3 грн/т за рівня рентабельності 7%

Висновки до розділу 6

1. Встановлено, що застосування обробки хітозаном ягід суниці, які зберігали у холодильній камері дозволяє отримати прибуток у розмірі 21505,9 грн/т за рівня рентабельності 40,2%, натомість у контролі прибуток знаходився на рівні 9300,0 грн/т за рівня рентабельності 20,3%

2. Застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану, які зберігали без охолодження є менш ефективним, але дає можливість отримання прибутку в розмірі 7169,2 грн/т за рівня рентабельності 13,6%. У контролі прибуток складає 3133,3 грн/т за рівня рентабельності 7%

Список використаних джерел в розділі 6

1. Brychcy-Rajska E. Edible protective films and coatings in food industry // J Food Microbiol. 2017. № 1(1) P. 3-4.
2. Васи́лишина О.В. Економічна ефективність зберігання плодів вишні за обробки полісахаридними композиціями // Науковий журнал «Рослинництво та ґрунтознавство». 2012. № 11(2). С. 74-80.

ВИСНОВКИ

У дисертації наведено теоретичне узагальнення та нове вирішення наукового завдання, що полягає в обґрунтуванні попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану шести концентрацій за різних способів зберігання. Завдання виконувалося шляхом проведення досліджень на підставі яких встановлено сильні кореляції між втратою якісних показників ягід суниці упродовж зберігання та способами обробки їх хітозаном.

Проведені експериментальні дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Ягоди суниці швидко втрачають товарну якість. Для збереження природних властивостей та запобігання фітопатогенного пошкодження використовують попередню обробку речовинами, які виявляють антимікробну дію. Ці речовини, як правило, природного походження (хітозан, альгінат натрію, пуллулан) використовуються в комбінації з ефірними оліями або кислотами.

2. Ягоди суниці в середньому накопичили у своєму складі 9,6% сухих розчинних речовин, 6,0% цукрів, 0,92% органічних кислот та 65,1 мг/100 г аскорбінової кислоти. Доведено, що погодні умови сильно впливають на формування якісних показників ягід суниці. За збільшення кількості опадів збільшується маса ягід ($r = 0,92$), вищі температури сприяють більшому накопиченню органічних кислот ($r = 0,73$), а підвищена вологість повітря – зменшенню щільності тканин ягід ($r = -0,96$).

3. Встановлено сильні прямі кореляції між концентрацією обробки ягід суниці хітозаном та масовою часткою розчинних сухих речовин ($r=0,98$), між інтенсивністю дихання ($r=0,98$), між вмістом масової частки органічних кислот ($r=0,99$), між щільністю тканин ягід суниці ($r= 0,99$), між вмістом цукрі ($r=0,99$) та сильні обернені кореляційні зв'язки між концентрацією обробки ягід суниці хітозаном та втратою маси ягід ($r = -0,93$).

4. Післязбиральна обробки ягід суниці розчином хітозану за концентрації 0,5% забезпечував найвищу їх збереженість як порівняно з контролем, так і за інших концентрацій незалежно від способу їх зберігання.

5. Виявлено, що ягоди суниці під час зберігання уражуються сімома видами грибкових захворювань: *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Aspergillus niger*, *Mucor*, *Penicillium*, *Fusarium* та *Whetzelinia sclerotioru*. Найбільший відсоток пошкоджень спричинений чотирма видами грибкових захворювань: сірою гниллю (збудник *Botrytis cinerea*), чорною гниллю (збудник *Rhizopus stolonifera*), чорною цвіллю (збудник *Aspergillus niger*) та білою гниллю (збудник *Mucor*) інші види фітопатогенного пошкодження є поодинокими, тому не несуть значних збитків. Обробка ягід розчином хітозану забезпечувала зменшення їх ураження патогенами.

6. Доведено, що попередньо оброблені ягоди суниці можуть бути придатними до переробки. Консерви виготовлені з обробленої сировини не втрачають своїх якостей і не мають сторонніх смаків та запахів.

7. З'ясовано, що обидва способи обробки ягід суниці – обприскування або занурення в розчин ефективні і можуть бути використані у виробництві.

8. Доведено, що холодильне зберігання ягід суниці з вільним доступом повітря та у модифікованому газовому середовищі забезпечують добру їх якість упродовж зберігання але достовірної різниці з втрати якості ягід суниці залежно від цих способів не виявлено.

9. Встановлено, що застосування обробки хітозаном ягід суниці, які зберігали у холодильній камері дозволяє отримати прибуток у розмірі 21505,9 грн/т за рівня рентабельності 40,2%, натомість у контролі прибуток знаходився на рівні 9300,0 грн/т за рівня рентабельності 20,3%

10. Застосування попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану, які зберігали без охолодження є менш ефективним, але дає можливість отримання прибутку в розмірі 7169,2 грн/т за рівня рентабельності 13,6%. У контролі прибуток складає 3133,3 грн/т за рівня рентабельності 7%

РЕКОМЕНДАЦІЇ ВИРОБНИЦТВУ

1. Зберігання попередньо оброблених ягід суниці терміном більше п'яти днів доцільно проводити лише умов охолодження.

2. Попереднє оброблення ягід суниці слід здійснювати за розробленою нами технологією (пат. 147723 України: МПК (2006.01), A23L 3/34. № u 2020 07070).

3. Приготування водного розчину низькомолекулярного хітозану для здійснення попередньої обробки ягід суниці перед зберіганням варто виконувати за розробленим нами способом (пат. 147721 України: МПК (2006.01), A23B 7/04. № u 2020 07067).

4. Для зменшення втрат фізико-хімічних та органолептичних показників ягід суниці слід застосовувати холодильне зберігання за температури 0 ± 2 °C з вільним доступом повітря та у модифікованому газовому середовищі за попереднього оброблення сировини 0,5% розчином хітозану.

5. Для ефективної переробки ягід суниці слід використовувати удосконалену нами схему комплексної переробки.

6. Виробництва консервів «Суниця у власному соку» здійснювати за технологічною схемою наведеною у дисертації.

7. Для зменшення ураження ягід суниці грибковими захворюваннями роду *Botrytis cinerea*, *Rhizopus stolonifera*, *Aspergillus niger*, *Mucor* застосовувати попереднє оброблення ягід розчином хітозану концентрацією 0,3 – 0,5%.

ДОДАТКИ

Сума опадів за 2018-2020рр., мм

Місяць	Р і к												Середня багато- річна
	2018			Всього за місяць	2019			Всього за місяць	2020			Всього за місяць	
	Декада				декада				декада				
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		
Січень	9,9	47,4	1,1	58,4	9,4	11,3	34,4	55,1	0,9	0,3	11,5	12,7	47
Лютий	19,7	4,2	19,8	43,7	1,8	19,4	2,6	23,8	27,1	8,7	14,7	50,5	44
Березень	20,9	36,9	7,8	65,6	4,9	7,1	4,3	16,3	4,9	8,4	10,6	23,9	39
Квітень	0,0	0,1	17,4	17,5	0,1	12,9	9,4	22,4	0	3,5	17,5	21,0	48
Травень	0,8	17,5	0,0	18,3	5,4	7,2	23,0	35,6	23,6	24,1	53,3	101,0	55
Червень	9,8	32,1	40,5	82,4	59,1	0,4	16,3	69,8	1,5	34,3	34,6	70,4	87
Липень	7,7	34,2	51,0	92,9	1,8	27,1	5,0	33,8	15,1	0	-	-	87
Серпень	0,0	2,6	0,0	2,6	19,2	0	0	19,2	-	-		-	59
Вересень	61,0	29,7	14,5	105,2	20,1	4,5	6,0	30,6	-	-	-	-	43
Жовтень	6,7	0,0	7,1	13,8	6,0	1,2	3,1	10,3	-	-	-	-	33
Листопад	0,1	26,5	23,3	49,9	0,7	6,6	6,7	14,0	-	-	-	-	43
Грудень	20,7	15,9	13,9	50,5	6,3	6,2	33,2	45,7	-	-	-	-	48
Всього за рік	600,8												633

Середня температура повітря за 2018-2020 рр., °С

Місяць	Р і к												Середня багаторічна
	2018			Середня за місяць	2019			Середня за місяць	2020			Середня за місяць	
	декада				декада				декада				
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		
Січень	1,8	-4,4	-6,0	-3,0	-4,8	-4,3	-5,1	-4,7	-1,0	0,8	1,3	0,4	-5,7
Лютий	-1,0	-2,1	-8,9	-3,6	-0,1	1,5	-0,2	0,5	0,5	3,1	3,2	2,2	-4,2
Березень	-4,3	-0,8	0,4	-1,5	4,6	4,7	4,3	4,5	8,3	6,0	4,8	6,3	0,4
Квітень	10,3	14,8	15,3	13,5	9,2	7,3	12,4	9,6	7,6	8,4	11,7	9,2	8,5
Травень	19,8	15,6	18,4	17,9	12,8	18,7	19,2	17,0	12,5	13,5	11,6	12,5	14,6
Червень	19,3	22,1	19,2	20,2	20,7	24,3	22,3	23,4	18,3	22,4	21,9	20,9	17,6
Липень	19,1	20,6	22,3	20,7	20,3	17,3	22,1	20,0	22,1	20,5			19,0
Серпень	22,1	23,0	21,3	22,1	19,2	20,9	21,9	20,7					18,2
Вересень	19,0	17,0	11,5	15,8	19,5	15,0	12,3	15,6					13,6
Жовтень	9,9	11,0	9,3	10,1	10,5	11,5	8,2	10,0					7,6
Листопад	6,0	-1,4	-4,2	0,2	10,1	7,5	-1,2	5,5					2,1
Грудень	-2,5	-2,6	-0,9	-2,0	-0,4	3,0	3,7	2,2					-2,4
Середня за рік	9,2												7,4

Відносна вологість повітря за 2018-2020 рр., %

Місяць	Р і к												Середня багато-річна
	2018			Середня за місяць	2019			Середня за місяць	2020			Середня за місяць	
	декада				Декада				декада				
	I	II	III		I	II	III		I	II	III		
Січень	90	83	84	85	85	81	91	86	86	88	81	85	86
Лютий	85	82	81	83	90	85	70	82	78	78	76	78	85
Березень	82	87	76	81	66	68	70	68	81	60	55	65	82
Квітень	60	54	58	58	47	78	60	62	42	46	50	46	68
Травень	55	66	54	58	77	67	72	72	76	65	77	73	64
Червень	58	71	73	67	80	65	61	69	66	72	73	70	66
Липень	69	78	79	75	62	72	66	67	68	62			67
Серпень	65	63	58	62	69	65	55	63					68
Вересень	68	77	77	74	62	62	75	66					73
Жовтень	78	75	83	79	73	77	90	80					80
Листопад	86	85	86	86	79	92	83	84					87
Грудень	91	92	87	90	83	91	91	88					88
Середня за рік	74,8												76

Додаток Б.1

Фізичні показники свіжих ягід суниці

Рік врожаю	Середня маса, г	Густина	Об'єм	Щільність, кг/см ²
2018	3,78±1,12	1,05	3,57	0,34±0,02
2019	6,36±1,41	1,15	5,51	0,28±0,01
2020	9,42±2,36	1,30	8,12	0,30±0,03

Додаток Б.2

Фізико-хімічні показники свіжих ягід суниці

Рік врожаю	Інтенсивність дихання, мг СО ₂ ·кг/год	рН
2018	35,2±0,2	3,2±0,2
2019	33,5±0,1	3,4±0,2
2020	35,0±0,2	3,2±0,1

Додаток Б.3

Показники хімічного складу свіжих ягід суниці

Рік врожаю	Масова частка, %			Вміст аскорбінової кислоти
	СРР	Цукрів	Органічних кислот	
2018	12,6±0,2	5,6±0,3	0,91±0,04	36,9±1,3
2019	7,9±0,5	6,6±0,2	1,1±0,02	86,4±0,6
2020	8,4±0,3	6,0±0,2	0,76±0,02	72,1±1,1

Додаток В.1

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,45	1,4	1,23	1,9	1,11	1,1	0,95
4	2,98	3,0	2,36	2,2	2,16	2,0	1,45
6	4,46	4,1	3,57	3,5	3,24	2,66	2,12
8	6,11	5,9	4,81	4,4	4,17	3,81	2,88
10	8,66	8,2	5,96	5,5	5,22	4,26	3,67
12	10,82	10,1	7,22	6,8	5,94	5,1	4,74
14	13,15	12,2	8,54	7,4	6,85	6,0	5,82

Додаток В.2

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,78	1,65	1,30	1,30	1,28	1,25	1,11
4	3,61	3,56	3,38	3,0	2,8	1,69	2,62
6	5,0	4,6	4,2	4,1	4,1	4,0	4,0
8	6,3	6,0	5,9	5,5	5,2	5,1	5,1
10	6,9	6,6	6,4	6,2	6,2	6,0	5,8
12	7,6	7,5	7,1	6,9	6,5	6,5	6,5
14	9,7	9,3	8,6	8,2	7,8	7,4	7,0

Додаток В.3

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	1,28	1,2	1,0	1,0	0,93	0,9	0,9
4	3,44	3,41	3,0	3,0	2,76	2,71	2,65
6	4,88	4,76	4,61	4,55	4,5	4,42	4,4
8	6,6	6,2	5,4	5,5	5,2	5,0	5,0
10	7,54	7,47	6,11	6,24	5,68	5,51	5,34
12	8,81	8,65	7,6	7,5	6,26	5,82	5,66
14	10,14	9,72	8,84	7,91	6,78	6,1	5,79

Додаток В.4

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику у
модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,30	1,28	1,26	1,25	1,14	1,15	1,10
4	2,81	2,80	2,67	2,54	2,30	2,16	2,0
6	4,55	4,55	4,17	3,62	3,21	3,0	2,8
8	5,94	5,90	4,92	4,45	4,24	4,11	4,0
10	6,58	5,95	5,55	5,47	5,41	5,18	5,15
12	7,0	6,82	5,94	5,71	5,66	5,33	5,28
14	8,20	8,14	6,4	5,96	6,81	5,42	5,36

Додаток В.5

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику у
модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,34	1,23	1,20	1,15	1,1	1,0	0,95
4	2,22	2,15	2,0	1,96	1,8	1,6	1,48
6	4,1	3,82	3,5	3,24	3,0	2,9	2,79
8	4,97	4,78	4,4	3,79	3,6	3,4	3,18
10	6,47	5,98	5,1	4,66	4,4	4,2	3,89

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	8,12	8,0	7,1	6,55	5,2	4,9	4,59
14	11,35	10,85	8,86	7,25	6,1	5,4	5,11

Додаток В.6

Динаміка втрат маси ягід суниці під час зберігання у холодильнику у
модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	1,29	1,28	1,25	1,24	1,21	1,24	1,0
4	3,37	3,35	3,0	3,0	2,54	2,33	2,12
6	4,68	4,56	4,26	3,69	3,47	3,19	3,15
8	6,2	6,0	5,61	5,27	4,71	4,45	4,43
10	7,42	6,8	5,72	5,43	4,88	4,76	4,71
12	8,54	7,41	5,85	5,51	5,22	5,0	5,0
14	9,31	7,88	6,0	5,82	5,53	5,25	5,14

Додаток Д.1

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
2	11,8	11,8	11,9	12,0	12,0	12,2	12,4
4	11,4	11,5	11,6	11,6	11,8	12,0	12,1
6	11,0	11,0	11,3	11,5	11,6	11,8	11,8
8	10,7	10,8	11,0	11,0	11,3	11,5	11,5
10	10,2	10,2	10,7	10,8	11,0	11,1	11,3
12	9,8	9,8	10,3	10,5	10,8	10,8	11,0
14	9,5	9,5	9,9	10,0	10,5	10,5	10,8

Додаток Д.2

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2	7,2	7,3	7,5	7,5	7,5	7,6	7,8
4	6,7	6,9	7,0	7,1	7,0	7,3	7,8
6	6,4	6,5	6,5	6,8	6,8	7,0	7,6
8	5,9	6,0	6,1	6,5	6,5	6,9	7,6
10	5,0	5,4	5,5	5,8	6,0	6,4	7,2
12	4,2	4,4	5,0	5,3	5,5	6,0	6,6
14	3,5	3,8	4,4	4,7	4,8	5,3	6,0

Додаток Д.3

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	7,6	7,6	7,8	8	8	8,2	8,3
4	7,1	7,2	7,6	7,6	7,8	8	8,1
6	6,7	6,7	7,2	7,4	7,5	8	8
8	6,3	6,5	6,9	7,3	7,3	7,5	7,6
10	6	6	6,4	7	7	7,2	7,5
12	5,7	5,7	6	6,5	6,7	7	7,1
14	5,2	5,4	5,7	6,2	6,3	6,6	6,8

Додаток Д.4

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6	12,6
2	12,0	11,8	12,0	12,2	12,2	10,1	12,4
4	11,5	11,5	11,5	11,8	11,8	11,9	12,0
6	11,0	11,0	11,1	11,5	11,4	11,6	11,6
8	10,5	10,5	10,8	11,1	11,0	11,2	11,2
10	10,0	10,0	10,0	10,6	10,6	10,8	10,8
12	9,2	9,5	9,5	9,8	10,1	10,3	10,5
14	9,0	9,0	9,0	9,4	9,6	9,9	10,1

Додаток Д.5

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9	7,9
2	7,3	7,4	7,4	7,6	7,6	7,8	7,9
4	7,0	7,1	7,2	7,4	7,6	7,8	7,8
6	7,0	7,0	7,1	7,2	7,4	7,6	7,6

Продовження таблиці

Продовження таблиці

8	6,4	6,4	6,6	6,6	7,0	7,4	7,6
10	5,3	5,5	5,7	6,1	6,8	7,3	7,5
12	4,7	5,0	5,3	5,6	6,3	7,2	7,4
14	4,1	4,6	4,9	5,2	5,8	6,9	7,2

Додаток Д.6

Динаміка змін масової частки сухих розчинних речовин у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4	8,4
2	7,8	7,8	7,8	8,0	8,0	8,2	8,2
4	7,3	7,5	7,5	7,8	8,0	8,0	8,2
6	6,9	7,1	7,1	7,5	7,8	8,0	8,0
8	6,5	6,8	7,0	7,3	7,5	7,8	8,0
10	6,0	6,5	6,7	7,0	7,2	7,5	7,8
12	5,6	5,9	6,4	6,7	6,9	7,1	7,4
14	5,0	5,5	6,0	6,4	6,6	6,8	7,0

Додаток Е.1

Динаміка змін інтенсивності дихання ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
2	10,0	10,0	8,4	7,8	7,2	7,0	6,5
4	8,8	8,8	7,2	7,0	6,8	6,1	5,7
6	7,6	7,1	5,8	5,6	5,5	5,0	4,4
8	5,2	5,0	4,3	4,0	4,0	3,8	3,6
10	4,1	4,0	3,6	3,5	3,5	3,5	3,3
12	3,0	3,0	2,5	2,5	2,0	2,0	1,85
14	2,7	2,2	1,8	4,8	1,6	1,5	1,1

Додаток Е.2

Динаміка змін інтенсивності дихання ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
2	11,4	11,4	11,0	10,8	10,8	10,5	10,5
4	10,2	10,0	9,6	9,4	9,0	8,6	8,3
6	8,5	8,0	7,8	6,9	6,2	6,9	5,0
8	6,2	5,8	5,4	5,0	5,0	4,8	4,7
10	5,4	5,3	5,0	4,0	4,8	4,5	4,5
12	4,3	3,8	3,8	3,5	3,0	2,8	2,5
14	3,3	3,0	3,0	2,6	2,6	2,4	2,2

Додаток Е.3

Динаміка змін інтенсивності дихання ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	10,2	10,0	10,0	10,0	9,8	9,8	9,8
4	9,4	9,5	9,0	8,5	8,0	8,0	8,0
6	7,0	7,0	7,0	6,8	6,8	6,5	6,5
8	5,0	5,0	4,5	4,5	4,0	4,0	4,0
10	4,2	4,0	4,0	4,0	3,5	3,7	3,5
12	3,3	3,2	3,2	3,2	3,0	3,0	3,0
14	3,0	3,0	2,8	2,8	2,8	2,5	2,5

Додаток Е.4

Динаміка змін інтенсивності дихання ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2	35,2
2	9,5	8,5	7,5	7,5	6,8	6,5	6,2
4	8,5	7,5	6,5	6,5	5,8	5,5	4,8
6	7,0	6,5	5,5	5,5	4,0	4,0	3,6
8	6,0	5,5	4,5	4,8	3,6	3,5	2,8
10	5,0	5,0	3,8	3,5	3,3	3,0	2,2
12	4,4	4,5	3,5	3,2	3,0	2,8	1,8
14	3,0	2,5	2,0	2,0	2,0	1,5	1,5

Додаток Е.5

Динаміка змін інтенсивності дихання ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5	33,5
2	14,5	14,0	13,2	12,0	11,4	10,8	10,5
4	8,4	8,2	8,0	7,9	7,9	7,8	7,8
6	8,0	8,0	7,8	7,8	7,6	7,6	7,4
8	7,7	7,5	7,5	7,3	7,3	7,2	7,0
10	6,4	6,2	6,2	6,2	5,6	5,4	5,6

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	4,8	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,2
14	3,6	3,5	3,4	3,3	3,3	3,0	3,0

Додаток Е.6

Динаміка змін інтенсивності дихання суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0	35,0
2	10,0	10,0	10,0	9,0	9,0	9,0	8,8
4	9,0	7,5	7,5	6,5	6,5	6,5	6,0
6	8,0	7,0	6,0	6,0	5,8	5,5	5,5
8	7,2	5,5	4,8	4,5	4,8	4,5	4,0
10	6,0	4,8	3,8	3,5	3,6	3,5	3,0
12	4,0	4,0	3,5	3,0	3,0	3,0	2,8
14	3,0	3,0	3,0	2,8	2,8	2,6	2,5

Додаток Ж.1

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
2	0,74	0,75	0,78	0,80	0,84	0,87	0,90
4	0,69	0,71	0,72	0,76	0,80	0,83	0,85
6	0,64	0,65	0,67	0,72	0,75	0,79	0,81
8	0,60	0,60	0,63	0,67	0,71	0,74	0,76
10	0,55	0,56	0,58	0,62	0,66	0,70	0,72
12	0,50	0,51	0,55	0,57	0,62	0,65	0,67
14	0,45	0,47	0,52	0,54	0,57	0,61	0,63

Додаток Ж.2

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
2	0,76	0,78	0,83	0,89	0,94	0,97	1,0
4	0,68	0,73	0,79	0,85	0,90	0,93	0,95
6	0,60	0,64	0,68	0,76	0,84	0,88	0,91
8	0,57	0,60	0,64	0,66	0,80	0,82	0,89
10	0,50	0,52	0,57	0,60	0,73	0,75	0,79
12	0,46	0,48	0,50	0,54	0,70	0,71	0,72
14	0,42	0,45	0,44	0,50	0,60	0,63	0,65

Додаток Ж.3

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	0,67	0,68	0,70	0,70	0,73	0,75	0,75
4	0,60	0,62	0,66	0,68	0,69	0,70	0,71
6	0,53	0,55	0,58	0,60	0,60	0,62	0,64
8	0,44	0,45	0,49	0,52	0,54	0,56	0,58
10	0,37	0,39	0,42	0,45	0,46	0,51	0,53
12	0,33	0,35	0,36	0,37	0,38	0,44	0,47
14	0,28	0,30	0,33	0,35	0,35	0,38	0,44

Додаток Ж.4

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91	0,91
2	0,84	0,84	0,85	0,84	0,87	0,88	0,90
4	0,77	0,77	0,80	0,80	0,84	0,85	0,88
6	0,70	0,74	0,75	0,74	0,80	0,80	0,84
8	0,62	0,65	0,67	0,69	0,74	0,76	0,79
10	0,57	0,60	0,60	0,62	0,70	0,71	0,74
12	0,53	0,55	0,56	0,57	0,65	0,66	0,69
14	0,47	0,49	0,52	0,54	0,60	0,62	0,65

Додаток Ж.5

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1	1,1
2	0,90	0,90	0,94	0,97	0,97	1,0	1,0
4	0,85	0,85	0,91	0,93	0,93	0,95	0,98
6	0,74	0,74	0,76	0,78	0,80	0,83	0,85
8	0,69	0,70	0,72	0,73	0,74	0,78	0,79
10	0,63	0,65	0,66	0,68	0,68	0,73	0,76
12	0,56	0,56	0,59	0,60	0,61	0,64	0,74
14	0,50	0,52	0,54	0,55	0,57	0,58	0,62

Динаміка змін масової частки органічних кислот у ягодах суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76	0,76
2	0,68	0,68	0,70	0,70	0,72	0,74	0,74
4	0,60	0,63	0,63	0,65	0,67	0,70	0,71
6	0,55	0,55	0,58	0,60	0,60	0,63	0,66
8	0,50	0,50	0,52	0,54	0,55	0,59	0,61
10	0,40	0,44	0,44	0,46	0,48	0,51	0,55
12	0,35	0,37	0,39	0,42	0,43	0,46	0,50
14	0,28	0,31	0,34	0,36	0,37	0,40	0,45

Додаток К.1

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
2	4,7	4,7	5,0	5,0	5,2	5,5	5,5
4	4,4	4,5	4,7	4,8	5,0	5,2	5,3
6	4,2	4,2	4,5	4,6	4,8	5,0	5,1
8	4,0	4,0	4,3	4,4	4,5	4,8	5,0
10	3,5	3,7	4,0	4,2	4,3	4,5	4,8
12	3,3	3,4	3,8	4,0	4,2	4,3	4,6
14	3,0	3,3	3,6	3,8	4,0	4,1	4,5

Додаток К.2

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
2	6,0	6,0	6,2	6,2	6,3	6,4	6,6
4	5,8	5,8	6,0	6,0	6,1	6,1	6,3
6	5,3	5,3	5,4	5,6	5,8	5,8	6,0
8	4,8	5,0	5,1	5,3	5,4	5,5	5,7
10	4,1	4,4	4,5	4,9	5,0	5,0	5,4
12	3,3	3,8	4,0	4,2	4,6	4,8	5,1
14	2,4	2,6	3,3	3,5	4,0	4,6	4,9

Додаток К.3

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	6	6	6	6	6	6	6

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	4,8	4,8	5	5,2	5,5	5,7	6
4	4,5	4,5	4,7	4,9	5,1	5,4	5,6
6	4,2	4,3	4,4	4,4	4,7	5	5,2
8	4	4	4,1	4,1	4,3	4,7	4,8
10	3,5	3,6	3,7	3,8	3,9	4,2	4,4
12	3,1	3,3	3,4	3,5	3,6	3,8	4
14	2,8	3	3	3,2	3,4	3,5	3,5

Додаток К.4

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6	5,6
2	4,7	4,7	4,8	5,1	5,3	5,5	5,5
4	4,5	4,3	4,5	4,8	5,0	5,3	5,3
6	4,0	4,0	4,3	4,6	4,8	5,0	5,2
8	3,8	3,8	4,0	4,3	4,6	4,7	5,0
10	3,5	3,6	3,8	4,1	4,4	4,5	4,8
12	3,3	3,4	3,6	3,9	4,2	4,3	4,7
14	3,0	3,1	3,5	3,8	3,9	4,2	4,5

Додаток К.5

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6	6,6
2	5,1	5,4	5,6	5,8	5,9	6,3	6,5
4	4,4	4,6	5,1	5,5	5,7	6,0	6,3
6	4,0	4,0	4,3	4,5	5,3	5,5	5,8
8	3,4	3,5	3,8	3,8	4,0	4,2	4,4
10	2,6	2,9	3,0	3,2	3,5	3,6	3,8

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	2,2	2,4	2,5	2,5	2,6	2,7	3,0
14	2,0	2,2	2,2	2,2	2,4	2,4	2,6

Додаток К.6

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	6	6	6	6	6	6	6
2	5,0	5,0	5,5	5,5	5,7	6,0	6,0
4	4,7	4,8	5,1	5,1	5,4	5,6	5,7
6	4,2	4,4	4,7	4,8	5,1	5,3	5,4
8	3,8	4,0	4,4	4,5	4,7	4,9	5,0
10	3,5	3,8	4,1	4,2	4,4	4,5	4,7
12	3,0	3,2	3,5	3,8	4,0	4,0	4,3
14	2,6	2,8	3,0	3,3	3,5	3,6	3,8

Додаток Л.1

Динаміка змін вмісту аскорбінової кислоти ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9
2	32,2	33,3	33,5	34,8	35,5	35,8	36,0
4	30,8	31,0	31,9	32,7	33,8	34,2	35,0
6	27,4	28,1	29,0	30,6	31,3	32,8	34,2
8	24,1	25,6	27,3	27,8	28,4	30,1	33,4
10	21,9	22,4	23,8	24,1	26,8	29,2	32,1
12	19,7	20,1	21,4	22,5	25,1	28,7	30,7
14	16,2	16,8	18,2	20,6	23,8	26,3	28,5

Додаток Л.2

Динаміка змін вмісту аскорбінової кислоти ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4
2	71,3	74,9	78,2	78,5	80,4	81,6	82,4
4	62,8	64,4	69,7	71,2	72,6	73,3	74,8
6	56,3	57,2	58,8	59,4	62,6	66,2	68,3
8	50,7	51,1	52,6	54,1	55,6	56,0	56,4
10	41,4	42,8	43,6	45,3	47,2	48,0	48,2
12	39,6	40,3	40,5	41,8	44,0	45,1	45,5
14	30,8	32,4	35,5	36,7	38,8	40,2	41,4

Додаток Л.3

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	65,4	65,5	66,9	67,4	68,0	68,8	69,7
4	58,2	60,0	62,6	63,8	65,3	65,5	66,2
6	50,7	54,1	57,1	58,6	60,2	60,5	62,7
8	45,2	47,4	49,8	52,4	53,5	56,3	58,1
10	38,4	40,5	42,2	43,0	46,3	48,8	50,6
12	30,1	32,4	35,6	36,1	38,7	40,4	42,6
14	24,3	25,2	30,1	32,7	34,0	35,5	36,2

Додаток Л.4

Динаміка змін вмісту аскорбінової кислоти ягід суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9	36,9
2	33,1	33,0	33,7	34,0	34,0	35,5	35,8
4	30,4	30,8	32,1	32,6	33,2	35,0	35,0
6	27,7	27,7	28,0	29,8	31,7	33,8	34,0
8	25,4	25,5	26,8	27,1	30,4	32,8	33,2
10	22,6	23,0	25,0	25,4	28,7	30,4	31,9
12	19,1	19,6	22,2	23,2	26,2	28,4	30,9
14	16,2	17,4	19,1	21,4	25,1	27,3	28,8

Додаток Л.5

Динаміка змін вмісту аскорбінової кислоти ягід суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4	86,4
2	72,2	75,1	78,0	78,8	79,8	80,7	82,0
4	58,8	62,8	68,8	71,3	75,7	76,8	79,8
6	54,7	58,3	60,3	64,1	65,6	70,1	70,4
8	50,0	52,4	54,3	55,6	55,9	64,9	66,2
10	43,4	44,6	45,2	47,8	48,2	56,8	56,5

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	40,0	40,8	41,8	44,4	45,4	51,3	52,1
14	36,4	37,1	39,3	40,6	42,2	43,6	47,2

Додаток Л.6

Динаміка змін масової частки цукрів ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1	72,1
2	65,1	65,5	67,0	67,2	68,4	69,1	70,0
4	59,2	60,6	61,2	60,7	62,3	64,2	65,8
6	50,4	52,6	54,8	55,3	56,7	59,8	60,1
8	40,7	44,9	50,0	50,4	49,8	52,4	54,4
10	35,5	38,7	43,2	44,8	45,6	46,4	48,8
12	29,8	33,4	38,0	38,6	39,1	42,8	44,2
14	26,7	28,6	34,8	35,2	36,0	36,6	37,4

Додаток М.1

Динаміка змін рівня рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5	3,4	3,4
4	3,9	3,8	3,7	3,7	3,6	3,5	3,5
6	4,0	3,8	3,8	3,8	3,6	3,5	3,5
8	4,1	4,0	4,0	3,8	3,8	3,8	3,7
10	4,3	4,0	4,0	4,0	3,8	3,8	3,8
12	4,4	4,4	4,3	4,2	4,2	4,0	4,0
14	4,6	4,5	4,5	4,5	4,4	4,2	4,2

Додаток М.2

Динаміка змін рівня рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
2	3,7	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
4	4,0	3,8	3,8	3,6	3,6	3,7	3,6
6	4,3	4,1	4,0	4,0	3,8	3,8	3,8
8	4,5	4,5	4,2	4,2	4,2	4,0	4,0
10	4,6	4,6	4,5	4,3	4,2	4,0	4,0
12	4,8	4,8	4,6	4,4	4,4	4,1	4,1
14	5,0	5,0	5,0	4,6	4,5	4,5	4,5

Додаток М.3

Динаміка змін рівня рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	3,5	3,5	3,5	3,4	3,2	3,2	3,2
4	3,8	3,7	3,7	3,5	3,5	3,3	3,4
6	4,0	3,9	3,9	3,8	3,6	3,6	3,6
8	4,3	4,3	4,1	4,0	3,8	3,8	3,6
10	4,5	4,5	4,2	4,0	3,9	4,0	3,8
12	4,7	4,7	4,4	4,2	4,0	4,0	3,8
14	4,9	4,8	4,6	4,5	4,3	4,1	4,0

Додаток М.4

Динаміка змін рівня рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,4	3,5	3,3	3,3	3,2	3,3	3,2
4	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4
6	4,0	4,0	3,7	3,6	3,6	3,6	3,5
8	4,2	4,0	3,9	3,9	3,8	3,6	3,6
10	4,4	4,3	4,1	4,0	3,8	3,8	3,8
12	4,5	4,4	4,2	4,0	4,0	3,8	3,8
14	4,6	4,5	4,4	4,2	4,2	4,0	4,0

Додаток М.5

Динаміка змін рівня рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
2	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
4	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5	3,4	3,4
6	3,6	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5	3,5
8	3,8	3,8	3,6	3,6	3,5	3,5	3,5
10	3,9	3,8	3,8	3,8	3,6	3,6	3,5

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	4,0	4,0	4,0	4,0	3,8	3,7	3,7
14	4,1	4,1	4,0	4,0	3,9	3,9	3,9

Додаток М.6

Динаміка змін рН ягід суниці під час зберігання у холодильнику у
модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,2	3,2
4	3,6	3,5	3,6	3,5	3,5	3,3	3,3
6	3,8	3,8	3,8	3,6	3,6	3,5	3,5
8	4,2	4,0	4,0	3,8	3,6	3,6	3,6
10	4,5	4,4	4,3	3,8	3,8	3,8	3,8
12	4,7	4,5	4,4	4,1	4,0	4,0	3,8
14	4,8	4,6	4,5	4,3	4,1	4,0	4,0

Додаток Н.1

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
2	0,33	0,33	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
4	0,28	0,30	0,30	0,30	0,32	0,32	0,33
6	0,26	0,28	0,28	0,28	0,30	0,30	0,32
8	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,30	0,30
10	0,25	0,25	0,25	0,26	0,27	0,28	0,30
12	0,24	0,24	0,25	0,26	0,26	0,28	0,28
14	0,20	0,22	0,22	0,24	0,25	0,25	0,26

Додаток Н.2

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
2	0,25	0,25	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26
4	0,20	0,22	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25
6	0,15	0,20	0,23	0,20	0,24	0,23	0,25
8	0,12	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	0,21
10	0,10	0,15	0,15	0,18	0,15	0,20	0,18
12	0,10	0,14	0,12	0,16	0,15	0,18	0,15
14	0,10	0,10	0,10	0,12	0,12	0,15	0,15

Додаток Н.3

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику з вільним доступом повітря (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30

Продовження таблиці

Продовження таблиці

2	0,26	0,26	0,28	0,28	0,28	0,30	0,30
4	0,25	0,25	0,26	0,26	0,28	0,28	0,30
6	0,23	0,23	0,24	0,25	0,26	0,27	0,28
8	0,20	0,20	0,20	0,22	0,24	0,24	0,25
10	0,17	0,18	0,18	0,19	0,21	0,22	0,22
12	0,13	0,15	0,15	0,17	0,18	0,19	0,20
14	0,10	0,10	0,10	0,12	0,14	0,15	0,18

Додаток Н.4

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
2	0,33	0,32	0,34	0,34	0,34	0,34	0,34
4	0,30	0,30	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
6	0,26	0,26	0,26	0,28	0,30	0,30	0,32
8	0,24	0,24	0,26	0,28	0,28	0,30	0,30
10	0,22	0,24	0,25	0,26	0,28	0,29	0,30
12	0,22	0,23	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28
14	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25	0,28	0,28

Додаток Н.5

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28	0,28
2	0,26	0,26	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28
4	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25	0,25
6	0,22	0,24	0,24	0,24	0,25	0,25	0,25
8	0,20	0,22	0,22	0,23	0,23	0,23	0,23
10	0,18	0,19	0,19	0,20	0,20	0,22	0,22

Продовження таблиці

Продовження таблиці

12	0,15	0,15	0,16	0,18	0,18	0,20	0,20
14	0,11	0,12	0,14	0,15	0,15	0,18	0,19

Додаток Н.6

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці під час зберігання у
холодильнику у модифікованому газовому середовищі (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
2	0,28	0,29	0,30	0,30	0,30	0,30	0,30
4	0,26	0,27	0,28	0,28	0,30	0,30	0,30
6	0,24	0,26	0,26	0,28	0,28	0,28	0,28
8	0,23	0,25	0,25	0,26	0,28	0,28	0,28
10	0,20	0,23	0,25	0,25	0,26	0,26	0,26
12	0,18	0,20	0,23	0,24	0,24	0,25	0,26
14	0,15	0,18	0,20	0,22	0,24	0,25	0,25

Додаток П.1

Вміст етилового спирту та оцтового альдегіду у ягодах суниці після
холодильного зберігання з вільним доступом повітря

Рік	Вміст спирту,%							Вміст оцтового альдегіду						
	Концентрація розчину, %													
	К	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	К	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
2018	0,13	0,07	0,08	0	0,03	0,08	0,10	0,12	0,10	0,10	0,12	0,09	0,10	0,11
2019	0,14	0,08	0,18	0	0,04	0	0	0,16	0,16	0,15	0,15	0,11	0,14	0,09
2020	0,27	0,18	0,13	0,15	0,08	0,10	0,8	0,17	0,13	0,14	0,15	0,13	0,12	0,13

Додаток П.2

Вміст етилового спирту та оцтового альдегіду у ягодах суниці після
холодильного зберігання у модифікованому газовому середовищі

Рік	Вміст спирту,%							Вміст оцтового альдегіду						
	Концентрація розчину, %													
	К	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	К	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
2018	0,93	0,87	0,68	0,76	0,71	0,84	0,76	0,23	0,22	0,22	0,20	0,18	0,18	0,16
2019	0,87	0,78	0,74	0,62	0,55	0,74	0,57	0,30	0,33	0,25	0,18	0,18	0,15	0,14
2020	0,84	0,90	0,77	0,72	0,75	0,70	0,71	0,31	0,29	0,28	0,16	0,24	0,21	0,18

Додаток Р.1

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом обприскування під час зберігання без охолодження (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	11,6	11,4	11,2	11,2	11,0	10,0	9,8
3	20,1	19,4	15,9	15,3	14,5	13,9	13,5
4	26,4	20,3	19,6	19,3	18,5	16,4	16,3
5	30,0	25,1	24,8	23,5	22,0	20,1	19,8

Додаток Р.2

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом обприскування під час зберігання без охолодження (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	6,5	6,2	5,9	5,3	5,0	4,8	4,0
3	8,0	7,6	7,4	7,0	6,6	6,3	6,0
4	14,0	13,6	12,8	12,0	11,4	10,8	9,3
5	16,4	16,0	15,4	15,0	14,7	13,4	13,0

Додаток Р.3

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом обприскування під час зберігання без охолодження (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	6,9	6,9	6,4	6,2	5,9	5,6	4,8
3	9,4	8,9	8,1	7,9	7,5	7,4	6,7
4	13,6	13,4	13,0	12,6	11,7	11,5	10,4
5	16,5	16,6	15,6	15,2	15,1	14,7	13,4

Додаток Р.4

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом занурення під час зберігання без охолодження (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	11,9	11,8	11,7	11,4	11,2	10,5	10,3
3	20,5	19,7	15,8	15,4	14,6	14,3	13,6
4	25,3	20,0	19,8	19,4	18,6	16,9	16,1
5	30,1	24,5	24,1	23,8	22,4	20,7	20,2

Додаток Р.5

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом занурення під час зберігання без охолодження (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	7,1	6,5	6,0	5,7	5,0	5,0	4,5
3	8,4	8,0	7,6	7,0	6,4	6,1	6,0
4	13,8	13,3	12,5	12,1	11,6	10,4	9,6
5	16,3	16,0	15,6	15,1	14,2	13,6	13,0

Додаток Р.6

Динаміка змін втрат маси ягід суниці оброблених шляхом занурення під час зберігання без охолодження (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном, %					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	0	0	0	0	0	0	0
2	6,8	6,9	6,2	5,5	5,7	5,0	4,3
3	9,8	9,1	8,2	7,9	7,4	7,1	6,0
4	13,5	12,6	12,5	12,3	11,8	10,1	9,2
5	16,4	16,5	15,9	15,1	14,1	13,1	12,1

Додаток Т.1

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом
обприскування під час зберігання без охолодження (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,5	3,5	3,4	3,4	3,4	3,4	3,3
3	4,0	4,0	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5
4	4,5	4,5	4,4	4,5	4,2	4,1	3,8
5	5,0	5,0	4,8	4,6	4,5	4,5	4,1

Додаток Т.2

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом
обприскування під час зберігання без охолодження (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
2	3,7	3,8	3,8	3,7	3,7	3,7	3,5
3	4,7	4,7	4,5	4,3	4,2	4,3	4,0
4	4,7	4,7	4,8	4,5	4,3	4,5	4,3
5	5,0	5,0	5,0	4,6	4,5	4,5	4,6

Додаток Т.3

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом
обприскування під час зберігання без охолодження (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,3	3,2	3,3	3,4	3,4	3,4	3,4
3	4,6	4,6	4,4	4,2	4,2	4,1	3,9
4	4,6	4,6	4,6	4,5	4,5	4,5	3,9
5	5,0	5,0	4,8	4,7	4,5	4,5	4,2

Додаток Т.4

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом занурення
під час зберігання без охолодження (2018р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,4	3,5	3,5	3,5	3,4	3,3	3,3
3	3,9	3,8	3,8	3,7	3,5	3,5	3,5
4	4,3	4,3	4,3	4,3	4,3	4,0	4,0
5	4,9	4,8	4,8	4,6	4,5	4,5	4,3

Додаток Т.5

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом занурення
під час зберігання без охолодження (2019р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4	3,4
2	3,7	3,7	3,6	3,6	3,5	3,4	3,4
3	4,4	4,4	4,4	4,4	4,2	4,2	4,2
4	4,8	4,6	4,5	4,5	4,5	4,3	4,3
5	5,2	5,0	5,0	4,7	4,5	4,6	4,5

Додаток Т.6

Динаміка змін щільності тканин ягід суниці оброблених шляхом занурення
під час зберігання без охолодження (2020р.)

Доба зберігання	Контроль	Концентрація обробки хітозаном,%					
		0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5
0	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2	3,2
2	3,4	3,3	3,4	3,4	3,3	3,2	3,2
3	4,3	3,8	3,8	3,9	3,9	3,7	3,7
4	4,7	4,6	4,6	4,6	4,6	4,3	4,3
5	4,9	4,6	4,6	4,6	4,6	4,5	4,4



(11) **147721**(19) **UA**(51) МПК
A23B 7/04 (2006.01)

- | | |
|---|---|
| <p>(21) Номер заявки: u 2020 07067</p> <p>(22) Дата подання заявки: 04.11.2020</p> <p>(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: 10.06.2021</p> <p>(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: 09.06.2021, Бюл. № 23</p> | <p>(72) Винахідники:
Благополучна Анастасія Геннадіївна, UA, Ляховська Неля Олександрівна, UA</p> <p>(73) Володілець:
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА, вул. Інститутська, 1, м. Умань, Черкаська обл., 20305, UA</p> |
|---|---|

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ОТРИМАННЯ ВОДНОГО РОЗЧИНУ НИЗЬКОМОЛЕКУЛЯРНОГО ХІТОЗАНУ ДЛЯ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЯГІД СУНИЦІ ПЕРЕД ЗБЕРІГАННЯМ

(57) Формула корисної моделі:

Спосіб отримання водного розчину низькомолекулярного хітозану для попередньої обробки ягід суниці перед зберіганням, який відрізняється тим, що хітозан заливають дистильованою водою t 40-45 °C і залишають на 18 годин для набухання, після чого суміш повільно доводять до t 60 °C і витримують 45 хвилин, безперервно помішуючи, після розчинення хітозану розчин охолоджують до t 20-22 °C і використовують для попередньої обробки ягід суниці.



(11) **147723**(19) **UA**

(51) МПК

A23L 3/34 (2006.01)**A23L 3/3454 (2006.01)****C08L 5/08 (2006.01)**(21) Номер заявки: **u 2020 07070**(22) Дата подання заявки: **04.11.2020**(24) Дата, з якої є чинними права інтелектуальної власності: **10.06.2021**(46) Дата публікації відомостей про державну реєстрацію та номер Бюлетеня: **09.06.2021, Бюл. № 23**

(72) Винахідники:

Благополучна Анастасія**Геннадіївна, UA,****Ляховська Неля****Олександрівна, UA**

(73) Володілець:

УМАНСЬКИЙ**НАЦІОНАЛЬНИЙ****УНІВЕРСИТЕТ****САДІВНИЦТВА,****вул. Інститутська, 1, м. Умань,****Черкаська обл., 20305, UA**

(54) Назва корисної моделі:

СПОСІБ ПОПЕРЕДНЬОЇ ОБРОБКИ ЯГІД СУНИЦІ РОЗЧИНОМ ХІТОЗАНУ ПЕРЕД ХОЛОДИЛЬНИМ ЗБЕРІГАННЯМ

(57) Формула корисної моделі:

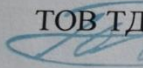
Спосіб попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану перед холодильним зберіганням, що включає зберігання ягід у перфорованих пластикових контейнерах місткістю до 500 г за температури 0 ± 2 °C і відносній вологості повітря 95 ± 1 %, який відрізняється тим, що зібрані ягоди суниці попередньо обробляють 0,5 % розчином низькомолекулярного хітозану шляхом обприскування, для створення на поверхні ягід плівки, яка має антибактеріальні властивості.

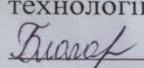
ТОВ ТД
«АГРОАЛЬЯНС»
вул. Дерев'янка, 4, м. Умань, Черкаська область 20300
код ЄДРПОУ 37303065

від 25 липня 2020р.

Акт

впровадження науково-дослідної роботи у виробництво
Аспірантка кафедри технологій харчових продуктів Уманського НУС
Благополучна А. Г. та директор ТОВ ТД «Агроальянс» в місті Умань
Пономарчук В. В. склали даний акт про те, що в ТОВ ТД «Агроальянс» в
місті Умань виконувалось впровадження окремих елементів науково-
дослідної роботи на тему «Збереженість ягід суниці за післязбиральної
обробки хітозаном». Застосування холодильного обладнання для зберігання
та обладнання для попередньої обробки ягід розчинами хітозану дозволило
продовжити термін зберігання ягід суниці на два тижні. Вихід товарної
продукції після застосування впровадженої технології становив 85%

«Затверджую»
ТОВ ТД «АГРОАЛЬЯНС»
 Пономарчук В.В.
«25» липня 2020 р.

Аспірантка кафедри
технологій харчових продуктів
 Благополучна А.Г.



ТОВ «БЛАГОДАТНИЙ КРАЙ»

вул. Соборна, 28 с. Кочержинці, Уманський р-н., Черкаської області., 20341
код ЄДРПОУ 39860742

від 22 серпня 2020р.

Довідка

про впровадження результатів дисертаційного дослідження Благополучної
А.Г. за темою «Збереженість ягід суниці за післязбиральної обробки
хітозаном»

ТОВ «Благодатний край» в особі директора засвідчує, що наукові дослідження прийняті до впровадження в практичній діяльності. Ягоди суниці за попередньої обробки розчином хітозану 0,5% концентрації мали кращі товарні властивості. Кількість ягід з мікробіологічним пошкодженням зменшилась на 15%.

Директор



A handwritten signature in black ink, appearing to be "С.М. Поліщук", written over a horizontal line.

Поліщук С.М.

ТОВ «ВАТ – РОСТОК»

вул. Терни, 5, с. Коробки, Каховський р-н., Херсонської області., 20341
код ЄДРПОУ 38937756

від 24 липня 2020р.

Акт

Впровадження результатів науково-дослідної роботи у виробництво
Аспірантка кафедри технологій харчових продуктів Уманського НУС
Благополучна Анастасія Геннадіївна та директор ТОВ «ВАТ - РОСТОК» Цуп
Олег Миколайович склали даний акт про те, що в ТОВ «ВАТ - РОСТОК»
виконувалось впровадження результатів дисертаційної роботи на тему
«Збереженість ягід суниці за післязбиральної обробки хітозаном». Застосування
впровадженої технології дозволило зменшити розвиток
фітопатогенного пошкодження та покращити товарний вигляд ягід суниці.
Рівень рентабельності продукції збільшився на 11%



Аспірантка кафедри
технологій харчових продуктів
Благополучна Благополучна А. Г.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ**Статті у наукових фахових виданнях України**

1. **Благополучна А. Г.**, Заморська І. Л, Ляховська Н. О. Вплив обробки хітозаном на фізико-хімічні показники свіжої суниці під час зберігання. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. 2018. Вип. 194. С. 150–156. *(Здобувачем проведено фізико-хімічні дослідження, проаналізовано результати та підготовлено статтю до публікації).*

2. **Благополучна А. Г.**, Ляховська Н. О. Вплив хітозанового покриття на деякі показники якості ягід суниці під час холодильного зберігання. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2019. № 2. С. 59–61. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження якості ягід суниці, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

3. **Благополучна А. Г.**, Ляховська Н. О. Ефективність попереднього оброблення ягід суниці розчином хітозану за холодильного зберігання в модифікованому газовому середовищі. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2020. № 2. С. 62–65. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, зроблено висновки та підготовлено статтю до публікації).*

4. **Благополучна А. Г.**, Ляховська Н. О. Вплив попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану на тривалість зберігання та вихід товарної продукції. Вісник Уманського національного університету садівництва. 2021. № 2. С. 42–44. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, зроблено висновки та підготовлено статтю до публікації).*

Стаття у науковому виданні, включеному до міжнародних наукометричних баз даних Scopus та/або Web of Science Core Collection

5. **Blahopoluchna A.**, Liakhovska N. Effect of chitosan pretreatment on the quality of strawberries during cold storage. Food Science and Technology. 2021.

Vol. 15. Iss. 3. P. 30–39. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

Стаття у науковому виданні іншої держави

6. **Blahopoluchna A., Liahovska N.** Preservation of strawberry quality by pretreatment with chitosan. Sciences of Europe. 2020. Vol. 1. № 56. P. 53–56. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на збереженість ягід суниці, узагальнено результати та підготовлено статтю до публікації).*

Патенти України на корисну модель

7. **Благополучна А. Г., Ляховська Н. О.** Спосіб отримання водного розчину низькомолекулярного хітозану для попередньої обробки ягід суниці перед зберіганням: патент на корисну модель № 147721 України, МПК А23В 7/04 (2006.01). Заявник та патентовласник Уманський національний університет садівництва; u2020 07067; заявлено 04.11.2020; опубліковано 09.06.2021. *(Здобувачем розроблено технологію приготування водних розчинів низькомолекулярного хітозану).*

8. **Благополучна А. Г., Ляховська Н. О.** Спосіб попередньої обробки ягід суниці розчином хітозану перед холодильним зберіганням: патент на корисну модель № 147723 України, МПК А23L 3/34 (2006.01). Заявник та патентовласник Уманський національний університет садівництва; u2020 07070; заявлено 04.11.2020; опубліковано 09.06.2021. *(Здобувачем розроблено технологію попереднього оброблення ягід суниці розчинами хітозану).*

Тези наукових доповідей

9. **Благополучна А. Г.** Вплив обробки хітозаном на інтенсивність дихання суниці під час зберігання. Актуальні питання аграрної науки: VI Міжнародна науково-практична конференція, присвячена 150-річчю

заснування факультету агрономії Уманського НУС, м. Умань, 15 листопада 2018 року: тези доповіді. Умань, 2018. С. 380–382.

10. Благополучна А. Г. Роль дорожньої карти у формуванні ринку ягідної продукції України. Біолого-екологічні перспективи отримання високоякісної сільськогосподарської продукції: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 5 вересня 2019 року: тези доповіді. Умань, 2019. С. 4–5.

11. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Застосування їстівного покриття на основі хітозану для захисту сільськогосподарської продукції від мікробіологічного пошкодження. Біолого-екологічні перспективи отримання високоякісної сільськогосподарської продукції: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 5 вересня 2019 року: тези доповіді. Умань, 2019. С. 5–6. *(Здобувачем досліджено вплив хітозанового покриття на розвиток мікробіологічних пошкоджень, узагальнено результати та підготовлено матеріал до публікації).*

12. Blahopoluchna A. H. Technology of storing strawberries pretreated with chitosan. Інноваційні технології та підвищення ефективності виробництва харчових продуктів: Всеукраїнська науково-практична конференція, м. Умань, 7 квітня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 41–43.

13. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Application of chitosan pretreatment to preserve quality of berry products. Інноваційні технології вирощування, зберігання і переробки продукції садівництва та рослинництва: VI Міжнародна науково-практична онлайн-конференція, м. Умань, 28–29 травня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 98. *(Здобувачем вивчено питання зберігання ягід суниці оброблених розчинами хітозану, систематизовано результати).*

14. **Blahopoluchna A. H.,** Liakhovska N. O. Application of chitosan preliminary treatment to preserve quality of strawberries. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань,

15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 5–6. *(Здобувачем досліджено зміну якісних показників ягід суниці за попередньої обробки хітозаном).*

15. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Формування ринку органічної ягідної продукції. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 53–54. *(Здобувачем вивчено питання формування та розвитку ринку органічної ягідної сировини, систематизовано результати).*

16. **Blahopoluchna A. H.,** Liakhovska N. O. Effect of chitosan on physicochemical indicators of strawberries. Сучасні проблеми біології: Всеукраїнська науково-практична інтернет-конференція, м. Умань, 15 червня 2020 року: тези доповіді. Умань, 2020. С. 54–55. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на ягоди суниці, систематизовано результати).*

17. **Благополучна А. Г.,** Ляховська Н. О. Хітозан як альтернатива синтетичним засобам для збереження аскорбінової кислоти у ягодах суниці. Оздоровчі харчові продукти та дієтичні добавки: технології, якість та безпека: Міжнародна науково-практична конференція, м. Київ, 19–20 листопада 2020 року: тези доповіді. Київ, 2020. С. 82–84. *(Здобувачем проведено експериментальні дослідження впливу хітозанового покриття на збереженість вмісту аскорбінової кислоти у ягодах суниці).*