

Одеська національна академія харчових технологій

На правах рукопису

ТЕЛЕЖЕНКО ЛЮБОВ МИКОЛАЇВНА

УДК 664.8: 577.11- 056.13

**НАУКОВІ ОСНОВИ ЗБЕРЕЖЕННЯ БІОЛОГІЧНО АКТИВНИХ РЕЧОВИН В
ТЕХНОЛОГІЯХ ПЕРЕРОБКИ ФРУКТІВ ТА ОВОЧІВ**

Спеціальність 05.18.13 – технологія консервованих продуктів

Автореферат
дисертації на здобуття наукового ступеня
доктора технічних наук

Одеса – 2004

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Одеській національній академії харчових технологій Міністерства освіти і науки України

Науковий консультант: доктор технічних наук, професор **Безусов Анатолій Тимофійович**, Одеська національна академія харчових технологій, завідувач кафедри технології консервування.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Павлюк Раїса Юрївна**, Харківський державний університет харчування та торгівлі, завідувача кафедрою технології консервування;
доктор технічних наук, професор **Онщенко Володимир Петрович**, Одеська державна академія холоду, завідувач кафедри інженерної теплофізики;
доктор технічних наук, професор **Гержикова Вікторія Григорівна**, інститут винограду і вина “Магарач”, завідувача відділом хімії та біохімії вина

Провідна установа: Національний університет харчових технологій, кафедра процесів і апаратів харчових виробництв та технології консервування, м. Київ, Міністерство освіти і науки України.

Захист відбудеться “ 21 ” січня 2005 р. о 10 годині 30 хвилин на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 41.088.01 при Одеській національній академії харчових технологій за адресою: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Одеської національної академії харчових технологій: 65039, м. Одеса, вул. Канатна, 112.

Автореферат розіслано “ 17 ” грудня 2004 р.

Вчений секретар спеціалізованої
вченої ради, д.т.н., проф.

В.О. Моргун

Загальна характеристика роботи

Актуальність теми. Однією з головних умов функціонування організму людини у відповідності з теорією адекватного харчування є наявність у раціоні біологічно активних речовин. Дефіцит мікронутрієнтів є однією з важливих проблем як для розвинутих країн, так і для тих, що розвиваються. Ця проблема потребує прийняття широкомасштабних заходів на державному рівні для ефективної корекції харчових раціонів.

Фрукти, овочі та ягоди - це основне і практично єдине джерело таких біологічно активних речовин, як каротиноїди, фенольні сполуки (у т.ч. антоціани, флавоноли, бетанін), L-аскорбінова кислота. Ці речовини мають імуномодельючі, радіопротекторні, антиоксидантні властивості і надають колір сировині та продуктам її переробки. Біологічно активні речовини (БАР) плодів відносять до розряду незамінних, які повинні регулярно надходити до організму людини з продуктами харчування незалежно від сезону. МОЗ України рекомендовані норми споживання плодів, які складають на душу населення на рік – 110 кг фруктів та 150 кг овочів. Значну частину плодів споживають у виді консервованих продуктів, більшість з яких представлена соками. Існуючі технології переробки фруктів і овочів у консервовані продукти не забезпечують збереження БАР, незважаючи на те, що в них передбачено ряд заходів, спрямованих на запобігання цих перетворень. Втрати деяких важливих сполук складають від 20 до 80 %, що суттєво позначається на харчовій цінності та товарному вигляді продукції. Збереження природних пігментів у процесі переробки сировини і характерного для неї кольору є критерієм якості соків та концентратів і свідчить про досконалість технологій, а будь-яка зміна кольору – про розпад, деструкцію БАР та накопичення шкідливих сполук.

Забезпечення організму людини біологічно активними речовинами обмежене співвідношенням у раціоні енергетичних та біологічно активних компонентів. У розвинутих країнах ліквідацію дефіциту біологічно активних речовин вирішують шляхом додавання біологічно активних добавок (БАД) до їжі. Краще цю проблему вирішувати поєднанням збереження природних БАР сировини у продуктах переробки та збагачення цих продуктів БАД, отриманими з рослинної сировини.

Розробка технологій, прийомів, способів, комплексного підходу до вирішення проблеми збереження БАР фруктової і овочевої сировини при переробці в консервовані продукти та БАД і визначає актуальність роботи як системи теоретичних положень та практичного впровадження конкретних технологій.

Напрямами розв'язання поставленої проблеми є системний аналіз основних процесів та факторів, що призводять до втрат БАР, розробка термодинамічної моделі взаємодії компонентів при порушенні рівноваги системи в процесі виробництва, виявлення підходу до стабілізації БАР, застосування захисних заходів у конкретних технологіях.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Наукові дослідження та технологічні розробки проведені згідно з законом України “Про пріоритетні напрямки розвитку науки та техніки на період до 2006 року” від

11.07.2001 № 2623-III, що передбачає розвиток новітніх та ресурсозберігаючих технологій у агропромисловому комплексі, з національною програмою “Діти України”, введеною наказом президента № 63/96 від 18.01.1996, яка передбачає розробку технологій, обладнання та системи контролю якості консервів для дитячого харчування, з основними напрямками діяльності академії, що включають розробку технологій нових видів харчових продуктів, з Програмою “Розробка технологій поліфункціональних добавок та харчових продуктів загального лікувально – профілактичного призначення” № 0197 U 016055 та інших тем.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка наукових основ одержання соків та концентратів високої якості шляхом збереження біологічно активних речовин рослинної сировини в технологіях переробки в консервовані продукти, застосування методів, процесів, спрямованих на стабілізацію каротиноїдів, фенольних сполук, L–аскорбінової кислоти, інших нестійких до окиснення компонентів, та підвищення вмісту БАР у консервованих продуктах.

Для досягнення поставленої мети визначені основні задачі дослідження:

- провести аналіз рослинної сировини з позицій вмісту в ній незамінних компонентів їжі, їх перетворень в існуючих технологіях та визначити головні чинники втрат біологічно активних речовин;
- визначити вплив різних факторів на перетворення біологічно активних речовин в технологіях переробки фруктів, овочів, ягід, їх вагомість на основі термодинамічної моделі взаємодіючих компонентів та науково обґрунтувати основні напрямки збереження БАР;
- обґрунтувати доцільність використання високих температур (для стерилізації) при одержанні соків і концентратів та дати математичну оцінку впливу високотемпературних процесів на збереження БАР за інтегральним показником, який дозволить прогнозувати та коригувати рівень перетворень БАР у ході технологічної переробки;
- розробити спосіб зниження здатності фенольних сполук до трансформування в хінони перетворенням їх у метоксильні похідні ферментними препаратами з метил-трансферазною активністю;
- дослідити зниження реакційноздатності біологічно активних сполук при утворенні міжмолекулярних комплексів із стабілізаторами фенольної природи, визначити показник міцності комплексу, як характеристику ефективності дії стабілізуючої добавки;
- визначити механізм утворення водорозчинного комплексу каротину при введенні у морквяний сік гідрофільного олігомерного білка;
- вивчити шляхи стабілізації БАР в технологіях переробки фруктів та ягід на соки в гіповаричних умовах;
- дослідити вплив різних технологічних рішень на збереження БАР плодів при впровадженні способів зберігання сировини перед переробкою, класифікації процесів, обладнання, режимів та удосконалення їх параметричного ряду, використанні методів стабілізації нестійких до окиснення компонентів, застосуванні комплексного підходу до збереження БАР сировини на протязі усього технологічного циклу;
- розробити нормативну документацію на нові види продукції, впровадити їх у

виробництво і визначити ефективність запропонованих технологій.

Проведене інформаційне дослідження дозволило висунути такі наукові гіпотези, що підлягають подальшому науковому обґрунтуванню:

- існує однозначна залежність між значенням окисно-відновного потенціалу БАР при комплексоутворенні та міцністю комплексу, на підставі якої можливо прогнозувати стабільність системи;
- утворенню темнозабарвлених сполук в технологіях переробки фруктів на соки в результаті окисної активності фенольних сполук можна запобігти їх метилюванням та переведенням в менш активну до окиснення форму шляхом обробки фруктової подрібненої сировини природними ферментними препаратами, отриманими з пророслих зернових культур;
- підвищення водорозчинності каротинового концентрату можливе шляхом його трансформування при введенні у систему олігомерного гідрофільного білка, що усуне протиріччя між агрегативною стійкістю та наявністю у плодових соках гідрофобних біологічно активних компонентів;
- блокування впливу основних факторів, що сприяють перетворенню БАР плодів (кисню повітря та його інтермедіатів, високих температур та тривалої обробки), може бути досягнуте шляхом вакуумування сировини до подрібнення, забезпечення мінімального контакту лабільних компонентів подрібненої сировини з киснем, сполучення строго регламентованих високотемпературних процесів з низькотемпературним концентруванням та заморожуванням.

Об'єктом дослідження є технологічні процеси переробки фруктів, ягід, овочів на соки та концентрати, склад і режими переробних операцій, фізико-хімічні властивості сировини та готових продуктів.

Предмет дослідження – БАР фруктів і овочів, утворення їх комплексів, трансформація активних фенольних сполук; забезпечення стабільності БАР і запобігання їх втрат у ході технологічного процесу, впровадження захисних заходів та сучасних техніко-технологічних рішень.

Методи досліджень передбачають системний підхід до узагальнення технологічних та біохімічних масивів даних, аналіз, синтез і оптимізацію конкретних рішень, фізичне та математичне моделювання кінетики процесів для обґрунтування вибору принципів стабілізації БАР рослинної сировини, пошуку технологій, обладнання, режимів, способів обробки сировини.

Наукова новизна одержаних результатів:

– науково обґрунтована та доведена доцільність стабілізації біологічно активних речовин (фенольних сполук, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти,) фруктів та овочів при їх переробці на соки і концентрати з використанням нових технологічних та біохімічних прийомів: біотрансформації природних речовин, направленою до комплексоутворення та міжмолекулярної перебудови за допомогою рослинних комплексів ферментів, білків-носіїв та поліфенолів, які дозволяють зберегти БАР на 75...99 %.

– вперше використано метилювання низькомолекулярних фенольних сполук при отриманні соків із фруктів і ягід, виявлені і встановлені закономірності біотрансформації у менш активні до окиснення метоксильні похідні при обробці подрібненої сировини поліферментними препаратами з пророслих зерен пшениці,

які містять метилтрансферази, метіонін та інші донори метильних груп, що дозволяє зберегти низькомолекулярні фенольні сполуки майже повністю (96...98 %);

- вперше експериментально встановлено утворення метоксильних ефірів модельних біофлавоноїдів (кверцетина, ціанідина, лютеоліна) за комплексом досліджень (хроматографічних, спектрометричних), про що свідчить гіпсохромний зсув максимумів у спектрах поглинання метильованих зразків;

- вперше запропоновано та розроблено спосіб виробництва рослинної зернової композиції з високою метилтрансферазною активністю та її використання для запобігання окисненню низькомолекулярних фенольних сполук у технологіях фруктових соків, що дозволяє зберегти їх високу біологічну активність;

- розроблено концепцію регулювання окисно-відновного потенціалу і відповідно хімічного потенціалу, стабільності плодової системи шляхом направленої комплексоутворення БАР з іншими біологічно активними компонентами рослинної сировини, які уводять до суміші; вперше застосовано комплексну стабілізацію бетаніну бурякового соку шляхом міжмолекулярної взаємодії з екстрактами поліфенольних сполук, концентрування та низькотемпературного консервування;

- науково обгрунтовано та доведено доцільність перебудови природного каротинового комплексу на гідрофільний олігомерний білок-носій, що дозволило більш повно зв'язати каротин та вилучити концентрат, який має більшу стабільність та водорозчинність, завдяки переважному вмісту гідрофільних груп амінокислот, та виявлено механізм цього процесу;

- науково обгрунтовано вплив кисню, що міститься у повітрі та плодах, на динаміку перетворень БАР рослинної сировини, показано, що вакуумування сировини, подальша обробка її в атмосфері з меншим парціальним тиском кисню сприяє зниженню окисно-відновного потенціалу системи та стабілізації компонентів;

- запропоновано методологічні основи аналізу процесу зберігання коренеплодів на основі теорії графів та математичних моделей внутрішньої та зовнішньої задач теплообміну для зменшення втрат БАР при переробленні сировини;

- науково обгрунтовано структуру технологічних процесів та режимів обробки в нових розроблених технологіях: каротинового концентрату підвищеної розчинності з моркви та гарбуза, соку бурякового кріоконцентрованого, соків фруктових барвистих, екстрактів біофлавоноїдів, купажованих соків з прогнозованими властивостями та при застосуванні розроблених концентратів в готовій продукції;

Отримані результати є новим напрямком у виробництві соків та концентратів з фруктів і овочів, які майже повністю зберігають біологічно активні речовини вхідної сировини. Це є вирішенням важливої народногосподарської задачі забезпечення населення України вітчизняними високоякісними консервованими продуктами.

Практичне значення одержаних результатів. Основні результати роботи знайшли практичне застосування у промисловості, науково-дослідних організаціях, в учбовому процесі.

Розроблені технологічні основи процесів, технологія та нормативна документація з медико – біологічними дослідженнями та держреєстрацією документації на “Сік-напівфабрикат буряковий кріоконцентрований заморожений “ ТУ У 15.3-02071062-002-2002, “Концентрат каротиновий з підвищеною

водорозчинністю заморожений” ТУ У 15.3-02071062-009-2002, “Соки фруктові барвисті консервовані” ТУ У 15.3-02071062-003-2002, проект НД на “Високодиспергований каротиновий наповнювач з гарбуза” ТУ У 15.3-02071062-005-2002 та технологія одержання екстрактів фенольних сполук, які можуть бути впроваджені у агропромисловому комплексі України.

Сформульовані і оформлені за результатами виконаної роботи “Рекомендації щодо обґрунтування технологічних основ збереження БАР при переробленні фруктів, овочів, ягід на соки та концентрати”. Розроблена технологія впроваджена у Херсонському товаристві з обмеженою відповідальністю СЕПРО БВВ, у дослідно–виробничій лабораторії ДНДПКІ “Консервпромкомплекс”, Новосанжарському консервному заводу.

За розрахунками техніко-економічної ефективності впровадження у виробництво “Соку–напівфабрикату буякового кріоконцентрованого замороженого” дає щорічний ефект 132, 6 тис. грн. і дозволяє відшкодувати витрати підприємства протягом 3,97 року; для “Концентрату каротинового з підвищеною водорозчинністю замороженого” – ці показники складають відповідно 82,3 тис. грн. та 2,35 року, для “Соків фруктових барвистих консервованих” – 176 тис. грн. та 0,25 року.

Особистий внесок здобувача полягає у розробленні основної концепції роботи, виборі і обґрунтуванні теми, створенні методик, проведенні аналітичних та експериментальних досліджень у лабораторіях і виробничих умовах та прийнятті технологічних рішень. Заявлені в дисертації наукові положення, теоретичні розробки, термодинамічний аналіз системи, винаходи, що стосуються нових технологій та вдосконалення існуючих і випробування виконані особисто автором.

Ряд досліджень було проведено спільно з аспірантами Бурдо А.К., Деркач І.В., Пилипенко І.В., Гіджеліцьким В.М., Устенко І.А., іншими співробітниками, заявленими в публікаціях, під керівництвом наукового консультанта, д.т.н., професора Безусова А.Т.

Апробація результатів дисертації. Основні положення роботи доповідались і обговорювались на: щорічних наукових конференціях професорсько–викладацького складу ОНАХТ в період з 1990 по 2004 роки, Всесоюзних конференціях “Химия пищевых добавок”, Чернівці, Київ, 1989 та “Проблемы влияния тепловой обработки на пищевую ценность продуктов питания”, Харків, 1990, Всесоюзній нараді “Перспективные направления в создании и внедрении новой техники и технологии для консервов детского питания”, Одеса, 1990, науковій конференції “Медико–биологические аспекты разработки продуктов питания”, Київ, 1993, науково–практичній конференції “Науково–технічне забезпечення збільшення виробництва конкурентоспроможних продуктів для дитячого харчування”, Одеса, ДНВО “Консервпромкомплекс”, 1995, науковій міжнародно–технічній конференції, присвяченій 75–річчю УКРОПСОЮЗу “Потребительская кооперация в переходный период. Проблемы и перспективы,” Полтава, 1996, міжнародній конференції по екології “Экология. Продукты питания. Здоровье”, Одеса, 1996, міжнародних науково–практичних конференціях “Научные основы и практическая реализация получения натуральных структурообразователей”, Краснодар, 2002 та “Динаміка наукових досліджень” з публікацією у збірнику й в мережі Інтернет за адресою:

<http://www.nauka.dp.ua>, Дніпропетровськ–Харків, 2002, на XXI Intern.Conference on Polyphenols, Marrakech–Morocco, 2002, НУХТ, Київ, 2003, в ОЦНТЕІ, Одеса, 2004.

Публікації. Матеріали дисертації, одержані результати та рекомендації щодо їх використання опубліковані в 60 роботах, в тому числі: у одній монографії; 33 – у статтях, з яких 7 – у наукових журналах, 24 – у збірниках та 2 – у вісниках наукових праць, 8 – у патентах України і 18 – у матеріалах та тезах наукових конференцій, 9 – виконано самостійно.

Структура та обсяг роботи. Перша частина дисертаційної роботи складається із вступу, 7 розділів, висновків, бібліографії і викладена на 415 сторінках, містить 111 рисунків (36 с.), 114 таблиць (61 с.). Список використаних бібліографічних джерел включає 470 найменувань (44 с.). Друга частина містить додатки на 205 сторінках.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** дисертації обґрунтована актуальність теми, наведена загальна характеристика роботи і вказані мета, задачі та наукова новизна досліджень.

У **першому розділі** “Особливості біологічно активних речовин плодів” наведено результати аналізу біологічно активних речовин фруктів, ягід, овочів – основного і практично єдиного джерела таких з них, як каротиноїди, фенольні сполуки (у т.ч. бетанін), L–аскорбінова кислота (АК). Наведена класифікація, характеристика та біохімічні властивості каротиноїдів, фенольних сполук. Показані шляхи перетворення БАР сировини при порушенні тканинної структури у процесі переробки під впливом основних чинників.

Збереження кольору, характерного для даного виду сировини, у процесі технологічної переробки коригує зі стабільністю каротиноїдів, бетаніну та біофлавоноїдів і свідчить про досконалість технології. Використовуючи концентрати пігментів за природні барвники та збагачувачі продукції, можна поліпшити забарвленість соків. Міжмолекулярна взаємодія та утворення комплексів у плодових системах впливає на реакційноздатність компонентів. Показана перспективність використання фенольних сполук для стабілізації БАР при виробництві консервованих продуктів.

У **другому розділі** “Розробка методологічних основ та вибір методів досліджень” на підставі проведеного аналізу публікацій за темою дисертації у науково-технічній літературі, узагальнення робіт відомих учених, що досліджували перетворення БАР плодів у галузі технології переробки фруктової та овочевої сировини на соки та концентрати: Марха О.Т., Скорикової Ю.Г., Флауменбаума Б.Л., Гришина М.О., Танчева С.С, Кудрицької С.Ю., Гельфанда С.Ю., Павлюк Р.Ю, Безусова А.Т., Капрельянца Л.В., Черно Н.К., Пилипенко Л.М., Кротова Є.Г., Загібалова О.Ф. та інших і реального стану консервної галузі сформульовані наукові гіпотези, мета і задачі дослідження.

Наведено розроблені науково–методичні основи проведення теоретичних та експериментальних досліджень за темою роботи і програма їх реалізації (рис.1) та практичного застосування результатів досліджень у конкретних технологіях. Використано науковий підхід до узагальнення вже відомих рішень щодо стабілізації БАР та визначення нової методології, спрямованої на підвищення якості консервованих продуктів. Наведені експериментальна база та об’єкти дослідження. Контроль дієвості запропонованих методик щодо стабілізації БАР здійснювали за

окисно–відновним потенціалом (ОВП) та показниками якості. Для оцінки якості сировини, напівфабрикатів та готової продукції використовували стандартні уніфіковані методики, а для дослідження фенольного комплексу – спектральні, хроматографічні

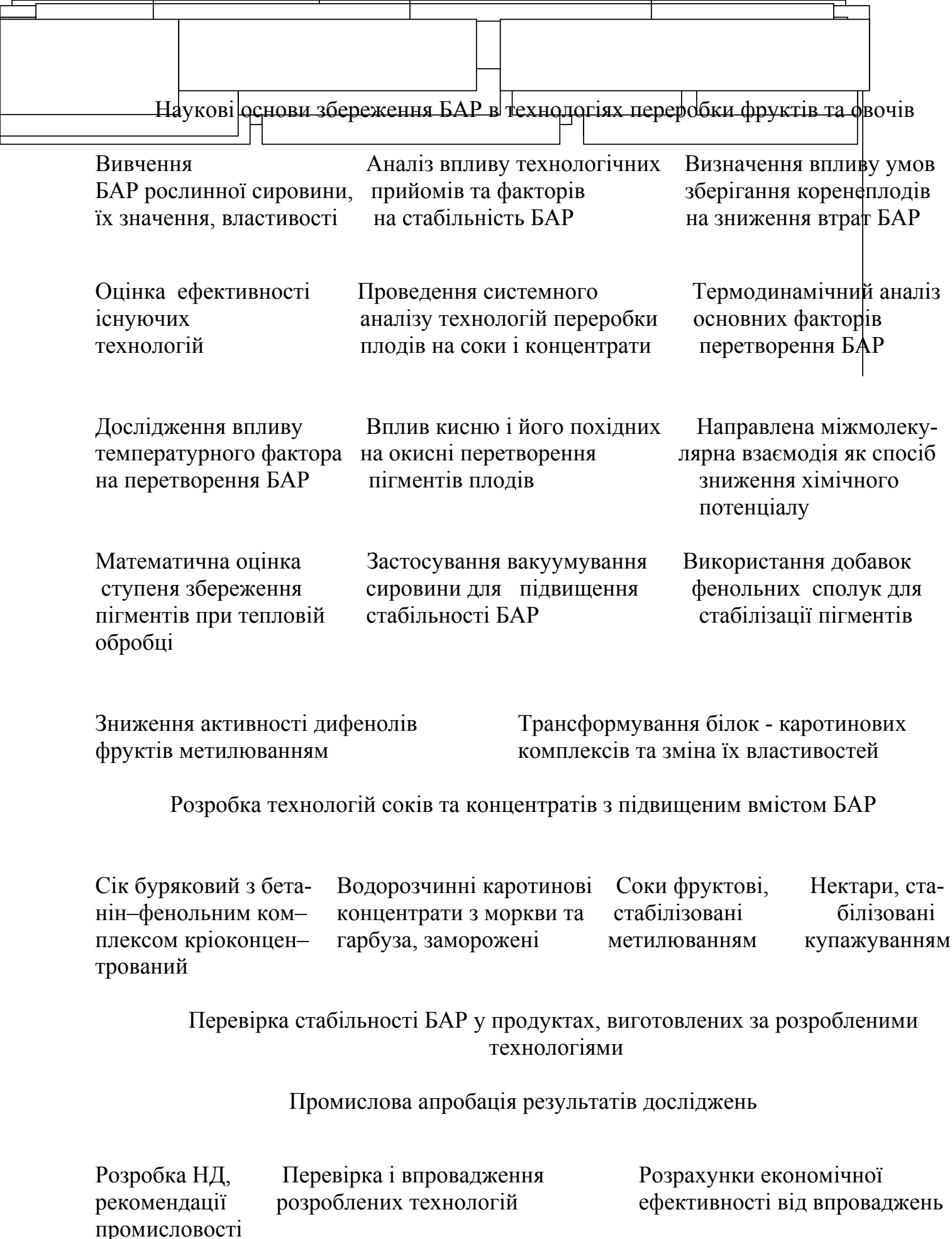


Рис.1 Програма та головні напрямки досліджень

та хімічні методи аналізу, модифіковані нами стосовно об'єктів дослідження. Оцінку кольору проводили за методикою Ю.Г. Скорикової на КФК. Каротин визначали за рекомендаціями С.Ю. Кудрицької. Комплекси у плодовій системі визначали за оригінальними методиками: значенням величини ОВП, швидкістю седиментації часток при застосуванні аналітичного ультрацентрифугування, ІК-спектрометрично і т.д.

Вплив інтермедіатів кисню – пероксидів та гідропероксидів – на ланцюгові процеси окиснення досліджували за величиною показника магнітного сприйняття, визначеного на вагах Гюї. Стабільність БАР до дії температури визначали за величиною констант термостійкості та енергії активації за методикою В.П. Бабаріна.

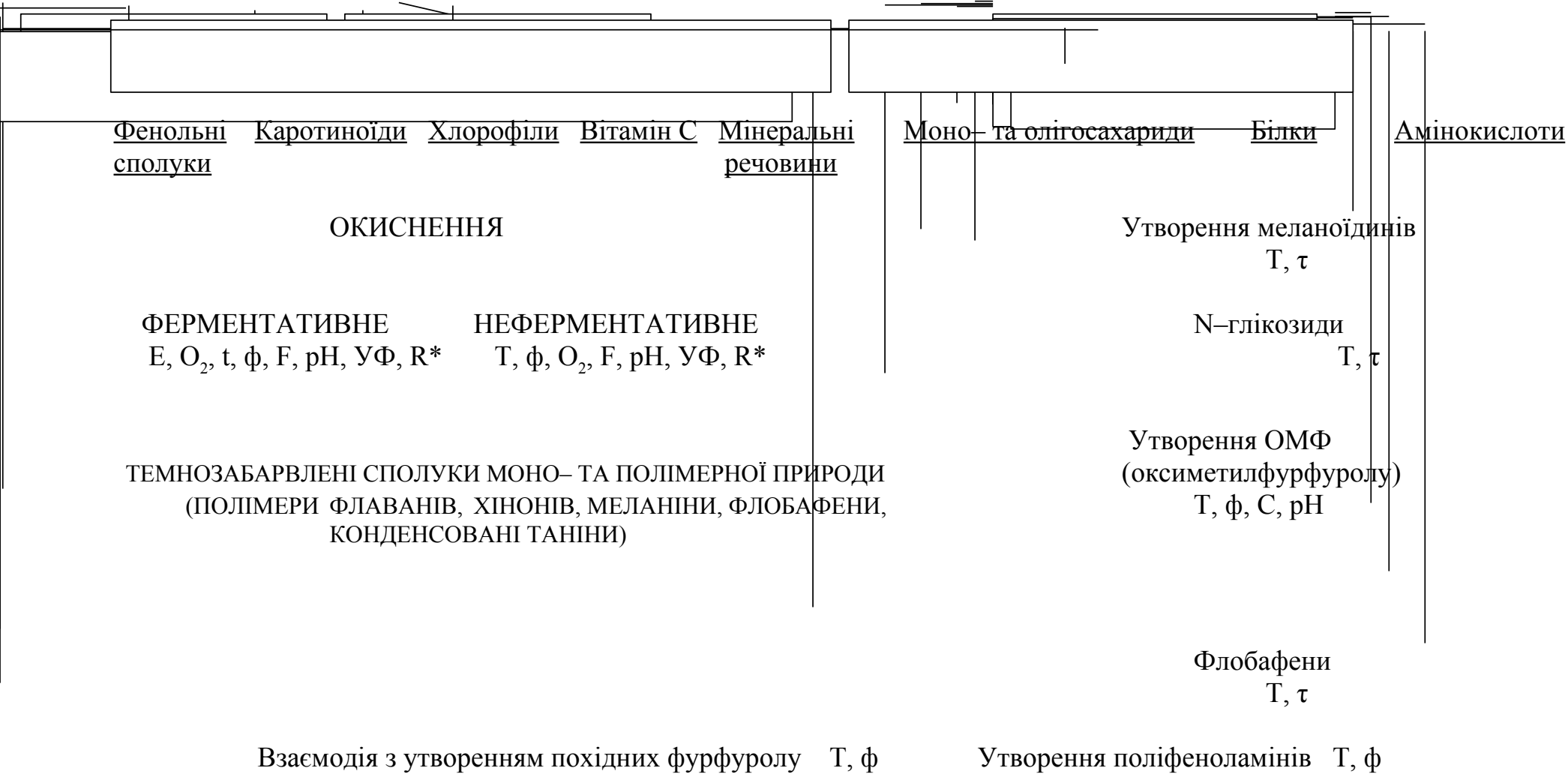
Отримані дані статистично обробляли стандартними методами. Оптимізацію теплових режимів здійснювали симплексним методом планування експерименту.

Наведено схеми експериментальних стендів для кріоконцентрування, вакуумування, коагулювання, визначення показника магнітного сприйняття.

Оскільки вміст БАР у сировині впливає на якість продукту, визначали умови її зберігання за отриманим графом розподілу температур у системі та математичними моделями внутрішньої та зовнішньої задач теплообміну.

У **третьому розділі** “Вивчення БАР фруктів, ягід, овочів і аналіз їх втрат у різних технологічних процесах при переробці сировини” наведені дослідження біологічно активних речовин плодової сировини, як джерела для промислового вилучення каротиноїдів, бетаніну, фенольних сполук. Масова частка пігментів у плодах одного виду коливається в залежності від сорту, ступеня зрілості, умов вирощування та зберігання. Ці відхилення складають для каротиноїдів: моркви $\pm 31...70$ %, гарбуза $\pm 3...20$ %, абрикосів $\pm 15...20$ %, антоціанів чорноплідної горобини $\pm 10...20$ %, бетаніну буряка $\pm 11...20$ %. Показана локалізація каротину та бетаніну у коренеплодах, яка є нерівномірною: у поверхневому шарі масова частка барвників перевищує середній вміст по коренеплоду на $20...30$ %, що призводить до значних втрат при зберіганні та очищенні.

Наведено аналіз втрат БАР при різних технологічних процесах. Подрібнення та протирання призводить до значних втрат: $6,0...26,1$ % L-аскорбінової кислоти, $9,4...28,4$ % фенольних сполук, $13,8...25,2$ % каротиноїдів абрикосів, що пов'язано з функціонуванням окисно-відновних систем плодової сировини – аскорбатредуктазної та фенолхіноної. Перехід L-аскорбінової кислоти у дегідроаскорбінову, а фенольних сполук у хінони та навпаки дозволяє регулювати направленість та ступінь окисних перетворень. При глибоких біохімічних перетвореннях, до яких залучаються усі компоненти сировини (рис.2) та, в першу чергу, біологічно активні (втрати фенольних сполук складають $20...45$ %, L-аскорбінової кислоти – $40...60$ %), із пігментів (бетаніну, антоціанів, каротиноїдів) утворюються продукти реакції з меншим вмістом подвійних зв'язків, що веде до послаблення кольору; конденсовані темнозбарвлені сполуки (флобафени, меланіни, полімери флаванів і хінонів, конденсовані таніни). Зміна кольору складає $20...70$ % до початкового і залежить від умов обробки (температури, тривалості, наявності кисню) та хімічного складу сировини. Найбільш нестійкими виявили себе бетанін буряку, фенольні сполуки фруктів, каротиноїди.



Умовні позначення: E – ферменти; O₂ – наявність кисню; t – температура 10...30 °C; T – підігрів продукту; τ – тривалість обробки; pH – активна кислотність; F – площа контакту з повітрям; УФ – світло; R* – вільні радикали

Рис. 2 Основні напрямки та фактори утворення темнозабарвлених сполук у технологіях виробництва соків з плодової сировини

Оскільки властивості пігментів суттєво відрізняються, дослідження проводили у трьох основних напрямках: збереження природного забарвлення фруктових соків, стабілізація бетаніну у буряковому соку, підвищення стабільності та водорозчинності концентратів каротину, для збагачення ним соків.

Втрати пігментів можливі як з відходами сировини, так і за рахунок їх перетворень при одержанні продукту в технологічному процесі. Вичавки фруктів та ягід містять велику кількість фенольних сполук–антиоксидантів: червоного винограду (масова частка фенольних сполук – 9, 0 %), чорної смородини (7,0...8,2 %), та ін., які можуть бути екстраговані, стабілізовані та згущені для використання стабілізаторами інших БАР.

Існує декілька технологічних схем переробки буряку на концентрований сік. Розрахунки показують, що технологічна ефективність одержання бурякового концентрованого соку, консервованого тепловою стерилізацією, незначна і складає – 0,227. Бетанін швидко руйнується (масова частка бетаніну у буряковому соку концентрованому до 30 % після теплової стерилізації складає 30...50 % до початкового) і його необхідно стабілізувати.

Технологія вилучення каротинового коагуляту з моркви, що зараз використовується, характеризується значними втратами каротину (15...25 %). Розрахунки показують, що технологічна ефективність отримання каротинового концентрату з морквяного соку незначна і складає – 0,248 (рис. 3). Навіть комплексна переробка сировини не дозволяє досягти технологічної ефективності 0,5 одиниці. Також зменшується співвідношення активної транс–форми каротину до неактивної цис–форми (97/3). Проходить знебарвлення каротину при переробленні сировини та в готових продуктах, викликане ферментативними процесами, окисними перетвореннями та епоксидною ізомеризацією. Відносний вміст подвійних зв'язків у коагуляті, визначений при довжинах хвиль 280 нм та 320 нм, за три місяці зберігання зменшується у 2,3 та 2,6 рази.

Для коренеплодів характерні значні втрати пігментів у процесі очистки, які в значній мірі залежать від стану сировини та умов її зберігання. Проведено аналіз взаємозв'язку температур відповідно до побудованого графа. Показано, що питома вага внутрішніх тепловиділень при зберіганні коренеплодів на один–два порядки менша зовнішніх теплоприпливів і вони можуть бути враховані в сумі усіх теплоприпливів при вирішенні зовнішньої задачі згідно розробленого рівняння. Зберігання коренеплодів при відносно вищій, але постійній рівномірній температурі дозволяє знизити енерговитрати, зменшити природну втрату маси сировини на 3...4 %, підвищити технологічну ефективність вилучення каротину на 4,5...5,5 %.

У **четвертому розділі** “Хіміко–технологічні та термодинамічні основи збереження біологічно активних речовин фруктів і овочів” наведено аналіз численних ендо– та екзогенних факторів, що впливають на перетворення БАР. Деякі з них мають універсальний характер, їх вплив на перетворення БАР досліджували раніше, але окремі закономірності дістали подальший розвиток у даній роботі. Такими є температура та тривалість обробки.

Методологія підходу до створення наукових основ збереження біологічно активних речовин плодів та їх стабілізації базувалась на побудові термодинамічної

моделі та визначенні основних потенціалів, що обумовлюють вихід системи з стану рівноваги. З численних чинників перетворень, що мають місце в технологіях переробки плодової сировини, необхідно визначити найбільш суттєві фактори. Якщо відкинути усі часткові та постійні фактори, то перетворення БАР може бути описане термодинамічною моделлю для суміші взаємодіючих компонентів, запропонованою Петровим Н. і Бранковим Й. (1).

$$\begin{aligned} & c \left(\frac{D}{Dt} \rho + S \frac{D}{Dt} T \right) - \sum_{i=1}^N c (m^i - m^{(N+1)}) \frac{D}{Dt} c^i + \\ & \sum_{i=1}^N (m^i - m^{(N+1)}) J_k^i - T_k J_k^s + \sum_{i=1}^N c (m^i - m^{(N+1)}) c^i \leq 0. \end{aligned}$$

Тут: ρ – густина суміші; ρ – питома енергія; S – питома ентропія; T – абсолютна температура; m – хімічний потенціал; c^i – концентрація i -ї компоненти; J_k^s – потік ентропії.

Звідси виходить, що термодинамічний стан системи залежить від концентрації та температури, а їх градієнти визначають зміни цієї системи.

Наведена термодинамічна модель дозволяє зробити висновок про те, що основними факторами дестабілізації суміші хімічно взаємодіючих компонентів є градієнти температури та концентрацій компонентів, які в ній знаходяться. Використання цієї моделі є математично можливим, але визначення хімічних потенціалів усіх компонентів викликає утруднення. Тому для визначення конкретних співвідношень нами застосована класична рівноважна термодинаміка з використанням методу термодинамічних потенціалів. Фундаментальне рівняння рівноважної термодинаміки, відоме як поєднаний вираз першого та другого законів стосовно хімічно реагуючих систем, має вигляд $TdS = dJ - Vdp - \sum m_i dn_i$,

(2)

де m_i , n_i – хімічний потенціал і число молів реагента.

Звідси для ізобарно-ізотермічних процесів виходить $dG = \sum m_i dn_i$, (3)

де G – енергія Гіббса.

В хімічно реагуючих системах зміна потенціалу Гіббса дорівнює $\Delta G_T = \sum n_i m_i$, (4)

де n_i – стехіометричні коефіцієнти.

В розчинах неелектролітів згідно Л'юїса та Рендалла $m_i = m_{i0} + RT \ln a_i$, (5)

де m_{i0} – хімічний потенціал у стандартному стані (чистий реагент при тиску і температурі розчину; a_i – активність реагенту.

З урахуванням цього зміна енергії Гіббса починає дорівнювати:

$$\Delta G_T = \sum n_i m_{i0} + RT \sum n_i \ln a_i = \Delta G_{T0} + RT \sum n_i \ln a_i \quad (6)$$

де ΔG_{T0} – стандартна зміна потенціалу Гіббса.

Умовою рівноваги хімічної реакції є $\Delta G_T = 0$, тому у стані рівноваги

$$\sum n_i \ln a_i = - \Delta G_{T0} / RT = \ln K_a \quad (7)$$

Звичайно константу рівноваги K_a наводять у вигляді співвідношення добутку активностей продуктів реакції у ступенях, що дорівнюють стехіометричним коефіцієнтам, до аналогічного добутка для вхідних сполук $K_a = \prod a_j^{v_j} / \prod a_k^{v_k}$

(8)

Цей стан виражає так званий закон дії мас.

У розчинах електролітів електрохімічний потенціал поля за Гуттенгеймом дорівнює

$$m_i = m_i^0 + Z_i F \varphi, \quad (9)$$

де Z_i – валентність іона; $F = 96500$ Кл/моль – число Фарадея (заряд одного моля одновалентних іонів); φ – потенціал.

Оскільки розчин у цілому є електронейтральним, то $\sum n_i Z_i = 0$, а зміна енергії Гіббса, як і раніше, дорівнює

$$\Delta G_T = \sum n_i m_i = \sum n_i m_i^0 + RT \sum n_i \ln a_i = \Delta G_T^0 + RT \sum n_i \ln a_i \quad (10)$$

де ΔG_T^0 – зміна енергії Гіббса в стандарних умовах, при яких активність всіх іонів розчину дорівнює одиниці.

При зворотному протіканні ізобарно–ізотермічних реакцій, у тому числі електрохімічних, зменшення енергії Гіббса дорівнює роботі. Це є причиною широкого використання для експериментального знаходження різних властивостей розчинів методом вимірювання електрорушійної сили так званих гальванічних ланцюгів, які складаються з двох електродів і досліджуваного розчину. Робота у такому замкненому ланцюгові дорівнює $A' = Z F E = -\Delta G_T$,

(11)

де E – електрорушійна сила (ЕРС).

$$\text{Поблизу стану рівноваги реакції} \quad Z F E_0 = -\Delta G_T^0 = RT \ln K_a, \quad (12)$$

де E_0 – нормальна або стандартна ЕРС ланцюга.

Залежність константи рівноваги бетаніну бурякового соку у розчині від величини ОВП наведена у таблиці 1.

Таблиця 1

Залежність константи рівноваги бетаніну у розчині від величини ОВП

Компонент	Величина ОВП, мВ	Зміна енергії Гіббса, ΔG , Дж	Константа рівноваги, K_a
Бетанін	300	4,94	7,29
Комплекс бетаніну з АК	100	1,65	1,97
Комплекс бетаніну з аскорбіновою кислотою (АК) та катехіном	20	0,033	1,013

При додаванні до бетаніну бурякового соку антиоксидантів активність хімічної реакції знижується і система швидше приходить до стану рівноваги.

Проведений системний аналіз виявив основні фактори, які впливають на перетворення БАР плодів на різних ділянках технологічного процесу і також показав, що втрати БАР фруктів та овочів пов'язані з відходами та перетвореннями при подрібненні плодів та клітинних структур під впливом температури, тривалості обробки, активності компонентів та наявності кисню, а на початку переробки, ще й наявністю ферментів. На основі хіміко–технологічних та термодинамічних

досліджень було сформульовано напрямки збереження БАР у технологіях соків та концентратів (рис.4).

Під впливом температур масова частка БАР у соках із фруктів та овочів зменшується з тривалістю процесу. Наприклад, зміна бетаніну бурякового соку, β -каротину – морквяного, лікопіна – томатного, L-аскорбінової кислоти – перцевого з часом прогрівання при температурі 100 °C наведена на рис. 5.

Рис. 5 Вплив тривалості прогрівання на збереження БАР овочевих соків

Аскорбінова кислота і бетанін є термонестабільними, їх втрати складають біля 50 % та 40 %, а β -каротин і лікопін при нагріванні овочевих соків на протязі 135 хв втрачають не більше 10 %. Показано, що концентрування бурякового соку до масової частки сухих речовин 30 % підвищує стабільність бетаніну (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив концентрування на стабільність бетаніну при зберіганні (n=3, p \geq 0,95)

Продукт, консервованій заморозуванням	Масова частка сухих речовин, %	Масова частка бетаніну, %			
		Тривалість зберігання, місяців			
		0	3	6	9
Сік буряковий натуральний	10	100	98,2	96,4	87,4
Концентрат бурякового соку	30	100	100	99,6	94,3

При цьому кращі результати має сік концентрований виморожуванням, так як максимум поглинання при характеристичній для бетаніну довжині хвилі вищий (рис.6).

Теплова обробка викликає неминуче зниження органолептичних властивостей і харчової цінності стерилізованої продукції (часткова деструкція білків з виділенням H₂S, NH₃, гідроліз ліпідів, руйнування вітамінів та фенольних сполук). Зміна окремих показників, які мають місце під дією тепла, може бути різною, в залежності від продукту, який піддається тепловій обробці (стерилізації). Для досягнення високої якості консервів необхідний ретельний вибір режимів стерилізації і наукове обґрунтування параметрів процесу, яке можливе при паралельному вивченні закономірностей впливу режиму теплової обробки на мікроорганізми і на відповідні хімічні характеристики харчової цінності консервів. Для кількісної оцінки ступеня руйнування пігментів під впливом температури визначені константи термостійкості D та Z. Очистка коренеплодів, інактивація ферментної системи соків здійснюється з використанням високих температур за рекомендованими режимами.

Проведена математична оцінка ступеня руйнування пігментів при стерилізації та пастеризації. Для розрахунку нормованого пігментного числа як еталонні температури, для зручності порівняння з ефективністю теплової стерилізації по відношен-

ню до мікроорганізмів та вітамінів, прийняті температури 80 і 121,1 °C. Розрахунок P_n вели за рівняннями (13) і (14):

$$P_n = D_{80} \lg C_p / C_k, \quad (13)$$

$$P_n = D_{121,1} \lg C_p / C_k, \quad (14)$$

де $\lg C_p / C_k$ – ступінь руйнування пігменту P ; C_p – початковий вміст пігменту P , %; C_k – кінцевий допустимий рівень руйнування пігментів P , %, прийнятий нами для різних пігментів та умов. Встановлено, що швидкість інактивації і відмирання спор мікроорганізмів при тепловій стерилізації значно вища гідробіологічної деструкції основних лабільних харчових компонентів, про що свідчать відповідні значення D і Z . Результати розрахунків наведені у таблиці 3.

Таблиця 3

Значення ступеня руйнування пігментів

Пігмент	pH	T_e , °C	D_e , хв	Z , °C	P_n , ум.хв
Бетанін	6,0	121,1	79,8	37	23,9
Бетанін	4,0	80,0	990,0	47	594,0
Каротин	5,9	121,1	740	44	444 / 222
Каротин	4,1	80,0	4998	59	2999 / 1500
Лікопін	4,5	121,1	890	44	267
Лікопін	3,8	80,0	4080	79	3264 / 2448
Антоціани (суниці)	3,4	80,0	990	28	297
Антоціани (вишні)	3,5	80,0	1150	30	345

Розрахунок фактичного руйнування пігментів P_ϕ при стерилізації за реальним режимом вели згідно рівняння, прийнятого для розрахунку спричиненого стерилізуючого ефекту: $P_\phi = \phi (K_{n1} + K_{n2} + \dots + K_{nn})$, (15)

де K_{ni} – перевідні коефіцієнти для різних температур продукту в умовах стерилізації за необхідними режимами; ϕ – тривалість дії кожної з температур (однакові проміжки часу). Деякі фактичні значення пігментного числа для бетаніну та каротину наведені у табл. 4.

Таблиця 4

Ступінь руйнування пігментів при стерилізації

Найменування консервів (пігмент)	pH	Режим стерилізації, хв/°C	P_n , ум.хв	P_ϕ , ум.хв
Натуральний сік буряковий (бетанін)	5,0	20-30-20/120	23,9	20,86
Натуральний сік буряковий (бетанін)	4,5	20-10-20/120	23,9	16,7
Натуральний сік морквяний (каротин)	5,5	20-40-20/120	222	39,8

Встановлено, що відмінність в константах дає можливість одержання стерильної високоякісної продукції і дозволяє зрозуміти, як досягти вищого ступеня збереження компонентів сировини в процесі стерилізації (при більш високій температурі, але протягом меншого часу). При зниженні pH натурального буряко-

вого соку та, відповідно, пом'якшенні режиму стерилізації на 20 хвилин при 120 °C у автоклаві зберігання бетаніну зростає на 25 %. Каротин більш стійкий, ніж бетанін, і його руйнування у процесі стерилізації не перевищує 5 %. Розрахунок пігментного числа, нормованої та фактичної летальності дозволяє коректувати режими пастеризації та стерилізації.

При тепловій обробці продукції, що містить бетанін, фенольні сполуки різних груп та в-каротин, необхідно передбачити засоби щодо стабілізації пігментів іншими методами. Наприклад, зниження відносної активності компонентів.

Існує кореляція між хімічною структурою і активністю рослинних пігментів. На реакційноздатність фенольних сполук суттєвий вплив мають кількість вільних гідроксильних груп та їх позиції у молекулі. Особливо активні до окиснення орто-заміщені фенольні сполуки. Якщо гідроксильні групи у фенолах замінити на метоксильні групи, то здатність сполук до окиснення зменшиться. Встановлено, що одним із способів зниження хімічного потенціалу суміші та окисної активності її компонентів є біотрансформація фенольних сполук фруктів поліферментним препаратом з метилтрансферазною активністю (МТП).

Метилтрансферазну активність (0,98 відн.од.) виявлено в зернах пшениці на стадії пророщення, що дозволяє отримати доступний поліферментний препарат. Обробка таким препаратом фруктової маси при її подрібненні дозволить отримати нешкідливий та безпечний продукт. Доведено можливість процесу метилювання ортофенолів фруктової сировини за допомогою МТП різними методами досліджень. З контрольних та оброблених ферментними препаратами зразків (2 % до маси фруктів) готували препарати для одержання хроматограм, ІЧ-спектрів та проводили дослідження спектрів поглинання у видимій та УФ частинах (280...700 нм).

Хроматографічний аналіз фенольних сполук подрібнених персиків проводили до і після їх обробки МТП, готуючи зразки у зазначених методикою розчинах, та ідентифікуючи фенольні сполуки на хроматограмах за значеннями R_f . Виявлено, що при введенні в подрібнену масу персиків МТП у кількості 2 % до маси зразка виявлено зменшення активних низькомолекулярних фенольних сполук та проявлення неідентифікованих плям, які обумовлені утворенням відповідних метильованих ефірів.

Аналіз масової частки катехіну та хлорогенової кислоти, які є відповідальними за утворення темнозabarвлених сполук персиків, показав їх зменшення після обробки зразків МТП. Використання поліферментного препарату з метилтрансферазною активністю для попередньої обробки фруктів при їх подрібненні запобігає накопиченню у плодових системах темнозabarвлених сполук.

На ІЧ – спектрах зразків, оброблених МТП, виявлене зменшення кількості гідроксильних груп, порівняно з контролем. Спостерігається зменшення смуг, характерних для орто – та парадифенолів ($770 - 735 \text{ см}^{-1}$ та $840 - 810 \text{ см}^{-1}$ відповідно). Концентрація вільних гідроксильних груп також змінюється, що відповідає частотам 1250 см^{-1} та $1500 - 1300 \text{ см}^{-1}$. Смуги ІЧ – спектрів доводять, що активну гідроксильну групу ортофенолів при обробці подрібненої сировини метилтрансферазною добавкою змінює неактивна метоксильна група.

Встановлення місця заміщення ОН-групи на метоксильну проводили на модельних дослідках, використовуючи препарати фенольних сполук різних груп: флаво-

ни (лютеолін), флавоноли (кверцетин), антоціани (ціанідин).

Плями на хроматограмах, відповідні згідно за величиною R_f модельним фе-

нольним речовинам та їх метильними похідними, опіювали спиртом та додали ку-
вати спектрофотометрично. Оригінальні спектри порівнювали з літературними дани-
ми за спектрами поглинання флавонолідів відповідно яким: 3, 7, 3, 4 – тетраоксидла-
воної (лютеоліну) має максимум поглинання при 355 і 258 нм, а його метильний
спів – при 345 і 248 нм, кверцетин – при 373 і 238 нм, а його метильний спів (30-
похідна (пеонідин) – при 522 і 268 нм (рис. 8).



Рис. 7 Спектри поглинання кверцетину та його метильної похідної ізорамнетину

Рис. 8 Спектри поглинання ціанідину та його метильної похідної пеонідину

Одним із способів збереження БАР є направлене комплексоутворення. Установлено, що при утворенні стійких комплексів реакційна здатність компонентів знижується, при цьому окисно-відновний потенціал зсувається у сторону від'ємного. Чим більше зниження значення ОВП розчину, тим міцніший і стійкіший комплекс у ньому утворюється. Збільшення концентрації комплексоутворювача призводить до зниження концентрації вільних іонів та подальшого зростання від'ємного електродного потенціалу. Величина зниження електродного потенціалу при введенні комплексоутворювача залежить від константи дисоціації утвореного комплексу. Значення ОВП розчину у надлишковій кількості комплексоутворювача є для нього характеристичним показником.

Міцна міжмолекулярна взаємодія між пігментами та фенольними сполуками і органічними кислотами сприяє стабілізації цих компонентів. Міцність комплексу визначали за величиною реального потенціалу комплексу відносно нормального потенціалу пігменту. На модельних розчинах або екстрактах з рослинної сировини

встановлено, що між пігментами та фенольними сполуками високого ступеня окиснення і органічними кислотами утворюється комплекс, для якого значення реального потенціалу в надлишковій концентрації комплексоутворювача менше нормального потенціалу пігменту у 2...10 раз (таблиця 5).

Таблиця 5

ОВП пігментних комплексів рослинної сировини

Рослинна сировина (пігменти)	Склад комплексу	Електродний потенціал, мВ	
		Нормальний пігменту	Реальний комплексу
Морквяний сік (в-каротин)	Каротин, аскорбінова кислота (0,1%)	267	79
	Те ж саме, 25 хвилин обробки	267	32
	в-каротин, кверцетин (0,1%), аскорбінова кислота (0,1%)	267	25
	Каротин, фенольні сполуки і L-аскорбінова кислота екстракту шипшини	267	30
Буряковий сік (бетанін)	Бетанін, катехіни зеленого чаю (0,5%)	172	90
	Бетанін, кверцетин (0,1%)	172	104
	Бетанін, кверцетин (0,1%), L-аскорбінова кислота (0,1%)	172	83
	Бетанін, кверцетин (0,1%), L-аскорбінова кислота (0,1%), лимонна кислота (0,1%)	172	81
	Бетанін, фенольні сполуки і L-аскорбінова кислота екстракту кісточок червоного винограду	172	82
Яблучний сік (фенольні сполуки)	Фенольні сполуки яблучного соку, кверцетин (0,1%)	411	268
	Фенольні сполуки яблучного соку, кверцетин (0,1%), L-аскорбінова кислота (0,1%)	411	95

Для експериментального підтвердження захисної дії комплексів від окисного

перетворення пігментів були виготовлені зразки за показниками ОВП і закладені на зберігання при температурі мінус 18 °С. Використання L–аскорбінової кислоти і препаратів кверцетину, екстрактів шипшини та кісточок червоного винограду з високим вмістом поліфенольних сполук сприяє стабілізації пігментів каротину на 12...15 %, а бетаніну більш ніж на 30 % за шість місяців зберігання.

Захисна дія комплексоутворювачів кверцетину та L–аскорбінової кислоти на бетанін бурякового соку у кількості по 0,1 % без термічної обробки та після неї підтверджена спектрометрично. Аналіз отриманих спектрів показав наявність суттєвих відмін. Особливо це стосується смуг поглинання, що відносяться до бензольного кільця при частоті 1600...1500 cm^{-1} . Смука 1580 cm^{-1} з'являється тільки тоді, коли бензольне кільце сполучене з ненасиченою групою або групою, що має вільну пару електронів. Сполучення підвищує інтенсивність усіх трьох смуг, але не впливає на їх положення. Зміна кольору бетаніну при неферментативному процесі розпаду пов'язана з реакцією декарбоксилювання. Порівняння смуг 1580 cm^{-1} свіжого і термообробленого ($t = 100\text{ }^{\circ}\text{C}$, 30 хвилин) бурякового соку підтверджує, що у зразках з комплексоутворювачем процес декарбоксилювання не протікає.

Фенольні сполуки можуть бути використані як інгібітори процесу окиснення БАР. Специфіка впливу певних фенольних сполук на реакційноздатність компонентів подрібнених плодових систем була застосована для зниження в них ступеня окисних перетворень.

Зниження комплексоутворенням реального ОВП бетаніну та фенольних сполук яблук значно нижче, ніж для каротину. Це пояснюється тим, що сам каротин, як похідний ізопрену, вступає у міжмолекулярну дію завдяки гідрофобним зв'язкам насамперед з білками. Білкові речовини моркви (протомерні та гідрофобні) після термічної обробки утворюють з β –каротином нерозчинний комплекс. При одержанні добавок каротину з моркви методом теплового удару властивості білка та каротину визначають низьку розчинність комплексу, що ускладнює його застосування для продуктів зі значним об'ємом полярного розчинника. Властивості комплексу білок–каротин були змінені використанням білка олігомерного та гідрофільного за своєю природою. Механізм утворення комплексу пояснюється тим, що вільні молекули каротину зв'язуються з однією протомерною низкою олігомеру, а подальше зв'язування лігандів потребує менше енергії за рахунок кооперативного ефекту.

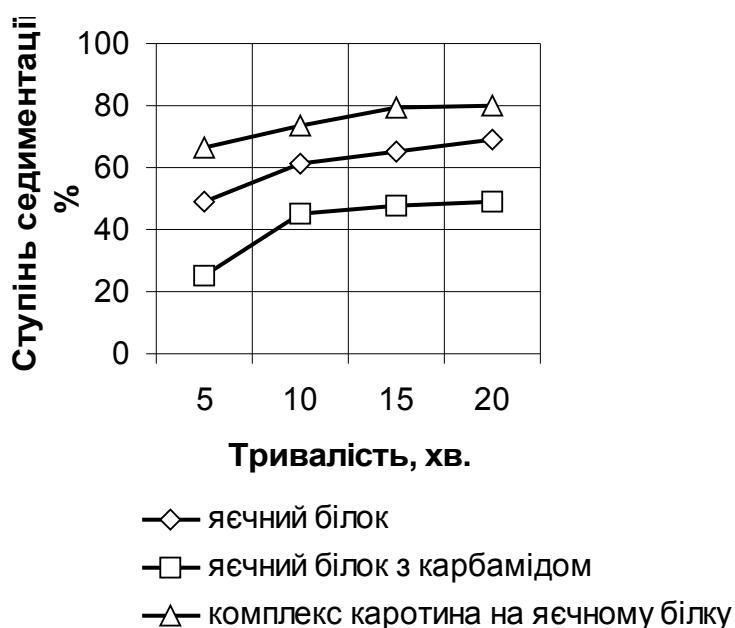
Експериментально підтверджене трансперенесення лігандів каротину на внесений до системи водорозчинний білок методом аналітичного ультрацентрифугування. Конформаційні зміни макромолекул при їх агрегації або дисоціації встановлювали за змінами швидкості седиментації часток зразка, яка залежить від розмірів макромолекул, їх компактності та виникаючого при цьому коефіцієнта тертя у розчині. Конформаційні зміни у білках виникають у результаті зв'язування їх з лігандами, у цьому випадку, при утворенні комплексів з каротином. Дисоціацію білка на субодиниці (протомери) викликали обробкою його карбамідом або парахлормеркуробензоатом.

За гідрофільні олігомерні білки були обрані водорозчинні білки курячого яйця і соєвого концентрату. Для порівняння дії цих білків використовували розчини з однаковою їх кількістю, соєвий концентрат розчиняли водою (гідромодуль 1: 6,8). Контролем були зразки – білок : вода – 1 : 5. Здатність каротину утворювати

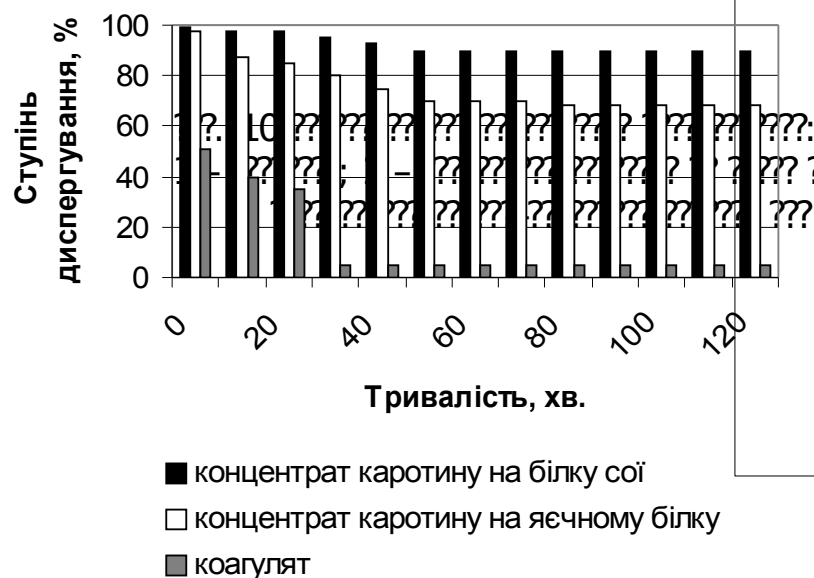
комплекс з білками реалізована в технології отримання β -каротинового концентрату із моркви методом теплового удару. Комплексоутворюючу здатність білків з каротином морквяного соку досліджували ультрацентрифугуванням при частоті обертів 10000 хв^{-1} . Кінетика седиментації молекул білків з різною конформаційною структурою, наприкладі яєчного, наведена на рис 9.

Утворення комплексу з внесеними білками дозволяє стверджувати, що проходить перенесення каротину на внесений білок.

ОВП системи морквяний сік - білок курячого яйця складає біля 50 % від величини нормального потенціалу, а для системи морквяний сік - білок соєвого концентрату – більше 60 %, тобто білки соєвого концентрату утворюють більш міцний комплекс з каротином. Константи дисоціації цих комплексів становлять $12,44 \cdot 10^{-1}$ і $5,8 \cdot 10^{-1}$ відповідно. Менше значення константи дисоціації вказує на більшу спорідненість ліганду до білка.



Використовуючи як комплексоутворювач каротину білки курячого яйця та сої, отримані каротинові концентрати, які мають підвищену водорозчинність. Диспергування каротинових концентратів у водному середовищі (рис.10) показує, що ступінь диспергованості розроблених комплексів у воді порівняно з природним підвищується на 65...85 %.



Молекулярний кисень та продукovanі ним радикали (пероксиди та гідропероксиди) залучають до окисних перетворень різні компоненти сировини. Потенціал кисневої системи у водному розчині при будь-якому тиску може бути виражений рівнянням:

$$E = E_h + (RT/4F) \ln [O_2], \quad (16)$$

де E – потенціал кисневої системи; E_h – нормальний потенціал системи при 25 °C; R – універсальна газова константа; T – абсолютна температура; F – число Фарадея; $[O_2]$ – тиск кисню. З наведеного рівняння видно, що навіть незначний тиск кисню у присутності систем, що активують його, дає у водних розчинах високі значення ОВП. Обмеження кількості кисню у системі слід розглядати як засіб, що веде до зниження ОВП. Окисно-відновні реакції можуть мати місце і при відсутності кисню, але значно рідше.

У звичайній атмосфері вміст кисню функційно пов'язаний з тиском. При створенні розрядження маса кисню знижується, що призводить до зменшення імовірності аеробного окиснення. Однак, необхідно враховувати, що кількість кисню, що міститься у міжклітинному просторі деяких плодів, може бути достатньою для зародження окисного ланцюга. Зниження ОВП проходить не тільки при вилученні з системи вільного кисню, але й кисню перекисів.

Найважливішою властивістю багатьох фенольних сполук є здатність до оборотного окиснення завдяки переходу з фенольних форм у хінонні. Речовини, такі як L-аскорбінова кислота, відновлюють хінонні форми фенольних сполук, повертаючи їм антиокисні властивості. Нами встановлено, що швидкість утворення вільних радикалів у подрібненій сировині значною мірою залежить від виду сировини. Для яблучного, морквяного та бурякового соків, купажованих з екстрактом із чорноплідної горобини, при одних і тих же умовах показник магнітного сприйняття суттєво відрізняється і відповідно складає у мг на 100 г: 100, 500 та 700. При додаванні перекису водню зростає вільнорадикальне окиснення (ВРО), але для зразків з підвищеним вмістом активних форм кисню спостерігався достатньо стабільний рівень магнітного сприйняття (МС), що свідчить про наявність у сировині стійких механізмів, які гасять ВРО. У таблиці 6 наведені результати досліджень окисних перетворень у

вишневому соку при його одержанні в залежності від наявності у ньому активних форм кисню.

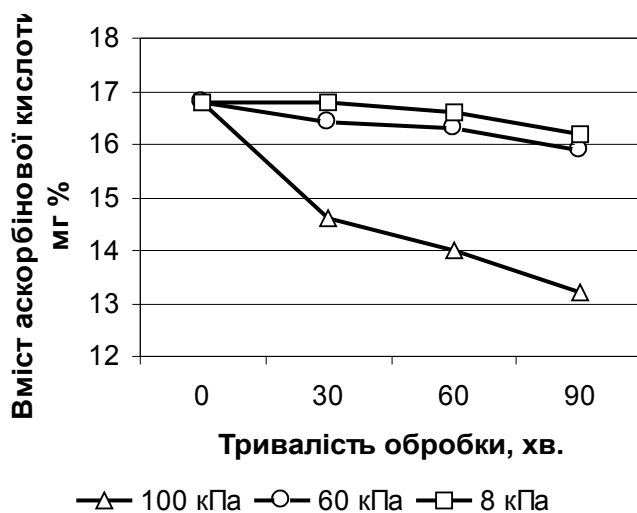
Таблиця 6

Зміна показників окиснення вишневого соку

Показники	Вишневий сік натуральний			Вишневий сік з H_2O_2		
	Кон-троль	Через 0,5 години	Через 1 годину	Кон-троль	Через 0,5 години	Через 1 годину
МС, мг на 100г	300	300	310	110	290	420
ОВП	325	333	316	320	457	473
Аскорбінова кислота, мг на 100 г	16,8	16,6	15,6	16,0	12,4	10,0
Фенольні сполуки, мг на 100 г	390	360	470	340	330	530

Зменшення вмісту L-аскорбінової кислоти спостерігається у всіх зразках, але при наявності пероксидів швидкість розпаду АК зростає у 1,5 рази. Фенольні сполуки також окиснюються, що спочатку супроводжується зниженням їх масової частки, а потім, через окисну полімеризацію і утворення на першому етапі яскраво забарвлених димерів, оптична густина зростає. ОВП при наявності активних форм кисню зростає у 1,5 рази, а показник МС змінюється тільки при тривалій дії та втратах антиоксидантів сировини більше, ніж на 30 %.

В умовах гіпероксії, коли молекули кисню інтенсивно впливають на компоненти клітин, хімічно активні форми утворюються швидше та у більшій кількості. Особливо посилюється утворення радикалів при присутності в атмосфері повітря кисню та при підвищеному тиску. Для зниження ступеня окисних перетворень біологічно активних компонентів ми застосували вакуумування сировини. Встановлено, що зниження вмісту кисню, поєднане з гіпобаричними умовами, дозволяє значно зменшити окисно-відновний потенціал у системі та стабілізувати біологічно активні речовини плодової сировини. Збереження нестійкої до окиснення L-аскорбінової кислоти у вишневому соку в залежності від глибини розрідження та зменшення масової частки кисню у системі наведено на рис.11. Враховували, що об'ємна частка кисню у вишні при 100 кПа складала 85 см³/кг. При вакуумуванні сировини до 60 кПа та 8 кПа вміст кисню у вишні відповідно складав 16 см³/кг та 10 см³/кг. Подрібнення сировини та відділення соку проводили без доступу атмосферного кисню.



Численність можливих напрямків реакцій та їх глибина, що проходять у подрібненій сировині, залежить від умов технологічних процесів. Для об'єктивної оцінки та порівняння впливу тривалості процесів переробки, в залежності від основного використовуваного обладнання, на якість продукту застосовано інтегральний показник “багатокутник якості”, що включає вміст L-аскорбінової кислоти (відновної f_1 та окисної f_2 форм), вміст фенольних сполук (загальний f_3 , антоціанів або лейкоантоціанів f_4) та хінонів f_5 , зміну кольору за показниками інтенсивності забарвлення f_6 та зміни червоних тонів у бік коричневих f_7 , вміст оксиметилфурфуролу f_8 та величину ОВП f_9 . Така характеристика для фруктового пюре, отриманого на різному технологічному обладнанні, показує що при використанні подрібнювально-фінішного апарату якість продукту найвища, а при використанні традиційних протиральних машин найгірша.

Таким чином, збереження БАР залежить від застосованих техніко-технологічних рішень. Врахування дії різних факторів у процесі переробки плодової сировини та регуляція хімічного потенціалу БАР дозволить стабілізувати систему та запобігти небажаних перетворень лабільних компонентів.

У **п'ятому розділі** “Реалізація способів стабілізації бетаніна в технології бурякового соку” показано комплекс засобів, який застосовано для стабілізації бетаніну бурякового соку. Утворення бетанін-фенольного комплексу сприяє зменшенню енергії активації системи і стабілізує пігмент. Енергія активації розпаду бетаніну у буряковому соку залежить від температури та рН середовища. З підвищенням температури нагрівання енергія активації зростає. Підкислення бурякового соку сприяє зниженню енергії активації, при цьому оптимальне значення рН=4,5. Стабілізація пігментів бурякового соку поліфенольними сполуками дозволяє на 79...80 % знизити енергію активації розпаду бетаніну, що зберігає функціональні властивості продукту на рівні, близькому до натурального соку. Механізм збереження бетаніну полягає у захисній дії на нього поліфенолів та інгібуванні ними оксидоредуктаз, що дозволяє стабілізувати бетанін на 95...99 %.

Стабільність бетаніну залежить від його концентрації. Концентрування до масової частки сухих речовин 30...40 % дозволяє підвищити не тільки стабільність пігменту, але й вміст біологічно активних речовин у продукті. Показано переваги кріо-

$$d_{zi} = d_c + V_{zi} / ???$$

концентрування над випаровуванням: у 30-відсотковому буряковому концентраті, одержаному випаровуванням, вміст червоних пігментів менше, ніж у 30-відсотковому кріоконцентраті. Отриманий результат свідчить про деградацію барвних речовин бурякового соку в процесі випаровування. При розведенні кріоконцентрату водою до вмісту сухих речовин $M_{zi} = ?$ Г/кг (Х₈) отриманого продукту наближається до натурального бурякового соку.

Досліджено процес концентрування, який характеризує спільність протікання процесів тепло- і масообміну. Відсутність у літературі загальноновідомих критеріальних рівнянь для розрахунку кріоконцентраторів при роботі з буряковим соком та екстрактом і навіть окремих відомостей щодо значень коефіцієнтів масообміну β , деяких теплофізичних властивостей продукту робить проблематичним розрахунок маси намороженого льоду та температури його поверхні на протязі процесу виморожування. Коефіцієнт β при блочному виморожуванні харчових рідин визначається теплофізичними властивостями продукту, режимними параметрами процесу концентрування та конструктивними особливостями кристалізатора. Досліджено вплив цих факторів на β на основі експерименту. У результаті проведеної обробки даних отримане узагальнене рівняння, що описує масообмін у процесі концентрування бурякового соку методом блочного виморожування у вигляді залежності числа Шервурда (Sh) від чисел Реллея (Ra), Шмідта (Sc), Прандтля (Pr) та параметричної характеристики кристалізатора ($K=d/H$), яке має імовірну помилку ± 13 %. Тут, d та H – діаметр та висота стрижня кристалізатора.

$$Sh = 0,348 \cdot Ra^{0,35} \cdot (Sc/Pr)^{1/3} \cdot K^{0,4} \quad (17)$$

Рівняння рекомендується для розрахунку інтенсивності процесу кристалізації води з бурякового соку для різних сполучень технологічних, режимних, конструктивних параметрів у діапазоні:

$$9,6 \cdot 10^3 \leq Ra \leq 10,4 \cdot 10^3; 13 \cdot 10^3 \leq Sc \leq 16 \cdot 10^3; 20 \leq Pr \leq 25; 0,1 \leq K \leq 0,7.$$

Отримане критеріальне рівняння дозволяє розрахувати тривалість процесу виморожування бурякового соку за наведеним алгоритмом (рис. 13). Зв'язок між окремими параметрами при кріоконцентруванні бурякового соку наведено і-С-діаграмою.

Введення параметрів: $C_n, C_k, V_n, t_n, d_c, d_k$

$$t_c = t_1, t_2, \dots, t_n$$

$$H = V_n / p \cdot (d_k^2 - d_c^2)$$

$$\phi + D\phi; \phi_0 = 10$$

$$n, c, g, D, X_s$$

$$S_c = n/D; Gr = (g \cdot H^3 \cdot \Gamma \cdot Dt) / n^2$$

$$Pr = n/a; Ra = Gr \cdot Pr; K = d/H$$

$$Sh = 0,348 \cdot Ra^{0,35} \cdot (Sc/Pr)^{1/3} \cdot K^{0,4}$$

$$v = Sh \cdot D / d$$

Рис. 13 Алгоритм розрахунку тривалості процесу кріоконцентрування

У наведеному алгоритмі: τ – тривалість процесу, с; C_n і C_k – початкова і кінцева концентрації соку, %; V_n – об’єм соку, см³; t_n – початкова температура соку, °С; d_c і d_k – діаметри стрижня та кристалізатора, м; n – коефіцієнт динамічної в’язкості, м²/с; a – коефіцієнт температуропровідності, м²/с; γ – коефіцієнт температурного розширення, 1/°К; D – коефіцієнт дифузії, м²/с; g – прискорення вільного падіння, $g = 9,8 \text{ м/с}^2$; $F_{\text{л}}$ – площа поверхні блоку льоду, м²; ρ – густина блоку льоду, кг/см³; $X_{\text{ж}}$ – вологовміст продукту, %; X_s – рівноважний вологовміст продукту при даній температурі, %.

Діаграма побудована на основі довідкових, експериментальних і розрахункових даних і дозволяє визначити зміну ентальпії бурякового соку, кількість вимороженої води при різних температурах продукту, а також температуру, до якої потрібно охолоджувати сік, щоб досягти заданої концентрації сухих речовин концентрату.

Розроблена технологічна схема отримання бурякового кріоконцентрованого соку з урахуванням усіх можливих втрат бетаніну. Наведено характеристику готового продукту, показано його високу біологічну цінність та збереження бетаніну під час переробки та зберігання продукту. Проведено медико – біологічні дослідження продукту та надані відповідні рекомендації щодо його застосування. Розроблена та затверджена чинна нормативна документація, ТІ та ТУ У 15.3-02071062-002-2002 “Сік – напівфабрикат буряковий кріоконцентрований заморожений”, Висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи від 16.10. 2002 № 5.10/36764, Держреєстрація 18.02.2003 № 095/004945.

У **шостому розділі** “Отримання концентратів каротину із заданими властивостями” показано технологічні підходи до одержання водорозчинних концентратів каротину. Вивчено вплив природи білків на їх спорідненість з каротиноїдами, в залежності від масової частки гідрофільних амінокислот (гліцину, серину, аланіну, аргініну, цистину, треоніну), що входять до їх складу та показників констант дисоціації каротинових комплексів. При вилученні каротину з сировини до складу комплексів входять також пектин та целюлоза. В залежності від складу комплексів стабільність каротину різна. При зберіганні природного комплексу на протязі трьох місяців вміст каротину у ньому складає 73 % від початкового. Перетворення каротину проходять головним чином за рахунок окиснення. На рис. 14 та 15 наведено ІЧ-спектри нативного каротину та після прогрівання у присутності кисню. Порівняння отриманих спектрів показує суттєві зміни у

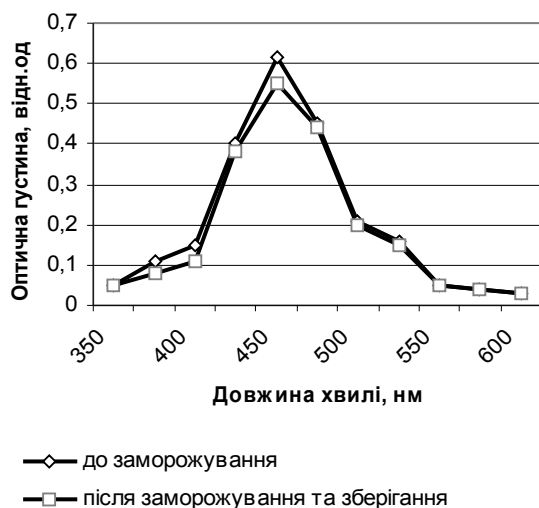


Рис. 16 Спектри поглинання водних розчинів каротинового концентрату

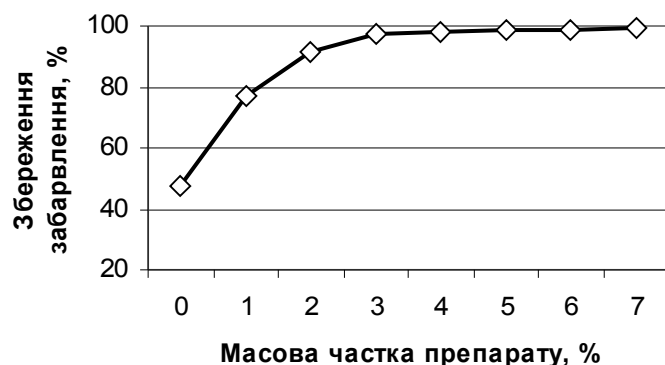
Рис. 17 Спектри поглинання соку манго

Водорозчинний каротиновий концентрат отримували також шляхом тонкого подрібнення сировини, що підвищувало у ньому масову частку біополімерів сировини. З позицій теорії адекватного харчування надзвичайно важливим є споживання харчових волокон, до яких відносять целюлозу, геміцелюлози, пектинові речовини. Всі вони, як і білок, утворюють комплекси з каротином. У вичавках моркви та у м'якоті гарбуза масова частка біополімерів і, відповідно, каротину вища ніж у соку. Використання сучасних методів зміцнення м'якоті гарбуза (іонами Ca^{2+}) та відділення вологи при високодиспергованому подрібненні сировини дозволяє отримати каротиновий наповнювач для збагачення різної продукції. Внесення розробленого концентрату в соки чи напої дозволить підвищити їх біологічну цінність завдяки збагаченню β -каротином – як антиоксидантом, кальцієм – як конкурентом цезію та стронцію, та харчовими волокнами – радіопротекторами.

У **сьомому розділі** “Попередження утворення темнозabarвлених сполук у продуктах переробки плодів” показана роль ендо– та екзогенних антиоксидантів у запобіганні процесів окиснення. При використанні купажування різних видів сировини колір соків поліпшується. Розрахунок рецептур виконували на ПЕОМ у декілька сеансів з послідовним корегуванням моделей. Формалізація задачі у вигляді моделей лінійного програмування та симплексного методу її розв’язання забезпечує оптимізацію рецептур та їх адекватність експериментальним зразкам. Використання органічних кислот також сприяє зниженню окисної активності БАР подрібненої сировини.

Особливу увагу приділено попередженню накопичення темнозabarвлених сполук метилуванням ортофенолів. Науково обгрунтовано джерело поліферментного препарату з метилтрансферазною активністю та розроблено технологію його вилучення. Отриманий препарат застосовано у технології соків на стадії подрібнення сировини. Визначені режимні параметри процесу метилування. Залежність стабільності кольору від масової частки введеної добавки наведена на

рис. 18. При додаванні до подрібненої сировини 1 % препарату колір суміші суттєво стабілізується. Введення 3 % добавки, як у суміші, так і розчиненому вигляді, дозволяє практично стабілізувати систему (0,1/0,1) L-аскорбіну.



Для кращої взаємодії компонентів та ефективності використання ферментного препарату розроблено математичну модель процесу перемішування подрібнених плодів з метилтрансферазним препаратом. Для даних умов видозмінене число Ейлера для перемішування є функцією відцентрового числа Рейнольдса: $E_{\text{ц}_m} = 0,39 Re_m^{0,79}$. Рекомендовані значення чисел Re_m знаходяться у діапазоні 20,68...24,62. При підвищенні числа Re_m з 24,62 до 28,56 ефективність збереження забарвлення продукту практично не змінюється, а потужність на валу двигуна зростає на 50 % і майже дорівнює пусковій, витрати енергії при цьому зростають у 1,5...2,5 рази в залежності від тривалості процесу (5...10 хв).

Розглянуто вплив на стабілізацію кольору і БАР техніко-технологічних рішень. Показано роль кисню у перетворенні фенольних сполук плодової сировини. Обґрунтовано необхідність проведення технологічної переробки сировини при вакуумуванні та використанні сучасного обладнання, яке дозволяє переробити сировину в індукційний період, при якому утворення перекисних сполук та радикалів мінімальне. Вилучення соку на фільтруючих центрифугах та пюре на подрібнювально-фінішерному апараті дозволяє значно зменшити перетворення БАР. Розроблено режими відділення соків та математичну модель процесу центрифугування.

Розроблена та затверджена чинна нормативна документація, ТІ та ТУ У 15.3-02071062-003-2002 "Соки фруктові барвисті консервовані", Висновок державної санітарно-гігієнічної експертизи від 11.02. 2003 № 05.03.02-06/4784, Держреєстрація 09.04.2003 № 095/004963.

Технічно ізоляції субстрату від кисню можна досягти вакуумуванням підготовленої сировини. Гіпобаричний тиск у замкненій системі з плодами може бути різним. Відповідно зі зниженням тиску відносно атмосферного кількість газів у плодах зменшується. При вакуумуванні сировини клітинні мембрани зазнають змін. Ступінь цих перетворень залежить від перепаду тиску, швидкості скидання тиску та пояснюється адіабатним скипанням протоплазми всередині клітини, що призводить до часткового пошкодження клітинних мембран та зниження твердості тканини. Показано, що вакуумування при певних параметрах розм'якшує сировину.

Вакуумування сировини може бути рекомендоване як спосіб її попередньої підготовки перед пресуванням для поліпшення виходу соку. Дослідження показали, що при вакуумній обробці айви, груш, моркви, яблук, буряку вихід соку підвищується на 10 %...15 % в залежності від виду сировини і режимних параметрів вакуумування. Однак, основним ефектом вакуумної обробки плодів є значне зниження окисних перетворень та попередження руйнування БАР, про що свідчать показники якості соків та зниження ОВП системи (табл. 7).

Таблиця 7

Вплив вакуумування сировини на показники якості соків

Сировина	Контроль		Вакуумування		Зміна ОВП, %
	АК*, мг/100 г	ФС**, мг/100 г	АК*, мг/100 г	ФС**, мг/100 г	
Груші	5,7	196	12,8	285	43
Яблука	4,4	201	8,9	420	52
Виноград	1,1	189	3,0	342	47
Смородина	79,2	301	170,5	608	39

*АК – аскорбінова кислота, ** ФС – фенольні сполуки

При концентруванні соків та пюре значно змінюється їх колір та прозорість. Однією з основних причин цього є утворення оксиметилфурфуролу. Для запобігання небажаних перетворень застосовано виморожування, розкиснення соку та інші технологічні рішення.

Показана економічна ефективність від впровадження розроблених технологій у виробництво на Херсонському, Новосанжарському консервних заводах та виробничій лабораторії ДНДПКІ “Консервпромкомплекс”, яка складала 176...288 грн. на тонну виробленої продукції.

Позитивні значення технологічної, ресурсозберігаючої та економічної ефективності від впровадження розроблених технологій виробництва соків та концентратів з високим рівнем біологічно активних речовин свідчать про:

наукову обґрунтованість основних процесів переробки рослинної сировини, як результат наведених у даній роботі теоретичних і експериментальних досліджень, направлених на збереження БАР;

технологічну доцільність застосування методів, процесів, технологій, спрямованих на стабілізацію каротиноїдів, фенольних сполук, аскорбінової кислоти та інших лабільних компонентів.

ВИСНОВКИ

1. Доведені наукові гіпотези можливості підвищення якості харчових продуктів на основі збереження біологічно активних речовин фруктів і овочів у технологіях їх переробки на соки, концентрати зменшенням втрат сировини у ході технологічного процесу та зниженням реакційноздатності компонентів шляхом взаємодії з стабілізуючими добавками, структурної перебудови БАР і впровадження сучасних техніко-технологічних рішень. Розроблені біологічно активні добавки (бетаніну, каротину, біофлавоноїдів), вилучені з рослинної сировини у вигляді

водорозчинних концентратів, котрі знижують дефіцит відповідних БАР у раціоні при збагаченні ними консервованої продукції.

2. Встановлене співвідношення БАР у сировині та готовій продукції при використанні діючих технологій переробки плодів і доведена необхідність комплексного вдосконалення процесів зберігання, попередньої підготовки сировини, вилучення соку, концентрування, консервування. Визначені втрати БАР при виготовленні соку бурякового концентрованого, концентрату каротинового, соків фруктових, відповідно – бетаніну (30...50 %), каротину (15...25 %), фенольних сполук (20...45 %) і аскорбінової кислоти (40...60 %). Доведені переваги розроблених технологій, у яких вдалось підвищити стабільність бетаніну до 90...95 %, каротину до 96...99 %, фенольних сполук до 92...96 %, аскорбінової кислоти до 75...80 %. При переробці буряку і моркви на концентрати загальна ефективність при імовірній помилці $\pm 5,1$ % складала 0,667 і 0,786 для розроблених та 0,227 і 0,248 – для існуючих технологій.

3. Показано на основі аналізу термодинамічної моделі взаємодіючих компонентів, що основними факторами дестабілізації плодової системи при переробці фруктів і овочів на соки та концентрати є градієнти концентрацій компонентів та температури. Розроблені методи та заходи підвищення стабільності біологічно активних сполук спрямовані на зменшення хімічного та окисно-відновного потенціалів шляхом направленої міжмолекулярної взаємодії компонентів. Хімічна активність бетаніну, яка коригує зі значенням константи рівноваги, може бути знижена з 7,29 до 1,013 введенням до розчину антиоксидантів–комплексоутворювачів.

4. Визначені константи термостійкості D та Z для кількісної оцінки ступеня руйнування пігментів під впливом температури. Величина константи Z (°C) антоціанів, бетаніну, каротину, лікопіну, хлорофілу перероблюваної сировини складає, відповідно – 28...30; 37...44; 44...59; 44...79; 41...44. Проведена математична оцінка ступеня руйнування пігментів при стерилізації та пастеризації. Обґрунтована можливість зменшення фактичного значення пігментного числа за рахунок зниження рівня рН соку. Використання стабілізаторів призводить до зменшення енергії активації утворених комплексів у 3...4 рази, що призводить до підвищення термостійкості пігментів.

5. Теоретично обґрунтоване зниження реакційноздатності фенольних сполук трансформуванням функціональних груп, ґрунтоване на тому, що окисна активність рослинних пігментів залежить від особливостей їх структури. Заміна гідроксильних груп в низькомолекулярних фенольних сполуках у присутності метилтрансферази на метоксильні змінює їх окисну активність. Рекомендоване використання зерна пшениці на стадії пророщення як ферментного препарату з метилтрансферазною активністю. Методами хроматографії та спектрометрії в модельних експериментах на біофлавоноїдах різних груп (антоціанах, флавонолах, флавонах) встановлено утворення їх метоксильних ефірів під впливом МТП. У фруктових соках, одержаних з використанням метилювання, показник кольору та прозорості значно кращий, ніж у контрольних зразках (у 1,5...2 рази); вміст аскорбінової кислоти вищий на 24...33%; фенольних сполук – на 10...18 %, при майже повному (96...98 %) збереженні низькомолекулярних фенольних сполук.

6. Встановлено, що ефективність стабілізації пігментів комплексотворенням обумовлена міцністю комплексу, яка характеризується величиною зниження окисно-відновного потенціалу (ОВП) у надлишковій кількості комплексотворювача. Уведення до беталаїнів поліфенольних сполук та органічних кислот зсуває значення ОВП у 2...10 разів. Механізм збереження бетаніну полягає у захисній дії на нього поліфенолів та інгібуванні ними оксидоредуктаз, що дозволяє стабілізувати бетанін на 95...99 %.

7. Встановлено, що при утворенні каротинових комплексів на гідрофільному олігомерному білку (курячого яйця та соєвого концентрату), механізм міжмолекулярної взаємодії дозволяє повніше зв'язати каротин та підвищити розчинність комплексу у водній фазі порівняно з природним на 65...85 % . Міцність рекомендованих комплексів з каротином підтверджує зниження величини ОВП (на 50 % та 60 %) і константи дисоціації комплексів з $84,75 \cdot 10^{-1}$ до $12,44 \cdot 10^{-1}$ і $5,8 \cdot 10^{-1}$ відповідно. Для трансформування природного комплексу необхідно ввести: білка курячого яйця – 1,2 % , білка соєвого концентрату – 0,6 %.

8. Розроблено теоретичні основи захисту БАР рослинної сировини від впливу кисню повітря та його похідних. Доведено, що вакуумування сировини до тиску не вище 49...59 кПа, подальша її обробка в умовах зниженого парціального тиску кисню сприяє зсуву окисно-відновного потенціалу в сторону від'ємного та стабілізації компонентів на 15...30 %. Вихід соку зростає на 15...20 % і зменшується твердість тканини плодів (у 2,6...4,5 рази) завдяки руйнуванню клітин при адіабатному скипанні рідини при режимних параметрах вакуумування ($T=40\text{ }^{\circ}\text{C}$, $P=20\text{...}60\text{ кПа}$).

9. Запропоновано методичні основи аналізу процесу зберігання коренеплодів перед переробкою. Застосування теорії графів дало можливість проаналізувати розподіл температур у холодильній камері при зберіганні сировини з математичним моделюванням внутрішньої та зовнішньої задач теплообміну. Показано, що визначальне значення у системі має зовнішнє температурне поле. Дотримання стабільних температурних параметрів на верхньому допустимому рівні ($+4\text{ }^{\circ}\text{C}$) дозволить знизити витрати на продукування холоду без збільшення втрат сировини і пігментів за рахунок мікробіологічного пошкодження або усушки, оскільки у корі міститься на 20...30 % більше пігменту, ніж у середньому по коренеплоду.

10. Запропоновані техніко-технологічні прийоми стабілізації БАР: кріоконцентрування соку до масової частки сухих речовин 30...40 %, що дозволяє підвищити у соках масову частку червоних пігментів на 14 % порівняно з таким же концентратом, одержаним випаровуванням; застосування подрібнювально-фінішної установки та центрифуг порівняно з машиною для протирання та пресом дозволяє підвищити сумарний показник якості у 2,1 та 2,7 рази. Обґрунтовані режимні параметри головних технологічних процесів на основі їх фізичних та математичних моделей, що дозволяє одержати продукт високої якості.

11. Розроблена та затверджена нормативна документація, ТІ та ТУ У 15.3-02071062-002-2002 “Сік – напівфабрикат буряковий кріоконцентрований заморожений”, ТІ та ТУ У 15.3-02071062-009-2002 “Концентрат каротину з підвищеною водорозчинністю заморожений”, ТІ та ТУ У 15.3-02071062-003-2002 “Соки фруктові барвисті консервовані”. Проведено медико-біологічні дослідження продуктів та на-

дані відповідні рекомендації щодо їх застосування.

12. Розраховано економічну ефективність від впровадження розроблених технологій. Практичне використання нової технології каротинового концентрату потребує інвестування 82285,2 грн. капітальних вкладень, які будуть окуплені за період 2,35 року. Практичне використання нової технології бурякового концентрату потребує інвестування 526934,4 грн. капітальних вкладень, які будуть окуплені за період 3,97 року. Очікуваний економічний ефект від впровадження технології фруктових соків зі стабілізованим природним забарвленням складає 176 грн. на тонну продукції.

Розроблені концентрати впроваджені на підприємствах консервної галузі (Херсонському, Новосанжарському консервних заводах та виробничій лабораторії ДНДПКІ “Консервпромкомплекс”) для збагачення соків біологічно активними добавками каротину, бетаніну та фенольних сполук, а також можуть бути використані для різноманітної продукції.

Список праць, опублікованих за темою дисертації

1. Тележенко Л.Н. Биологически активные вещества фруктов и овощей: сохранение при переработке. Монография / Л.Н. Тележенко, А.Т. Безусов. – Одесса: Оптимум, 2004.–268 с.
2. Помаранчевий збагачувач купажованих нектарів /О.Ф. Загібалов, Л.М. Тележенко, О.І. Дроздов, Фаяд Фаяд. // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 16.–Одеса, 1996. – С.36–39.
3. Загібалов О.Ф. Модифікована модель рецептури купажованих нектарів лікувально–профілактичного призначення / О.Ф. Загібалов, Л.М. Тележенко, О.І. Дроздов, Фаяд Фаяд // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 17.–Одеса, 1997. – С.87–91.
4. Коренная И.В. Разработка технологии каротинового концентрата из моркови / И.В. Коренная, Л.Н. Тележенко, А.Т. Безусов // Науч.тр. международ. конф. “Экология человека и проблемы воспитания молодых ученых”.– Одесса. –1997.– Ч. 2.–С.196–198.
5. Безусов А.Т. Фруктово–ягідні напої з низьким вмістом спирту лікувально–профілактичної дії / А.Т. Безусов, Л.М.Тележенко, Н.Г. Корольова // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 18.–Одеса, 1998. – С.66–67
6. Корінна І.В. Комплексна технологія переробки моркви з метою отримання каротинових концентратів./ І.В. Корінна, Л.М.Тележенко, О.В. Коваленко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 19.–Одеса, 1999. – С.88–91.
7. Безусов А.Т. Шляхи стабілізації кольору столових буряків / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, А.К. Бурдо // ДДУЕТ. Наук. праці.– Донецьк.– 1999. – С. 327–333.
8. Безусов А.Т. Стабілізація бурякового соку поліфенолами екстракту чорноплідної горобини./ А.Т. Безусов, А.К.Бурдо, Л.М. Тележенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 19.–Одеса, 1999. – С.91–94.
9. Бурдо А.К. Вплив різних факторів на стабільність забарвлення бурякового соку, / А.К. Бурдо, Л.М. Тележенко, А.Т. Безусов // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 20.–Одеса, 1999. – С.105–107.
10. Тележенко Л.М.. Вплив технологічної переробки на склад каротиноїдів та фенольних речовин абрикосів / Л.М.Тележенко, І.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 20.–Одеса, 1999. – С. 112–116.
11. Тележенко Л.М. Вплив попередньої обробки плодів та додатків на окислювальні властивості соків з м'якоттю / Л.М. Тележенко, І.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 22.–Одеса, 2001. – С. 51–55.
12. Тележенко Л.М. Окислювальні перетворення біологічно-активних речовин при переробці фруктово-ягідної сировини // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 22.–Одеса, 2001. – С. 87–90.
13. Тележенко Л.М. Вплив комплексоутворювання на окисно-відновний потенціал плодової системи// ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 23.–Одеса, 2002. – С. 10–12.

14. Безусов А.Т. Зниження активності дифенолів рослинної сировини метилуванням / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, І.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 23.–Одеса, 2002. – С. 106–109.
15. Тележенко Л.Н. Разработка технологии природных метилтрансферазных добавок из зернового сырья / Л.Н. Тележенко, А.Т. Безусов, И.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 24.–Одеса, 2002. – С. 142–144.
16. Безусов А.Т.. Бета-каротиновый наповнювач для плодовых соков і напоїв / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, І.А. Устенко // Вісник. ДонДУЕТ №2.– Донецьк, 2002.– С.9–14.
17. Тележенко Л.Н. Образование биополимерных комплексов с каротином как способ его выделения и концентрирования / Л.Н. Тележенко, И.В. Коренная //Холодильна техніка і технологія.–2002.–№2.–С.66–68.
18. Тележенко Л.М. Вилучення біофлавоноїдів з насіння червоного винограду у електромагнітному полі надвисокої частоти / Л.М. Тележенко, Г.І. Палвашова, Н.П. Корольова // Вісник. ХДТУСГ.– 2002.– Вип.9.– С. 350–357.
19. Тележенко Л.М. Антиоксидантна активність плодів як фактор формування якості консервованих продуктів / Л.Н. Тележенко, І.В. Пилипенко // ДДУЕТ. Наук. праці.– Донецьк.– 2002 – С. 350–354.
20. Тележенко Л.М. Застосування концентратів барвних речовин рослинної сировини для харчових продуктів // НУХТ. Наук. праці .Вип.14.– Київ, 2003.–С.60–62.
21. Тележенко Л.Н. Обогащение сокодержжащих напитков и продуктов каротином // Хранение и переработка сельхозсырья. Теоретический журнал. – 2003. –№ 3. –С. 74–76.
22. Тележенко Л.Н. Роль температурного фактора в получении высококачественных концентратов красящих веществ из корнеплодов // Холодильна техніка і технологія.–2002.– № 5.–С.53–58.
23. Тележенко Л.Н. Вакуумирование растительного сырья как способ предотвращения окислительных преобразований биологически активных компонентов // Холодильна техніка і технологія.–2002.–№ 6.–С.88–92.
24. Биотехнологии / А.Т. Безусов, Л.Н. Тележенко, И.С. Бурдова, М.Г. Костюченко // Брутто. – 2002.–№ 3.–С. 22–23.
25. Тележенко Л.Н. Термодинамические основы стабилизации биологически активных веществ при переработке плодового сырья // Холодильна техніка і технологія.–2003.–№ 2.–С.61–65.
26. Тележенко Л.Н. Влияние способа получения пюреобразной массы из фруктов на сохранение биологически активных веществ // МПА. Науч.труды.– Москва, 2003. –Вып.1.– С. 266–272.
27. Тележенко Л.М. Вплив кисню та складу плодів соків на окислювальні перетворення біологічно активних речовин / Л.М. Тележенко, І.В. Пилипенко // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 25.–Одеса, 2003. – С. 35–37.
28. Тележенко Л.М. Проектування соків збагачених каротиновим концентратом / Л.М. Тележенко, І.В. Деркач, О.І. Дроздов // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 25.–Одеса, 2003. – С. 37–40.
29. Безусов А.Т. Виробництво концентрованого яблучного соку та аналіз його якості / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, В.М. Гіджеліцький // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 25.–Одеса, 2003. – С. 45–47.
30. Технологія та обладнання для виробництва соків підвищеної якості / С.М. Галкіна, Л.П. Сергєєва, Л.М. Тележенко, Ф.О. Федоров // ОЦНТЭИ. Науч. труды. – Одесса, 2003.– С.38–41.
31. Розробка технології фруктових та ягідних консервів з високим вмістом БАР для дитячого харчування /А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, С.М. Галкіна, А.А. Крохальова, Л.П. Сергєєва // ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 26.–Одеса, 2003. – С. 37–40.
32. Гіджеліцький В.М. Вплив попередньої обробки мезги на окислення поліфенолів яблучного соку / В.М. Гіджеліцький, Л.М. Тележенко //ОДАХТ. Наук. праці. Вип. 26.–Одеса, 2003. – С. 64–66.
33. Безусов А.Т. Техніко–технологічні засоби збереження біологічно активних речовин фруктової сировини при переробці на соки та соковмісні продукти / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, А.К. Гладушняк // Холодильна техніка і технологія.–2004.–№ 3.–С.58–60.

34. Тележенко Л.М. Стабілізація фенольних сполук для збереження кольору фруктових соків/ Л.М. Тележенко, І.В. Пилипенко// ОЦНТЭИ. Сб. науч. ст. – Одесса.– 2004.– С.150–155.
35. Патент 35225 А. Україна, МПК 6 С09В61/00. Спосіб виробництва червоного харчового барвника з буряку. /А.Т. Безусов, Л.М.Тележенко, А.К. Бурдо – № 99094969; Заявлено 07.09.1999; Опубл. 15.03.2001.Бюл. №2.
36. Патент 53332 А. Україна, МПК 7 А23L2/00, С09В61/00. Спосіб стабілізації пігментів соків з рослинної сировини. / Л.М.Тележенко – № 20022043536; Заявлено 28.05.2002; Опубл. 15.01.2003. Бюл.№ 1.
37. Патент 55729 А. Україна, МПК 7 А23L1/212. Спосіб одержання функціонального наповнювача з гарбуза. / А.Т. Безусов, Л.М.Тележенко, І.А. Устенко .– № 2002054315; Заявлено 27.05.2002; Опубл. 15.04.2003. Бюл. № 4.
38. Патент 54185 А. Україна, МПК 7 А23С23/00. Молочний десерт і спосіб його виробництва. / Л.М.Тележенко, З.Ю.Середницька, Т.А. Лисогор – № 2002064535; Заявлено 01.07.2002;Опубл. 17.02.2003. Бюл. № 2.
39. Патент 55945 А. Україна, МПК 7 А23L2/02. Спосіб отримання непрозорих функціональних напоїв. / А.Т.Безусов, Л.М.Тележенко, І.А. Устенко.– № 2002076336; Заявлено 30.07.2002; Опубл. 15.04.2003. Бюл.№ 4.
40. Патент 57345 А. Україна, МПК 7 А23L2/02 Спосіб одержання фруктових соків/ А.Т. Безусов, Л.М.Тележенко, І.В. Пилипенко. – № 2002087083; Заявлено 30.08.2002; Опубл. 16.06.2003. Бюл. № 6.
41. Патент 56748 А. Україна, МПК 7 А23L3/015Спосіб обробки плодів і ягід перед добуванням соку. / А.Т. Безусов, Л.М.Тележенко, І.В. Пилипенко .– № 2002087084; Заявлено 30.08.2002; Опубл. 15.05.2003, Бюл. № 5.
42. Патент 58967 А. Україна МПК 7 А23L2/02. Спосіб попередження потемніння концентрованого яблучного соку. / А.Т. Безусов, Л.М. Тележенко, В.М. Гіджеліцький. – № 2002129567; Заявлено 02.12.2002; Опубл. 15.08.2003, Бюл.№ 8.
43. Тележенко Л.Н. Регулирование пигментации томатной пасты при тепловой обработке и хранении / Л.Н. Тележенко, Ю.Л. Жеребин, Е.В. Лозанова // Тезисы докладов конференции: “Химия пищевых добавок”, Черновцы, Киев, 1989.– С.114.
44. Флауменбаум Б.Л. Изменение качества томатной пасты в процессе термической обработки / Б.Л. Флауменбаум, Л.Н.Тележенко, А.Т. Безусов .// Тезисы докладов юбилейной 50-й научно-практ. конф. “Научно–технические проблемы развития агропромышленного комплекса”, Одесса, 1990.–С.81.
45. Флауменбаум Б.Л. Изменение качества морковного сока в процессе термической обработки./ Б.Л. Флауменбаум, А.Т. Безусов, Л.Н. Тележенко // Тезисы докладов всесоюзного совещания “Перспективные направления в создании и внедрении новой техники и технологии для производства консервов детского питания.”, Одесса, 1990.–С.76–77.
46. Тележенко Л.Н. Изменение цвета томатной пасты при ее изготовлении / Л.Н. Тележенко, В.Л. Митькова .// Науч. исследования студентов кафедры ОТИПП. М.: ВИНТИ, 1991, с.62. Деп.16.08.91, №12.–С. 62.
47. Тележенко Л.Н. Процессы, вызывающие покоричневение томатной пасты при ее изготовлении / Л.Н. Тележенко, И. Сиколова, Ю.Л. Жеребин, В.В. Капустина// Науч. исследования студентов кафедры ОТИПП. М.:ВИНТИ, 1991, с.62. Деп.16.08.91, №12.– С.62.
48. Тележенко Л.Н. Кинетика образования 5-оксиметилфурфурола в морковном соке при тепловой обработке. / Л.Н. Тележенко, Ж. Мораиш , А.Т. Безусов // Науч. исследования студентов кафедры ОТИПП. М.:ВИНТИ, 1991, с.62. Деп.16.08.91, №12.– С.62.
49. Загибалов А.Ф. Совершенствование технологии купажирования нектаров в целях создания биологически ценных продуктов / А.Ф. Загибалов, Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд. // Материалы. науч. конф. “Медико-биологические аспекты разработки продуктов питания”, Киев.–1993, С.115.
50. Тележенко Л.Н. Влияние различных показателей плодов и овощей на подбор компонентов при купажировании нектаров / Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф. Загибалов // Тезисы докладов 54 конференции ОГАПТ, Одесса.–1994.–с.70.

51. Тележенко Л.М. Підвищення біологічної цінності купажованих нектарів / Л.М. Тележенко, О.І. Дроздов, О.В. Рублевська. // Тези 54 конференції ОДАХТ, Одеса.–1994.–с.49.
52. Тележенко Л.Н. Разработка купажированных нектаров с заданными свойствами для детей./ Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф.Загибалов.// Матеріали наук.практ. конф. “Науково-технічне забезпечення збільшення виробництва конкурентно-спроможних продуктів для дитячого харчування”.– ДНВО Консервпромкомплекс.–1995.–С.67–68.
53. Тележенко Л.Н. Разработка технологии апельсинового полуфабриката / Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф. Загибалов //Тез. докл. 55-й науч. конференции в ОГАПТ, Одесса.–1995.–С.54
54. Тележенко Л.Н. Обработка апельсиновых выжимок ферментами./ Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф. Загибалов // Тезисы. докладов 55-й науч. конф. ОГАПТ, Одесса.–1995.–С.53.
55. Тележенко Л.Н. Использование апельсинового полуфабриката для купажированных нектаров / Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф. Загибалов // Тезисы международн. науч.технич. конф. посвященной 75 – летию УКРОПСОЮЗА: “Потребительская кооперация в переходный период. Проблемы и перспективы”. ч.2., Полтава.– ПКИ.–1995.–С.54.
56. Тележенко Л.Н. Обогащение купажированных нектаров апельсиновым полуфабрикатом / Л.Н. Тележенко, А.Ф. Загибалов, Фаяд Фаяд // Тезисы. докладов .4-й методич. международн. конф. по экологии: “Экология. Продукты питания. Здоровье”, Одесса.–1996.–С.95.
57. Тележенко Л.Н. Влияние технологии на содержание витамина С в апельсиновом пюре / Л.Н. Тележенко, Фаяд Фаяд, А.Ф. Загибалов // Тезисы. докладов.56-й науч. конф. ОГАПТ, Одесса.– 1996.–с.16.
58. Тележенко Л.Н. Влияние технологического процесса и состава сырья на стабильность качества фруктовых нектаров / Л.Н. Тележенко, И.В. Пилипенко, З.Ю. Среднецкая // Международная научно-практическая конференция: “Научные основы и практическая реализация технологий получения натуральных структурообразователей”, Краснодар, 23–24 мая 2002.–С.33–35.
59. Тележенко Л.М. Запобігання потемнінню фруктових соків метилюванням / Л.Н. Тележенко, І.В. Пилипенко // Міжнародна наук.–практ. конф. “Динаміка наукових досліджень”, Дніпропетровськ–Дніпродзержинськ–Харків, 28 жовтня–4 листопада 2002, т.15.– С. 24–25.
60. Telezhenko L.The effect of fruit flavonoids as natural Antioxidants with emphasis on food organoleptic properties/L.Telezhenko, I. Pilipenko // XXI International Conf. on Polyphenols, Marrakech – Morocco, September 9–12, 2002.. Vol. 1.– Morocco.–2002.–p.217.

Особистий внесок:

- 1) Проведення літературного пошуку, теоретичне обґрунтування основ стабілізації БАР, керівництво і участь в експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз. 1, 10, 12, 13, 15, 17, 18, 20–23, 29, 32, 35).
- 2) Керівництво і участь в експериментальних дослідженнях, узагальнення результатів, підготовка матеріалів до публікації (поз.2, 3, 4, 5, 7, 11, 24, 28, 45–50, 57).
- 3) Організація і участь в експериментальних дослідженнях, обробка матеріалів та їх підготовка до публікації (поз. 6, 8, 14, 16, 19, 27, 51, 52).
- 4) Керівництво експериментом, складення опису винаходу, складення та редагування формули винаходу, теоретичне обґрунтування запропонованого рішення (поз. 34, 36–39, 40, 41).
- 5) Розробка методології досліджень, коригування експерименту, обґрунтування вагомості впливу різних показників на стабільність БАР (поз. 9, 30,31, 33, 42–44, 53–56, 58, 59).

Анотація

Тележенко Л.М. Наукові основи збереження біологічно активних речовин в технологіях переробки фруктів та овочів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.18.13 – технологія консервованих продуктів. – Одеська національна академія харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2004.

Дисертація спрямована на вирішення проблеми збереження у продуктах переробки фруктів та овочів біологічно активних речовин сировини на основі детального аналізу можливих втрат БАР, впливу основних факторів, термодинамічної моделі системи. У роботі запропоновано обмежене використання високотемпературних процесів, вилучення кисню, направлене комплексоутворення (пігмент – фенольні сполуки, білок – каротин, пектин – кальцій та інші) і трансформування активних функціональних груп у менш активні.

Ключові слова: технологія, фрукти, овочі, біологічно активні речовини, комплекси, трансформування, вакуумування, окиснення.

Аннотация

Тележенко Л.Н. Научные основы сохранения биологически активных веществ в технологиях переработки фруктов и овощей. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 05.18.13 – технология консервированных продуктов. – Одесская национальная академия пищевых технологий Министерства образования и науки Украины, Одесса, 2004.

Диссертация направлена на решение проблемы сохранения в продуктах переработки фруктов и овощей биологически активных веществ сырья на основе детального анализа возможных потерь БАВ, влияния основных факторов, термодинамической модели системы. В работе предложено ограниченное использование высокотемпературных процессов, удаление кислорода, направленное комплексообразование и трансформирование активных функциональных групп низкомолекулярных фенольных соединений в менее активные.

Научно обоснована целесообразность, теоретическая и техническая возможность сохранения биологически активных веществ фруктов и овощей при их переработке на соки и концентраты на основе снижения потерь сырья в ходе технологического процесса и уменьшения реакционной способности компонентов путем взаимодействия со стабилизирующими добавками, структурной перестройки и внедрения современных технико–технологических решений. Повышение содержания бетанина, каротина, биофлавоноидов, направленное на решение актуальной проблемы ликвидации дефицита БАВ, можно достичь обогащением консервированной продукции биологически активными добавками, выделенными из растительного сырья в виде концентратов.

Разработаны и утверждены технологические инструкции, ТУ У производства сока свекольного криоконцентрированного, каротинового водорастворимого концен-

трата, соков фруктовых природно окрашенных, в которых сохранность биологически активных соединений сырья (бетанина, каротина, биофлавоноидов) на 15...30 % выше, чем в существующих технологиях.

Сущность технологии свекольного концентрата состоит в стабилизации бетанина добавками фенольных соединений из растительного сырья, подбор которых осуществляли по снижению величины реального окислительно–восстановительного потенциала комплекса относительно нормального потенциала бетанина, концентрировании вымораживанием, замораживании и хранении в замороженном виде. Каротинового водорастворимого концентрата – в перестройке каротинового комплекса на гидрофильный олигомерный белок путем введения в морковный сок белка сои либо куриного яйца перед коагуляцией, отделении концентрата, центрифугировании, замораживании и хранении в замороженном виде, что не снижает его качество и водорастворимость при обогащении им соков и напитков. Соков фруктовых – в обработке измельченного сырья полиферментными препаратами с метилтрансферазной активностью, что способствует переводу оксигрупп ортофенолов в метоксильные, снижает их окислительную активность при сохранении биологической активности, препятствуя тем самым накоплению темноокрашенных соединений в соках. Также применено вакуумирование сырья перед переработкой, что предотвращает окисление БАВ, внедрение других современных технико–технологических решений.

Ключевые слова: технология, фрукты, овощи, биологически активные вещества, комплексы, трансформирование, вакуумирование, окисление.

Summary

Telezhenko L.M. Scientific bases of preservation of biologically active substances in technologies of fruit and vegetables processing.– Manuscript.

Thesis for a Doctor's degree in engineering on speciality 05.18.13 - The canned foods technology. - Odessa National Academy of Food Technologies of Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2004.

The present doctoral thesis is directed at the solution of preservation problem of biologically active substances of raw material in products of fruit and vegetable processing on the basis of the detailed analysis of possible BAS losses, influence of major factors, thermodynamic system model. The thesis offeres the limited use of high-temperature processes, the oxygen removal, directed complexation (pigment - phenolic compounds, albumen - carotin, pectin - calcium, etc.) and transformation of active functional groups into less active.

Key words: technology, fruit, vegetables, biologically active substances, complexes, transformation, vacuumization, oxidation.