

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ

ПОГАРСЬКИЙ ОЛЕКСІЙ СЕРГІЙОВИЧ



УДК 664.8.037:635.4

**ТЕХНОЛОГІЯ ЗАМОРОЖЕНИХ ДРІБНОДИСПЕРСНИХ
ОЗДОРОВЧИХ ДОБАВОК І ПРОДУКТІВ ІЗ ХЛОРОФІЛВМІСНИХ
ОВОЧІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОМЕХАНОДЕСТРУКЦІЇ**

Спеціальність 05.18.13 – технологія консервованих
і охолоджених харчових продуктів

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ – 2020

Дисертацією є рукопис.

Роботу виконано в Харківському державному університеті харчування та торгівлі Міністерства освіти і науки України.

Науковий керівник: доктор технічних наук, професор, заслужений діяч науки і техніки, лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки
Михайлов Валерій Михайлович
Харківський державний університет харчування та торгівлі, проректор з наукової роботи

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Безусов Анатолій Тимофійович,
Одеська національна академія харчових технологій, професор кафедри біоінженерії і води

доктор технічних наук, професор
Хомич Галина Панасівна,
Вищий навчальний заклад Укоопспілки «Полтавський університет економіки і торгівлі», завідувач кафедри технологій харчових виробництв і ресторанного господарства

Захист відбудеться «01» квітня 2020 р. о 11⁰⁰ год на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 26.058.07 Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68, аудиторія A-311.

З дисертацією можна ознайомитися у бібліотеці Національного університету харчових технологій за адресою: 01601, м. Київ, вул. Володимирська, 68.

Автореферат розісланий «28» лютого 2020 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради, к.т.н., доц.

О.А. Білик

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Обґрунтування вибору теми дослідження. Актуальність роботи пов'язана з прагненням населення високорозвинутих країн вживати переважно так звану «здорову їжу», що спонукає харчову індустрію переорієнтовуватися на виробництво продуктів функціонального призначення, що сприяють збереженню або відновленню здоров'я.

Одним із перспективних напрямів отримання продуктів для оздоровчого харчування є використання у їх виробництві заморожених овочів і фруктів, які містять значну кількість біологічно активних речовин (БАР), таких як вітаміни, каротиноїди, хлорофіли, фенольні сполуки тощо, що сприяють зміцненню захисних сил організму людини, а також мають детоксикуючу та антиокиснювальну дію. Слід зазначити, що, на відміну від провідних країн світу, таких як, США, Німеччина, Франція та інші, де річне споживання заморожених плодів та овочів на душу населення становить 40...100 кг, в Україні на сьогоднішній день воно становить 300 г. Причиною є недостатня розвиненість в Україні сегменту харчової промисловості, що займається виробництвом заморожених плодів та овочів, та дефіцит доступних за ціною заморожених продуктів і напівфабрикатів з плодоовочевої сировини вітчизняного виробництва.

Перспективною сировиною для отримання заморожених продуктів для оздоровчого харчування є хлорофілвмісні овочі (капуста броколі, брюссельська, шпинат тощо), які користуються популярністю у населення багатьох країн світу (особливо в Японії, США, Бразилії та ін.). Це пов'язано з доведеною протипроменевою, протипухлинною дією ненасичених кон'югованих сполук хлорофілу та їх здатністю істотно підвищувати захисні сили організму й обумовлено схожістю будови молекул хлорофілу та гемоглобіну крові людини. Захисна дія хлорофілу підсилюється у поєднанні з дією аскорбінової кислоти та β -каротину, які у значній кількості містяться у хлорофілвмісних овочах (ХВО). Перспективність застосування ХВО як сировини для отримання заморожених продуктів також обумовлена тим, що ХВО швидко псуються, є сезонним продуктом, а традиційні технології їх переробки в консервовані, в тому числі, заморожені продукти та страви, призводять до значних (від 20 до 80 %) втрат БАР (хлорофілу, аскорбінової кислоти, каротину та інших). Зменшення масової частки та зниження захисних властивостей хлорофілу супроводжуються побурінням або знебарвленням продукту. Під дією теплової обробки, світла, кисню, рН-середовища та інших факторів потемніння хлорофілвмісних овочів відбувається за рахунок реакції заміщення в молекулах хлорофілу комплексно зв'язаного магнію на водень, в результаті чого утворюється речовина бурого кольору – феофитин.

В зв'язку з цим актуальним є пошук технологічних прийомів і розробка технологій добавок і продуктів із хлорофілвмісних овочів, які б гарантували збереження натурального хлорофілу і могли бути використані для отримання оздоровчих продуктів з високим вмістом хлорофілу протягом року. На теперішній час найбільш ефективними способами переробки плодів та овочів, що дозволяють зберегти вітаміни та інші БАР, є швидке «шокове» заморожування та дрібнодисперсне (ДД) подрібнення. В представленій роботі як інновацію під час розробки технології заморожених ХВО запропоновано використовувати криогенне «шокове» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту, а для отримання заморожених дрібнодисперсних добавок – комплексний вплив криогенного «шокового» заморожуван-

ня та дрібнодисперсного подрібнення, що супроводжуються процесами кріо- та механодеструкції. Розроблені технології дозволили отримати заморожені ХВО, які за вмістом хлорофілів та інших БАР перевищують свіжу сировину й аналоги в 2,2...2,5 рази, а дрібнодисперсні добавки – в 3,5...4,0 рази. Крім того, це дозволило розробити з їх використанням «зелену лінійку» продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочево морозиво-сорбети, сиркові десерти, нанопапої, начинки для панкейків тощо) високої біологічної цінності без застосування шкідливих для здоров'я харчових добавок (барвників, структуроутворювачів тощо).

Доцільність розробки кріозаморожених хлорофілвмісних овочів та дрібнодисперсних добавок із них, які є одночасно носіями натуральних БАР – фітокомпонентів (хлорофілу, каротину, аскорбінової кислоти та ін.), а також структуроутворювачами, загусниками та барвниками, стала можливою завдяки роботам таких вчених, як: Веркін Б.І., Алмаші Е., Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Сімахіна Г.О., Безусов А.Т., Капрельянц Л.В., Бессараб О.С., Орлова Н.Я., Белінська С.О. та ін.

Зв'язок з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано у відповідності з основними науковими напрямками досліджень Харківського державного університету харчування та торгівлі в рамках НДР за планом ХДУХТ: №14-15-16 Б (0114U006536) «Пошук інноваційних технологічних прийомів для збереження БАР при розробці новітніх технологій салатної, замороженої, дрібнодисперсної, гомогенізованої продукції та добавок для оздоровчого харчування з рослинної, молочної сировини, продуктів бджільництва, грибів для підприємств харчової промисловості, закладів ресторанного господарства та торгівлі», №11-17-18 Б (0116U008446) «Розробка інноваційних технологій одержання натуральних рослинних добавок та технологій продуктів високої біологічної цінності з молочної та рослинної сировини з їх застосуванням»; в межах цільової комплексної програми Міністерства освіти і науки України за держбюджетною темою №1-16 БО (0116U000838) «Вивчення впливу паротермічної обробки та механолізу на активацію наноконкомплексів гетерополісахаридів плодовоовочевих біосистем при розробці нанотехнологій», а також в межах госпдоговірних тем №21-16-17 Д (0116U004496) «Розробка рецептури і технології виробництва оздоровчих начинок із плодовоовочевої сировини (2-х найменувань) для ПанКейків», № 23-17-18 Д (0117U006788) «Розробка рецептури і технології виробництва начинок із молочної та суміші молочної і плодово-ягідної пектиновмісної сировини для кондитерських виробів».

Мета і завдання дослідження. Метою роботи є наукове обґрунтування та розробка технології заморожених хлорофілвмісних овочів і добавок з використанням кріомеханодеструкції в нанорозмірній формі з рекордним вмістом хлорофілу, інших біологічно активних і структуроутворюючих речовин та їх використання під час виготовлення «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування без застосування харчових домішок.

Для досягнення мети необхідно було вирішити такі завдання:

- вивчити комплекс біологічно активних і структуроутворюючих речовин хлорофілвмісних овочів – сировини для отримання заморожених продуктів і дрібнодисперсних добавок з метою їх використання для оздоровчих продуктів;

- провести модельні дослідження щодо вивчення впливу швидкості кріогенного «шокового» заморожування із використанням рідкого та газоподібного азоту та кінцевої температури заморожування продукту на активність окиснювальних фер-

ментів (пероксидази та поліфенолоксидази) хлорофілвмісних овочів порівняно з традиційним заморожуванням та визначити режими інактивації ферментів;

- вивчити вплив кріообробки з використанням рідкого та газоподібного азоту під час заморожування з різною швидкістю та дрібнодисперсного подрібнення ХВО на збереження та трансформацію хлорофілу та інших БАР;

- вивчити вплив кріообробки з використанням рідкого та газоподібного азоту у процесі заморожування та дрібнодисперсного подрібнення ХВО на структуроутворюючі речовини - біополімери пектину, целюлози та їх трансформацію в легкозасвоювану розчинну форму;

- розробити кріогенні технології заморожених ХВО та дрібнодисперсних добавок із використанням як інновації кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та дрібнодисперсного подрібнення, розробити проєкт НД, провести апробацію в промислових умовах, розрахувати ТЕО;

- вивчити вміст біологічно активних і структуроутворюючих речовин у кріо-заморожених ХВО та дрібнодисперсних добавках із них порівняно з аналогами та в процесі зберігання; науково обґрунтувати доцільність застосування добавки зі шпинату у виробництві продуктів для оздоровчого харчування як носія БАР, барвника, структуроутворювача, гелеутворювача;

- розробити альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки ХВО в дрібнодисперсне пюре із застосуванням паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на сучасному обладнанні підприємств ресторанного господарства;

- розробити технологію та рецептури «зеленої лінійки» нових видів плодоовочевого морозива – сорбетів для оздоровчого харчування із суміші ХВО шпинату, яблук, цитрусових, імбиру з рекордним вмістом БАР, в нанорозмірній формі, без харчових добавок, провести апробацію у виробничих умовах;

- розробити рецептури, технологічні схеми та технології продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочевих начинок для кондитерських виробів, нанопоїв, сиркових десертів тощо) без харчових добавок із використанням як інновації кріодобавок із ХВО шпинату, яблук, цитрусових, імбиру, що знаходяться в нанорозмірній формі та є носіями натуральних БАР, виступають структуроутворювачами, гелеутворювачами, барвниками, ароматизаторами, а також із застосуванням фітоекстрактів із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру) як натуральних ароматизаторів і консервантів.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси виробництва заморожених хлорофілвмісних овочів і заморожених дрібнодисперсних добавок із них із використанням кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення, а також виробництва «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів з їх застосуванням.

Предмет дослідження - свіжі хлорофілвмісні овочі (капуста броколі, капуста брюссельська, шпинат), вироблені за кріотехнологіями заморожені ХВО і заморожені дрібнодисперсні добавки із них та виготовлені з їх використанням оздоровчі продукти (плодоовочево морозиво - сорбети, сиркові десерти, нанопої, начинки для кондитерських виробів панкейків тощо).

Методи дослідження – стандартні та спеціальні фізико-хімічні, хімічні, біохімічні, спектроскопічні, мікроскопічні, мікробіологічні методи та методи математичної

обробки експериментальних даних з використанням комп'ютерних технологій.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в тому, що вперше:

- запропоновано, науково обґрунтовано та розроблено кріотехнології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської, шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату, які ґрунтуються на застосуванні процесів кріомеханодеструкції, які приводять до інактивації окиснювальних ферментів, до збереження та вилучення з прихованих у комплексах з біополімерами форм хлорофілу та інших БАР у вільну форму, до часткової трансформації важкорозчинних біополімерів до окремих їх складових мономерів, що дало можливість отримати заморожені продукти та добавки в нанорозмірній формі з рекордним вмістом хлорофілу та інших біологічно активних і структуроутворюючих речовин та розробити з їх використанням «зелену лінійку» продуктів для оздоровчого харчування без застосування харчових добавок;

- встановлено, що хлорофілвмісні овочі є джерелом комплексу біологічно активних речовин (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, дубильних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук), масова частка яких в 100 г продукту здатна задовольнити добову потребу, а також є джерелом структуроутворюючих речовин (пектину, целюлози, білка), що дозволило ХВО обрати як сировину для отримання оздоровчих продуктів та добавок без застосування харчових домішок (збагачувачів БАР, барвників, структуроутворювачів тощо);

- встановлено, що активність окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) кріозаморожених з високою швидкістю (з використанням рідкого та газоподібного азоту) хлорофілвмісних овочів залежить від кінцевої температури заморожування всередині продукту та показано, що заморожування до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ призводить до повної інактивації окиснювальних ферментів, в той час як заморожування до -18°C призводить до збільшення активності в 1,4...1,5 рази, розкрито механізм;

- біохімічними, хімічними та спектроскопічними методами досліджень на прикладі хлорофілвмісних овочів встановлено помилковість загальноприйнятих уявлень щодо кількості в плодовоовочевій сировині прихованих (зв'язаних) неактивних форм хлорофілів, каротиноїдів та інших БАР (від 5 до 10 %) та показано, що застосування кріогенного «шокового» заморожування дає змогу додатково вилучити та трансформувати із прихованої у вільну легкозасвоювану форму БАР, масова частка яких в кріозаморожених ХВО в 2,2...2,5 рази більша ніж у свіжих, розкрито механізм;

- показано, що використання комплексної дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування до $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та дрібнодисперсного подрібнення приводять до високого ступеня вилучення прихованих зв'язаних форм хлорофілів, каротиноїдів та інших БАР хлорофілвмісних овочів, масова частка яких в кріозаморожених добавках в 3,2...3,5 рази більша ніж у свіжих ХВО, що є результатом дії процесів кріомеханодеструкції, механокрекінгу, руйнування нанокомплексів і наноасоціатів біополімерів з БАР та їх трансформацією у вільну форму;

- на прикладі хлорофілвмісних овочів встановлено існування прихованих форм високомолекулярних сполук – полісахаридів, зокрема, пектинових речовин, та показано, що застосування кріообробки під час заморожування та дрібнодисперсного подрібнення ХВО приводить до збільшення та трансформації у вільну активну форму пектинових речовин, масова частка яких порівняно зі свіжою сировиною збільшується в 4,0...4,5 рази та на 70 % трансформується в розчинну форму за рахунок процесів

кріомеханодеструкції, кріомеханоактивації, механокрекінгу;

- розроблено технології заморожених ХВО та дрібнодисперсних добавок із використанням кріо- і механодеструкції під час кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення, що дає можливість інактивувати окиснювальні ферменти, отримати кріозаморожені ХВО і дрібнодисперсні добавки в нанорозмірній формі, якість яких за вмістом хлорофілу та інших БАР перевищує якість свіжих овочів відповідно в 2...2,5 та 2,5...3,5 рази, а за вмістом пектинових речовин якість добавок вища в 4...4,5 рази; обґрунтовано технологічні параметри виробництва; розроблено проект нормативної документації (ТУ); розраховано ТЕО, проведено апробацію у виробничих умовах;

- розроблено альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки ХВО із застосуванням сучасного обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, що використовується на підприємствах ресторанного бізнесу і торгівлі. Показано, що застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення дозволяє отримати продукти із ХВО, якість яких наближається до якості продукції, виготовленої з використанням кріогенної обробки. Отримані результати ґрунтуються на основі вивчення особливостей ферментативних, біохімічних та механохімічних процесів під час паротермічної, кріогенної обробки та дрібнодисперсного подрібнення ХВО;

- розроблено рецептури, технологічні схеми та технології нових оздоровчих продуктів (плодоовочевого морозива – сорбетів, нанонапоїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів панкейків тощо) з використанням як інновації заморожених дрібнодисперсних добавок зі шпинату, яблук, цитрусових, імбиру та ін. Останні застосовуються як п'ять в одному: носії БАР, структуроутворювачі, гелеутворювачі, барвники та ароматизатори. За вмістом БАР розроблені оздоровчі продукти перевищують відомі аналоги. Розроблено проект нормативної документації (ТУ), проведено апробацію у промислових умовах.

Практичне значення одержаних результатів. Розроблено кріогенні технології заморожених хлорофілвмісних овочів і дрібнодисперсної добавки зі шпинату та доведено доцільність їх застосування як джерела хлорофілу та інших біологічно активних і структуроутворюючих речовин у виробництві «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів (плодоовочевого морозива - сорбетів, нанонапоїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів тощо), що сприяє розширенню асортименту продуктів отриманих без застосування харчових домішок для оздоровчого харчування населення.

Реалізація роботи. Проведено апробацію розроблених кріотехнологій заморожених ХВО, дрібнодисперсної добавки зі шпинату та оздоровчих продуктів у виробничих умовах підприємств м. Харків та області: ТОВ «ФМ Хладопром» (28.09.18 р.), ТОВ «ХПК» (10.10.18 р.), ТОВ «Богодухівський молзавод» (02.10.18 р.), ПП НВП «Кріас Плюс» (18.11.14 р.), ТОВ ВКГ «Лісова казка» (13.02.17 р.). Розроблено проект НД на кріозаморожені ХВО та дрібнодисперсну добавку зі шпинату і оздоровчі продукти.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, плануванні та проведенні експериментальних досліджень у лабораторних і виробничих умовах, обробці та аналізі отриманих результатів, формулюванні висновків і пропозицій, підготовці матеріалів досліджень до публікації у вітчизняних та закордонних виданнях (включаючи б.д. Scopus), участі в розробці НД, проведенні впроваджень розроблених

технологій у виробництво та навчальний процес, популяризації отриманих результатів досліджень з використанням рідкого азоту під час участі в «art-class» та проведенні «Майстер – класів» з молекулярної кулінарії на міжнародних фестивалях.

Апробація результатів досліджень. Основні результати досліджень доповідалися і обговорювалися на всеукраїнських науково-практичних конференціях молодих учених і студентів «Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді» (м. Харків, 2016-2019 рр.), на міжнародних науково - практичних конференціях «Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність» (м. Харків, 2016-2019 рр.), «Наукова робота молоді – ефективна освіта, сильне суспільство» (м. Харків, 2016 р.), на Міжнародній науково-технічній конференції, присвяченій 40-ій річниці створення Проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ «Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції» (м. Київ, 2017 р.), на 8-му Центральноєвропейському конгресі з харчової науки SEFood-2016 (м. Київ, 2016 р.), на Міжнародній науковій конференції за участю закордонних гостей «Turystyka, hotelarstwo, gastronomia w teorii i praktyce» (м. Познань, Польща, 2017 р.), на Міжнародній науково– практичній інтернет-конференції «Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві» (м. Харків, 2014 р.).

За результатами виконання роботи отримано 5 золотих медалей Міжнародних кулінарних фестивалів: «AgroCookFest-2016» (м. Харків, 20-22.10.2016 р., за номінацією «Оздоровчі продукти майбутнього: наносорбети»); «OttomanFest-2018» (м. Харків, 13-14.05.2018 р., за 2-ма номінаціями: «За інновації науковців Харківщини в використанні хлорофілвмісної сировини (шпинату) для отримання оздоровчих продуктів XXI століття», «За креативність рішення при отриманні «зеленої лінійки» натуральних нанопоїв «Green Drink», «Green Tonique» із плодоовочевої сировини та за натуральні желейні плодоовочеві десерти «ITropic», «Natural Satisfaction» для оздоровчого харчування населення»); «Biser Mora» (м. Супетар, о. Брач, Хорватія, 21-23.03.2018 р., «За внесок у розвиток інноваційних харчових технологій»); «Slobozhanska culinary league» (м. Харків, 17.10.2017 р., за «Майстер-клас» з молекулярної кулінарії по виготовленню наносорбетів з плодів та овочів для здорового харчування).

Публікації. За темою дисертаційної роботи надруковано у співавторстві 36 робіт, серед яких: 2 колективні монографії, 1 енциклопедія, 18 статей (з них: 5 - у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus тощо), 3 – у фахових виданнях України, 8 - в зарубіжних виданнях Естонії, Словаччини, Польщі), 13 тез доповідей.

Структура та обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, шести розділів, висновків, списку використаних літературних джерел із 262 найменувань, у тому числі 74 зарубіжних, а також 6 додатків. Основний зміст дисертації викладено на 257 сторінках друкованого тексту, містить 26 рисунків та 18 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **вступі** обґрунтовано актуальність вибору теми дисертації, наведено перелік тем НДР, в межах яких виконувалася робота, визначено мету і завдання дослідження, сформульовано наукову новизну та практичне значення одержаних результатів,

визначено особистий внесок здобувача, наведено відомості про апробацію результатів досліджень та інформація щодо публікацій за темою роботи.

У першому розділі **«Передумови створення технології заморожених дрібнодисперсних оздоровчих добавок і продуктів із хлорофілвмісних овочів з використанням кріомеханодеструкції»** наведено результати огляду літератури, що включають дослідження ринку замороженої плодоовочевої продукції в Україні та за кордоном і перспективи його розвитку; обґрунтування актуальності розробки натуральних оздоровчих добавок і продуктів із рослинної сировини; характеристику хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської, шпинату) як сировини для отримання заморожених дрібнодисперсних оздоровчих добавок і продуктів; розгляд особливостей хімічного складу ХВО, вмісту БАР, застосування, лікувально - профілактичної дії; визначення особливостей будови молекул хлорофілу, порівняння структури з гемом крові; розгляд заморожування як перспективного напрямку отримання продуктів високої якості оздоровчого спрямування.

У другому розділі **«Об'єкти, предмети та методи досліджень»** визначено об'єкти, предмети та методи досліджень, розроблено програму проведення теоретичних та експериментальних досліджень, підбрано експериментальне устаткування та обладнання використане під час проведення досліджень.

Дослідження виконано на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока Харківського державного університету харчування та торгівлі на базі науководослідної лабораторії «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів», а також із залученням експериментальної бази кафедр органічної хімії, мікології та фітоімунології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, лабораторії оцінки якості кормів і продукції тваринного походження Інституту тваринництва НААН та у виробничих умовах.

Під час виконання роботи було використано загальноприйняті та спеціальні методи досліджень: хімічні, фізико-хімічні, спектроскопічні, біохімічні, мікробіологічні, мікроскопічні. Вірогідність отриманих результатів оцінено методами математичної статистики з використанням комп'ютерних програм.

Роботу виконано з використанням сучасного обладнання, такого як: кріогенний програмний заморожувач з комп'ютерним забезпеченням, низькотемпературний подрібнювач (Франція), пароконвекційна піч UNOX S.P.A. серії XVC (Італія), гомогенізатор R 301 Ultra (Франція) тощо.

У третьому розділі **«Наукове обґрунтування та розробка технології заморожених дрібнодисперсних оздоровчих добавок і продуктів із хлорофілвмісних овочів»** зазначено, що головним під час розробки технології було: інактивувати окиснювальні ферменти у процесі кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення; максимально зберегти та використати закладений біологічний потенціал свіжої хлорофілвмісної сировини за вмістом хлорофілів а і b, каротиноїдів, аскорбінової кислоти та інших БАР під час заморожування, дрібнодисперсного подрібнення, зберігання протягом року та розморожування заморожених ХВО і кріопюре із них; під час розробки продуктів для оздоровчого харчування встановити доцільність використання нових видів заморожених ХВО та кріопюре із них як натуральних барвників, збагачувачів хлорофілами а і b, а в поєднанні з кріопюре із плодоовочевої сировини – як збагачувачів іншими БАР, структуроутворювачів і довести доцільність

виключення у їх виробництві шкідливих для здоров'я харчових добавок.

В завдання роботи входило вивчення комплексу біологічно активних і структуроутворюючих речовин хлорофілвмісних овочів як сировини для отримання заморожених дрібнодисперсних добавок та продуктів із ХВО.

Встановлено, що хлорофілвмісні овочі є натуральним джерелом комплексу біологічно активних речовин (хлорофілів а і b, β -каротину, L-аскорбінової кислоти), масова частка яких у 100 г дослідних зразків ХВО здатна задовольнити в них добову потребу організму людини (табл. 1).

Таблиця 1

Вміст комплексу БАР, структуроутворюючих речовин та фізико-хімічні показники свіжих хлорофілвмісних овочів (n=3, P \geq 0,95)

Найменування показника, мг в 100 г	Хлорофілвмісні овочі		
	капуста броколі «Калабрезе»	капуста брюссельська «Геркулес»	шпинат «Вікторія»
Хлорофіл а	87,6...106,0	58,0...80,0	130,0...380,0
Хлорофіл b	195,0...280,0	120,0...130,0	208,0...420,0
β -каротин	5,0...8,8	0,6...0,7	9,8...15,0
L - аскорбінова кислота	52,0...80,0	56,2...90,0	60,0...130,0
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	240,0...320,0	210,0...260,0	240,0...320,0
Флавонолові глікозиди (за рутином)	72,8...80,0	60,0...68,0	75,5...80,4
Дубильні речовини (за таніном)	340,0...380,2	310,0...400,0	310,0...360,0
Загальний пектин, %	1,5...2,5	1,0...1,8	1,2...2,6
Протопектин, %	1,1...1,9	0,8...1,4	0,6...1,5
Розчинний пектин, %	0,4...0,6	0,2...0,4	0,6...1,1
Целюлоза, %	2,5...3,0	1,8...2,5	1,9...2,4
Білки, %	2,8...3,1	3,3...3,7	2,9...5,2
Органічні кислоти, %	0,7...1,1	0,7...1,0	0,6...0,8
Загальний цукор, %	1,7...2,0	2,0...2,2	0,4...0,6
Глюкоза+фруктоза, %	0,4...0,5	1,5...1,8	0,2...0,3
Сухі речовини, %	12,1...15,0	14,0...14,5	11,8...14,5

Найбільшим вмістом хлорофілів а і b, β -каротину, L-аскорбінової кислоти відрізнявся шпинат. Крім того, ХВО містять фенольні сполуки, дубильні речовини. Зазначені БАР надають свіжим ХВО цілющих лікувально-профілактичних властивостей (імуномодулюючих, антиоксидантних, детоксикуючих, антибактеріальних, протипухлинних тощо). Крім того, встановлено, що 100 г ХВО містять значну кількість білка (2,8...5,2%), целюлози (1,8...3,0%), пектину (1,0...2,6%).

В завдання роботи входило вивчення впливу криогенного «шокового» заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту з високою швидкістю до різних кінцевих температур, а також впливу дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів і зберігання БАР (хлорофілів а і b, β -каротину, низькомолекулярних фенольних сполук, L-аскорбінової кислоти, дубильних речовин тощо) хлорофілвмісних овочів (шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти) у процесі отримання заморожених продуктів та кріопюре.

Проведено модельні дослідження. Заморожування проводили на криогенному програмному заморожувачі із застосуванням як холодоагенту та інертного середовища рідкого та газоподібного азоту. Хлорофілвмісні овочі заморожували з різною швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; 10°C / хв.) до різної кінцевої температури (-18°C; -20°C; -25°C; -30°C; -32°C, -35°C, -40°C). При цьому, температура в морозильній камері становила

-60°C. Швидкість заморожування регулювали за допомогою зміни інтенсивності подачі рідкого азоту в морозильну камеру. Паралельно контролювали витрати рідкого азоту на заморожування 1 кг ХВО. Дрібнодисперсне подрібнення заморожених ХВО під час отримання пюре проводили із застосуванням низькотемпературного подрібнювача.

Встановлено, що порівняно зі свіжими овочами ферментативні процеси в ХВО за умови криогенного «шокового» заморожування до різних кінцевих температур та у разі дрібнодисперсного подрібнення відбуваються з різною інтенсивністю.

Показано, що незалежно від швидкості заморожування під час криогенного «шокового» заморожування до температури -18°C відбувається активація окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) ХВО, активність яких порівняно з вихідною (свіжою) хлорофілвмісною сировиною в 1,3...1,5 рази вища. Встановлено, що під час подальшого низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення швидкозаморожених до -18°C хлорофілвмісних овочів активність ферментів суттєво збільшується (в 3,0...3,5 рази). Порівняно з вихідною (свіжою) сировиною збільшення становить: для пероксидази – в 3,0...3,5 рази, для поліфенолоксидази – в 2,6...3,6 раз.

Проведено модельні дослідження впливу криогенного «шокового» заморожування з різною швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; 10 °C/хв.) до нижчих за -18 °C кінцевих температур в середині продукту (-20, -25, -30, -32, -35, -40 °C) на активність окиснювальних ферментів хлорофілвмісних овочів (табл. 2).

Таблиця 2

Вплив криогенного «шокового» заморожування до різних кінцевих температур (-18°C, -35°C) та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів хлорофілвмісних овочів (n=3, P≥0,95)

Продукт	Шпинат		Капуста броколі		Брюссельська капуста	
	Ферментативна активність, мл 0,01N розчину йоду					
	пероксидази	поліфенолоксидази	пероксидази	поліфенолоксидази	пероксидази	поліфенолоксидази
Свіжі овочі	27,4±0,8	5,2±0,2	13,8±0,4	2,4±0,1	6,3±0,2	2,4±0,1
Кріозаморожені ХВО до t = -18°C	38,1±1,1	6,8±0,2	19,3±0,6	3,3±0,1	8,5±0,3	3,6±0,1
Кріопюре із ХВО заморожених до t = -18°C	95,9±2,9	17,9±0,5	41,4±1,2	8,6±0,3	20,6±0,6	6,7±0,2
ХВО після «шокового» заморожування до t = -35°C	0	0	0	0	0	0
Кріопюре із ХВО після «шокового» заморожування до t = -35°C	0	0	0	0	0	0

Встановлено, що незалежно від швидкості криогенне «шокове» заморожування ХВО до температури в середині продукту не вище як -32...-35°C призводить до повної інактивації окиснювальних ферментів. Показано, що подальше низькотемпературне дрібнодисперсне подрібнення кріозаморожених до температури -32...-35°C хлорофілвмісних овочів до відновлення активності окиснювальних ферментів не приводить.

Виявлено механізм інактивації окиснювальних ферментів. Він пов'язаний зі значною кріодеструкцією молекул ферментів та їх активних центрів. Під впливом кріозаморожування та дрібнодисперсного подрібнення ХВО відбуваються процеси кріодеструкції, механоактивації та механодеструкції – механолізу, що призводять до незворотної денатурації та коагуляції білкових молекул ферментів і блокування їх активних центрів, що під час розморожування, в свою чергу, не дозволяє відновити активність ферментів.

Встановлено, що використання криогенного «шокового» заморожування з високою швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; 10,0°C / хв) до кінцевої температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$, за якої відбувається інактивація ферментів, дозволяє отримати заморожені хлорофілмісні овочі, в яких вміст БАР (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β - каротину, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин) вдвічі, а за деякими показниками втричі вищий, ніж у свіжій сировині (табл. 3). Відбувається більш повне вилучення із сировини низькомолекулярних БАР, що знаходяться в складних комплексах із біополімерами, у вільну форму. Спостерігається ефект «збагачення продукту» БАР.

Таблиця 3

Вплив кінцевої температури криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на вміст БАР хлорофілмісних овочів (n=3, P \geq 0,95)

Найменування дослідного зразка	Масова частка, мг в 100 г				
	хлорофілів		β - каротину	L - аскорбінової кислоти	поліфенолів
	а	б			
капуста броккол					
свіжа	87,6 \pm 2,6	195,0 \pm 5,9	8,8 \pm 0,3	52,0 \pm 1,6	380,2 \pm 11,4
заморожена до -18°C	90,1 \pm 2,7	191,2 \pm 5,8	17,0 \pm 0,5	49,1 \pm 1,5	372,0 \pm 11,2
заморожена до -35°C	198,6 \pm 6,0	398,8 \pm 12,0	26,1 \pm 0,8	101,4 \pm 3,0	680,9 \pm 20,4
заморожена до -35°C та ДД подрібнена	262,8 \pm 7,9	585,0 \pm 17,6	220,0 \pm 6,6	129,4 \pm 3,9	760,3 \pm 22,8
брюссельська капуста					
свіжа	58,0 \pm 1,7	120,0 \pm 3,6	0,7 \pm 0,1	75,6 \pm 2,3	310,4 \pm 9,3
заморожена до -18°C	57,4 \pm 1,6	118,4 \pm 3,5	1,2 \pm 0,1	74,2 \pm 2,2	302,6 \pm 9,1
заморожена до -35°C	116,2 \pm 3,5	258,7 \pm 7,8	1,7 \pm 0,1	140,4 \pm 4,2	579,7 \pm 17,4
шпинат					
свіжий	147,4 \pm 4,4	280,0 \pm 8,4	10,5 \pm 0,3	75,0 \pm 2,3	350,0 \pm 10,5
заморожений до -18°C	144,5 \pm 4,3	275,8 \pm 8,3	19,5 \pm 0,6	72,2 \pm 2,2	341,0 \pm 10,2
заморожений до -35°C	317,5 \pm 9,5	537,6 \pm 16,1	23,9 \pm 0,7	135,0 \pm 4,1	700,0 \pm 21,0
заморожений до -35°C та ДД подрібнений	517,1 \pm 15,5	914,2 \pm 27,4	36,8 \pm 1,1	168,8 \pm 5,1	787,5 \pm 23,6

Механізм збільшення та більш повного вилучення низькомолекулярних БАР із заморожених хлорофілмісних овочів пов'язаний з тим, що під час швидкого заморожування в середині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують водневі зв'язки в наноконформах між низькомолекулярними БАР (які знаходяться у зв'язаному стані) та біополімерами. При цьому кількість БАР у вільному стані збільшується, що було зафіксовано за допомогою хімічних та спектроскопічних методів дослідження. Крім того, на наш погляд, під час швидкого заморожування може відбуватися мікродеструкція біомембран клітини і деструкція наноконформів біополімерів цитоплазми (зокрема «білок – целюлоза» та ін.). Це сприяє кращому екстрагуванню БАР із зв'язаного стану у вільний. При цьому слід зазначити, що під час розморожування хлорофілмісних овочів заморожених до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ втрати клітинного соку відсутні. Це свідчить про інактивацію гідролітичних, цитолітичних та протеолітичних ферментів.

Показано, що за умови криогенного «шокового» заморожування хлорофілмісних овочів до температури -18°C відбуваються незначні втрати БАР. На прикладі шпинату встановлено, що застосування дрібнодисперсного подрібнення криогенно «шоково» заморожених ХВО приводить до додаткового збільшення, порівняно з вихідною сировиною, вмісту хлорофілу а і b та інших БАР (у 3,2...3,5 рази) (рис. 1).

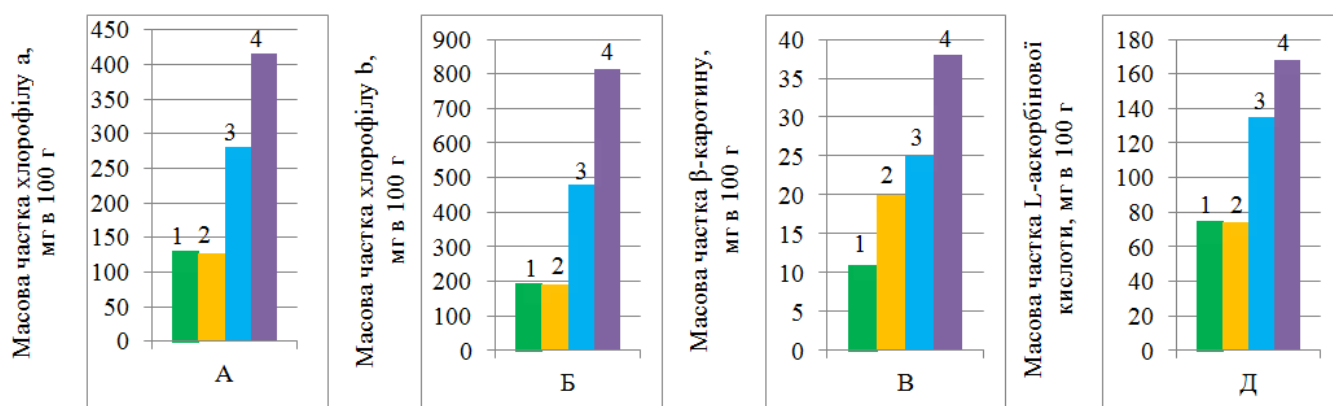


Рис. 1. Вплив криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на збереження та екстракцію БАР шпинату: хлорофілів а і б (А, Б), β-каротину (В), L-аскорбінової кислоти (Д), де 1 – свіжий шпинат, 2, 3 – шпинат заморожений до -18°C (2), -35°C (3), 4 - дрібнодисперсне пюре шпинату замороженого до -35°C

Отримані результати свідчать про те, що в хлорофілмісних овочах переважна кількість хлорофілу та інших низькомолекулярних БАР знаходиться в зв'язаній з біополімерами прихованій формі. Зазначене збільшення свідчить про збереження та додаткове більш повне вилучення із сировини БАР, що знаходяться в складних наноконформах біополімерів у вільну форму, тобто спостерігається ефект «збагачення» продукту низькомолекулярними БАР.

Механізм вилучення прихованих форм низькомолекулярних БАР із рослинних клітин ХВО під час отримання криопюре пов'язаний з криодеструкцією та механокрекінгом (руйнуванням) наноконформацій зв'язків між низькомолекулярними БАР (хлорофілами а і б, β-каротином, L-аскорбіновою кислотою та ін.) та високомолекулярними біополімерами, що відбувається в результаті криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення (рис. 2).

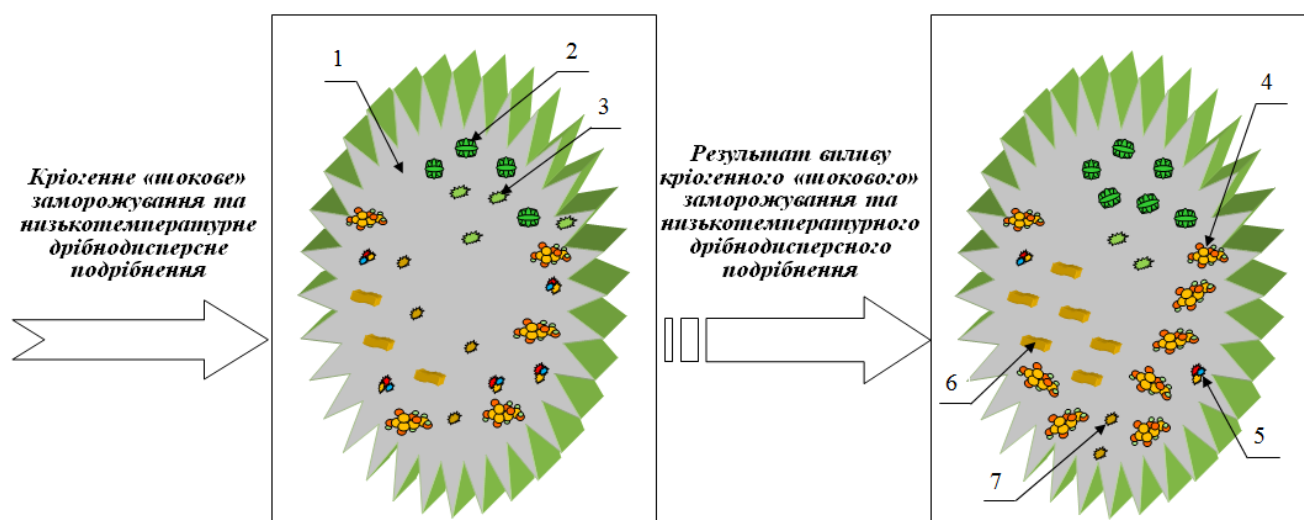


Рис. 2. Схематичне представлення механізму впливу криогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення хлорофілмісних овочів на додаткове вилучення із сировини низькомолекулярних БАР, що знаходяться в складних наноконформах біополімерів у вільну форму: 1 – біополімери сировини та їх фрагменти; 2, 4, 6 – БАР, що знаходяться у вільній формі: хлорофіли а і б (2), L – аскорбінова кислота (4), β – каротин (6); 3, 5, 7 – БАР, що знаходяться в прихованій, зв'язаній в наноконформах біополімерів формі: хлорофіли а і б (3), L – аскорбінова кислота (5), β – каротин (7)

Наступним завданням було вивчення впливу кріообробки з використанням рідкого та газоподібного азоту під час заморожування та дрібнодисперсного подрібнення ХВО на важкорозчинні пектинові речовини і целюлозу, на їх активацію і трансформацію в розчинну легкозасвоювану форму. Труднощі полягають в тому, що зазначені речовини знаходяться в наноконформах з іншими полісахаридами, білками та ін.

На прикладі шпинату встановлено, що за комплексної дії на рослинну сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення під час отримання пюре відбувається активація та механодеструкція важкорозчинних наноконформ гетерополісахаридів (зокрема, пектинових речовин, целюлози) з іншими біополімерами за рахунок процесів кріомеханодеструкції. Так, порівняно з вихідною сировиною в дрібнодисперсному пюре встановлено збільшення масової частки загальної кількості пектинових речовин в 4...4,5 рази, масової частки розчинного пектину в 7,3 рази за рахунок трансформації важкорозчинних протопектинів у легкозасвоювану форму. Показано, що значна частина пектинових речовин в пюре знаходяться в розчинній формі, що сприяє збільшенню желуючих властивостей отриманого пюре зі шпинату за умови його використання як натурального барвника, структуроутворювача та загусника під час виготовлення різних видів харчових продуктів для оздоровчого харчування. Паралельно в 1,66 рази збільшується кількість органічних кислот, що свідчить про руйнування пектинових речовин до окремих мономерів, зокрема, до галактуронових кислот, які відносяться до органічних кислот і визначаються за допомогою хімічного методу як оргкислоти.

Таблиця 4

Вплив кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення шпинату на трансформацію важкорозчинних біополімерів (пектинових речовин, целюлози) у розчинну форму (n=3, P≥0,95)

Сировина	Загальна кількість пектинових речовин, %	Протопектин, %	Розчинний пектин, %	Органічні кислоти, %	Целюлоза, %	Загальний цукор, %
Шпинат свіжий	1,3	0,6	0,7	0,6	1,9	0,4
Шпинат заморожений до -35°C	2,1	0,9	1,2	0,8	1,7	0,6
ДД пюре із замороженого до -35°C шпинату	5,9	1,2	4,7	1,0	1,3	1,0

Показано, що за рахунок процесів кріо- та механодеструкції хлорофілвмісних овочів відбувається руйнування целюлози на 31,6% та збільшення масової частки продуктів її механічної деструкції - загальних цукрів у 2,5 рази.

Отримані хімічними методами результати досліджень було підтверджено методом ІЧ-спектроскопії.

На основі отриманих результатів розроблено кріогенну технологію заморожених хлорофілвмісних овочів і кріотехнологію пюре зі шпинату з використанням як холодоагенту та інертного середовища рідкого та газоподібного азоту (рис. 3). Від традиційних технологій заморожування нові відрізняються тим, що повністю виключають попередню термообробку сировини перед заморожуванням (яка зазвичай використовується з метою інактивації окиснювальних ферментів та зменшення ступеню забруднення сировини мікроорганізмами).

Порівняно з традиційною технологією «шокового» заморожування потоком холодного повітря (до температури в середині продукту -18 ...-25 °C) нові техноло-

гії засновані на використанні рідкого азоту та включають більш високу швидкість і нижчу кінцеву температуру заморожування продукту ($-32\dots-35^{\circ}\text{C}$). Технологія отримання замороженого пюре включає дрібнодисперсне подрібнення криогенно «шоково» заморожених ХВО в нанорозмірну форму (до розміру часток в десятки раз менших ніж в традиційних видах замороженого пюре). Експериментально визначено та обґрунтовано раціональні параметри технології, розроблено технологічні схеми, підібрано обладнання.

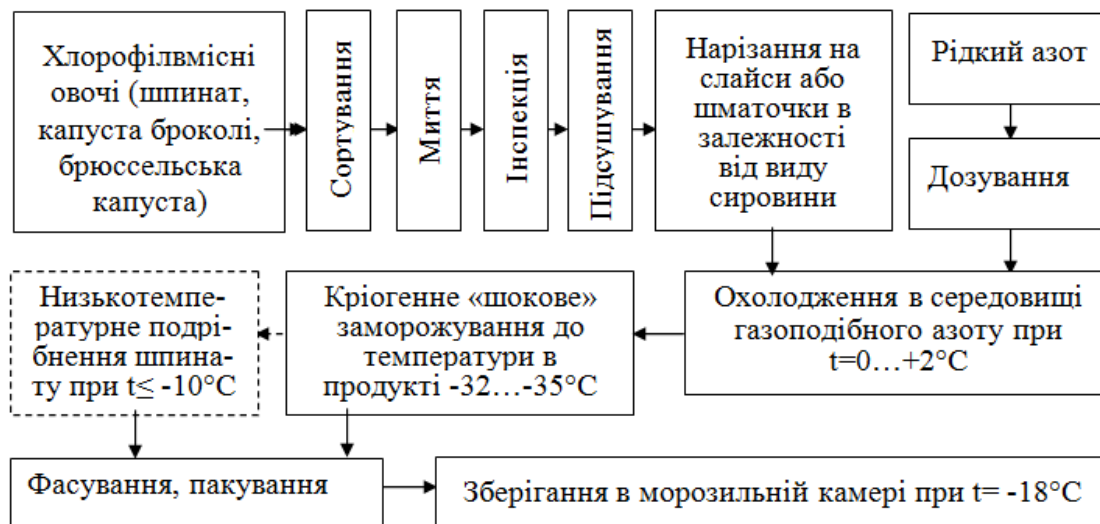


Рис. 3. Принципова технологічна схема виробництва криозаморожених хлорофілвімісних овочів (шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти) та дрібнодисперсного замороженого пюре зі шпинату з використанням криогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення

Показано, що заморожені ХВО за вмістом БАР не мають аналогів і перевищують свіжі (вихідні) овочі в 2...2,5 рази, а криопюре зі шпинату в 2,5...3,5 рази (табл. 5).

Таблиця 5

Вміст хлорофілу та інших біологічно активних фітокомпонентів криозаморожених ХВО та дрібнодисперсного пюре зі шпинату (n=3, P≥0,95)

Найменування показника	Криозаморожені хлорофілвімісні овочі			Дрібнодисперсна добавка зі шпинату
	капуста броколі	брюссельська капуста	шпинат	
Хлорофіл а, мг в 100 г	198,6±5,6	116,2±5,2	280,0±9,2	456,0±9,6
Хлорофіл b, мг в 100 г	398,8±7,6	258,7±8,4	480,0±11,8	815,0±12,7
β-каротин, мг в 100 г	26,1±1,5	2,6±0,1	25,0±1,2	38,5±1,8
L-аскорбінова кислота, мг в 100 г	101,4±4,0	140,4±6,6	135,2±7,2	168,8±8,1
Фенольні сполуки (за рутином), мг в 100 г	109,5±3,5	108,4±4,2	137,0±7,8	220,0±6,7
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 г	464,0±8,7	378,6±8,6	440,0±9,7	536,2±10,2
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	680,9±10,2	579,0±11,2	700,0±12,1	787,5±11,2
Білок, %	5,5±0,4	4,8±0,5	4,9±0,5	8,2±0,4
Пектинові речовини, %	2,5±0,5	1,8±0,1	2,1±0,2	5,9±0,8
Целюлоза, %	3,0±0,6	2,8±0,2	1,7±0,2	1,3±0,2
Загальний цукор, %	5,0±0,4	6,1±0,3	0,6±0,1	1,0±0,1
Органічні кислоти (за ябл. к-тою), %	1,0±0,05	1,1±0,02	0,8±0,1	1,0±0,05
Сухі речовини, %	14,5±0,5	15,0±0,5	14,4±0,1	15,0±0,1

Найбільшим вмістом хлорофілу а і b відрізнялося криопюре зі шпинату, у 100 г якого масова частка хлорофілів становила 1,27 г. Масова частка хлорофілів у 100 г криозаморожених ХВО становить: капуста броколі – 597,5 мг, брюссельська капуста –

374,9 мг. Встановлено, що якість кріозаморожених ХВО та пюре зі шпинату не змінюється у процесі зберігання протягом 12 місяців.

На отримані за новою кріотехнологією заморожені ХВО та заморожену дрібнодисперсну добавку зі шпинату розроблено нормативну документацію (проект ТУ), проведено апробацію у виробничих умовах ТОВ «ФМ Хладопром», ПП НВП «Кріас Плюс». Заморожені добавки зі шпинату були використані під час розробки «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочевого морозива-сорбетів, нанопаїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів панкейків тощо).

Четвертий розділ «Розробка методу глибокої переробки хлорофілвісних овочів з використанням нового покоління обладнання для паротермічної обробки та подрібнення». З цією метою було запропоновано використовувати комплексну дію на сировину паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення з використанням нового покоління високоефективного обладнання закордонного виробництва – пароконвекційної печі (Італія) та активатора – гомогенізатора - подрібнювача – кутера (Франція) – обладнання, яке широко використовується в міжнародній практиці та знайшло застосування в Україні в закладах ресторанного господарства, кулінарних цехах супермаркетів та ін. Застосування вказаних видів обладнання дає змогу отримати нове покоління харчових продуктів, що мають високі смакові властивості, але дані впливу зазначених видів обладнання на вміст БАР в плодовоовочевій сировині, порівняльні дані якості отриманих продуктів та якості продуктів традиційної теплової обробки, а також якості заморожених продуктів в науковій літературі відсутні.

Модельними дослідженнями проведено порівняння впливу теплової обробки в пароконвекційній печі та традиційного варіння на ХВО за активністю окиснювальних ферментів (пероксидази, поліфенолоксидази), а також за вмістом масової частки L – аскорбінової кислоти. Встановлено, що паротермічна обробка ХВО протягом 10 хвилин приводить до повної інактивації окиснювальних ферментів, активність яких не відновлюється під час подальшого дрібнодисперсного подрібнення. Показано, що традиційна тепла обробка протягом 10 хвилин приводить до зменшення активності ферментів в 2,0...2,5 рази, проте їх повна інактивація не відбувається.

Встановлено зменшення на 15...20 % масової частки L-аскорбінової кислоти за теплової обробки ХВО в пароконвектоматі та суттєве зменшення (на 50...70 %) у разі традиційного варіння. Показано, що паротермічна обробка хлорофілвісних овочів із застосуванням режимів, за яких відбувається інактивація ферментів, приводить до збереження хлорофілів а і b вихідної сировини та до більш повного вилучення (в 1,4...2 рази) їх прихованих форм. Аналогічний ефект відбувається з β -каротином, масова частка якого збільшується вдвічі. Встановлено, що за умови дрібнодисперсного подрібнення паротермічно оброблених ХВО відбувається значно більший ефект вилучення прихованих форм БАР. Масова частка хлорофілів збільшується в 2,0...2,1 рази, β -каротину – в 3,0...3,8 раз, масова частка L- аскорбінової кислоти – в 1,2...1,4 рази, фенольних сполук - в 1,4...1,5 рази, що відбувається за рахунок переведення БАР із зв'язаної з біополімерами прихованої форми у вільний стан.

Отже, встановлено, що комплексне застосування обробки в пароконвектоматі у поєднанні з дрібнодисперсним подрібненням під час отримання пюре можна розглядати як альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки сировини

(без застосування низьких температур), що дає змогу зберегти та максимально використати закладений у свіжій сировині біологічний потенціал (табл. 6). Якість отриманого з використанням паротермічної обробки пюре наближається до якості кріопюре отриманого за новою технологією та значно перевищує якість пюре-аналогів отриманих традиційними методами теплової обробки та подрібнення, під час яких втрати БАР становлять від 20 до 80 %.

Таблиця 6

Порівняльна таблиця якості свіжого шпинату та дрібнодисперсного пюре отриманого із застосуванням паротермічної обробки (або кріогенного «шокового» заморожування) (n=3, P≥0,95)

Продукт	Масова частка БАР							
	L-аскорбінової кислоти		хлорофілів a і b		β-каротину		фенольних сполук*	
	мг в 100 г	% до вих сировини	мг в 100 г	% до вих сировини	мг в 100 г	% до вих сировини	мг в 100 г	% до вих сировини
Шпинат свіжий	63,6	100,0	362,0	100,0	8,9	100,0	237,6	100,0
Дрібнодисперсне пюре зі шпинату паротермічно обробленого	127,2	200,0	980,2	271,0	26,9	302,4	345,3	145,0
кріогенно обробленого	143,0	225,0	1213,1	335,0	31,2	350,6	465,0	195,7

У п'ятому розділі «Розробка нового покоління оздоровчих продуктів з використанням хлорофілвмісних овочів та заморожених дрібнодисперсних добавок із них» представлено результати розробки «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів (наносорбетів, сиркових десертів, нанопаїв, начинок для кондитерських виробів тощо) отриманих із застосуванням як інновації під час їх виробництва нових видів заморожених дрібнодисперсних добавок і напівфабрикатів із хлорофілвмісних овочів (шпинату) та плодоовочевої сировини (яблук, імбиру, лимону), що відрізняються високим вмістом хлорофілу та інших біологічно активних речовин, які сприяють зміцненню імунітету, а також поєднують в собі властивості натуральних барвників та структуроутворювачів. Їх наявність у складі нових видів продуктів дає змогу виключити необхідність застосування традиційних харчових добавок, що можуть негативно впливати на організм людини. Крім того, якість отриманої «зеленої лінійки» продуктів за вмістом БАР перевищує якість вітчизняних і закордонних аналогів. Розроблені продукти за кількістю біологічно активних речовин в 100 г продукту, відповідно до рекомендацій МОЗ України, можна віднести до продуктів оздоровчого призначення. Нові види «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів пройшли апробацію у виробничих умовах підприємств м. Харків та області: ТОВ «Богодухівський молзавод» (сирні десерти), ТОВ ВКГ «Лісова казка» (начинки для кондитерських виробів панкейків), ТОВ «ХПК» (нанопаї) та були нагороджені 5 золотими медалями Міжнародних кулінарних фестивалів «AgroCookFest-2016» (наносорбети), «OttomanFest-2018» (оздоровчі продукти, нанопаї), «Biser Mora», «Slobozhanska culinary league» (наносорбети). На оздоровчі начинки для кондитерських виробів розроблено проект НД.

У шостому розділі «Практична реалізація результатів досліджень, їх соціальна та економічна ефективність» наведено дані про практичну реалізацію роботи, її соціальний ефект та економічну ефективність, про розробку нормативної до-

кументації (ТУ), про апробацію нових технологій у виробничих умовах, про обговорення результатів досліджень під час участі у всеукраїнських та міжнародних науково-практичних конференціях, про нагороди (золоті медалі, сертифікати, грамоти, дипломи), отримані під час участі розробленої автором «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів в міжнародних кулінарних фестивалях, а також про проведення робіт щодо впровадження результатів НДР у навчальний процес ХДУХТ.

ВИСНОВКИ

1. Науково обґрунтовано та розроблено новий спосіб консервування та кріотехнології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської, шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату, які ґрунтуються на застосуванні процесів кріомеханодеструкції, що приводять до інактивації окиснювальних ферментів, до збереження та вилучення з прихованих у комплексах з біополімерами форм хлорофілу та інших БАР у вільну форму, до часткової трансформації важкорозчинних біополімерів до окремих їх складових мономерів, що дало можливість отримати заморожені продукти та добавки в нанорозмірній формі з рекордним вмістом хлорофілу та інших біологічно активних і структуроутворюючих речовин та розробити з їх використанням «зелену лінійку» продуктів для оздоровчого харчування без застосування харчових добавок.

2. Встановлено, що хлорофілвмісні овочі є джерелом комплексу біологічно активних речовин: хлорофілів а і b (0,2...0,3%), L-аскорбінової кислоти (52,0...130,0 мг в 100 г), β-каротину (5,0...15,0 мг в 100 г), дубильних речовин (310,0...400,0 мг в 100 г), низькомолекулярних фенольних сполук (210,0...320,0 мг в 100 г), масова частка яких в 100 г продукту здатна задовольнити в них добову потребу, а також є джерелом структуроутворюючих речовин: пектину (1,0...2,6%), целюлози (1,8...3,0%), білка (2,8...5,2 %), що дозволило ХВО обрати як сировину під час отримання оздоровчих продуктів та добавок без застосування харчових домішок.

3. Модельними експериментами встановлено, що активність окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) кріозаморожених з високою швидкістю (з використанням рідкого та газоподібного азоту) хлорофілвмісних овочів залежить від кінцевої температури заморожування в середині продукту та показано, що заморожування до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ приводить до повної інактивації окиснювальних ферментів, активність яких не відновлюється під час подальшого розморожування та дрібнодисперсного подрібнення. Показано, що заморожування до традиційної температури -18°C приводить до збільшення активності окиснювальних ферментів в 1,4...1,5 рази та до значного збільшення (в 4,0...4,5 рази) за подальшого низькотемпературного подрібнення, тобто, відбувається суттєва активація аналогічно тепловій обробці.

4. Комплексними дослідженнями на прикладі хлорофілвмісних овочів встановлено помилковість загальноприйнятих уявлень щодо кількості в плодовоовочевій сировині прихованих (зв'язаних) неактивних форм хлорофілів, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти та інших БАР (від 5 до 10 %) і показано, що застосування кріогенного «шокового» заморожування з високою швидкістю (від $0,5...10^{\circ}\text{C}$ /хв) до температури в продукті $-32...-35^{\circ}\text{C}$ із застосуванням рідкого та газоподібного азоту дає змогу додатково вилу-

чити та трансформувати із прихованої у вільну легкозасвоювану форму біологічно активні речовини, масова частка яких в криозаморожених ХВО в 2,2...2,5 рази більша ніж у свіжих, розкрито механізм впливу криозаморожування.

5. Встановлено, що комплексна дія на сировину криогенного «шокового» заморожування до $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та дрібнодисперсного подрібнення приводять до високого ступеню вилучення прихованих зв'язаних форм хлорофілів, каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти та інших БАР хлорофілвмісних овочів, масова частка яких в криозаморожених добавках в 3,2...3,5 рази більша ніж у свіжих ХВО, що є результатом впливу процесів криомеханодеструкції, механокрекінгу, руйнування наноконкомплексів та наноасоціатів біополімерів з БАР та їх трансформації у вільну форму.

6. На прикладі шпинату встановлено, що комплексна дія на плодоовочеву сировину криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення під час отримання пюре приводить до активації та механодеструкції важкорозчинних наноконкомплексів гетерополісахаридів (зокрема, пектинових речовин, целюлози) з іншими біополімерами за рахунок процесів криомеханодеструкції. Так, порівняно зі свіжою сировиною в дрібнодисперсному пюре встановлено збільшення в 4...4,5 рази масової частки загальної кількості пектинових речовин, на 70 % масової частки розчинного пектину та збільшення в 1,66 рази кількості органічних кислот, що свідчить про руйнування та трансформацію пектинових речовин до окремих мономерів, зокрема, до галактуронових кислот. Паралельно відбувається криодеструкція 32...35% целюлози до глюкози.

7. Науково обґрунтовано та розроблено технології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брусельської капусти та шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату з використанням як інновації під час виготовлення перших криогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та у процесі виготовлення добавок додаткової дії дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення. Це дає можливість отримати криозаморожені ХВО та дрібнодисперсні добавки в нанорозмірній формі, які за вмістом хлорофілів а і b та інших БАР перевищують якість свіжих овочів відповідно в 2,2...2,5 та 2,5...3,5 рази, а за вмістом пектинових речовин якість добавок вища в 4...4,5 рази. Обґрунтовано технологічні параметри виробництва, розроблено проект нормативної документації (ТУ), розраховано ТЕО, проведено апробацію у виробничих умовах.

8. Розроблено альтернативний криогенній обробці метод глибокої переробки ХВО із застосуванням сучасного обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, що використовується на підприємствах ресторанного бізнесу і торгівлі. Показано, що комплексне застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення дозволяє отримати добавки в формі пюре із ХВО, якість яких наближається до якості продукції, виготовленої з використанням криогенної обробки. Так, за вмістом хлорофілів а і b якість дрібнодисперсних добавок в формі пюре паротермічної та криообробки вище якості свіжої сировини відповідно в 2,0...2,1 та 3,0...3,3 рази та значно перевищує якість аналогів, отриманих традиційними методами теплової обробки та подрібнення, за яких втрати БАР становлять від 20 до 80 %.

9. Науково обґрунтовано та розроблено рецептури, технологічні схеми та технології «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочевого морозива – сорбетів, нанопаїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських ви-

робів панкейків тощо) з використанням як інновації заморожених дрібнодисперсних добавок зі шпинату, яблук, цитрусових, імбиру та ін. Останні застосовуються як п'ять в одному: носії БАР, структуроутворювачі, гелеутворювачі, барвники та ароматизатори. За вмістом БАР розроблені оздоровчі продукти перевищують відомі аналоги. Розроблено проект нормативної документації (ТУ), проведено апробацію у промислових умовах.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Л.О. Радченко, О.С. Погарський та ін. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини: монографія. Х.: Факт, 2017.- 380 с.(Серія «Інновації при переробці плодів, овочів і молока»).

2. Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, В.А. Павлюк, О.С. Бессараб, Н.М. Тимофєєва, К.С. Балабай, О.С. Погарський та ін. Нанотехнології «NatureSuperFood» для здорового харчування: монографія. Х.: Факт, 2019.- 487 с.- (Серія «Інновації при переробці плодів, овочів, грибів та бобових на великих підприємствах та в ресторанному господарстві»).

3. Энциклопедия питания. Т.5 Биологически активные добавки / Под общ. ред. Р. Ю. Павлюк; Сост.: Павлюк Р.Ю., Погарская В.В., Павлюк В.А., Яницкий В.В., Берестовая А.А., Коломиец Т.Н., Максимова Н.Ф., Лосева С.М., Дудник Е.В., Балабай Е.С., Маципура Т.С., Погарский А.С., Какадий Ю.П.–Х.: Мир Книг, 2017.–406 с.

4. Павлюк Р. Ю. Розробка кріогенної технології заморожування хлорофілвісних овочів / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський, А.А. Каплун, С.М. Лосева // Східно - Європейський журнал передових технологій. -2015. - № 6/10 (78), С. 42-47. (*Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук та індексується в міжнародних науко метричних базах даних Scopus, Ulrich`s Periodicals Directory та ін.*)

5. Павлюк Р.Ю. Нове слово в технології отримання наноїжі на сучасному обладнанні на підприємствах ресторанного бізнесу/ Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Л.О. Радченко, Р.Д. Таубер, Н.М. Тимофєєва, О.С. Погарський, А.Е. Гасанова // Міжнар. Кулінарний Фестиваль у Харкові. AgroCookFest-2016. Світові тенденції та національні пріоритети: інформаційно-довідкове видання. – 2016, С. 94 - 111.

6. Pavlyuk R. Influence of the processes of steam-thermal cryogenic treatment and mechanolysis on biopolymers and biologically active substances in the course of obtaining health promoting nanoproducts / R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, I. Kakadii, A. Pogarskiy, T. Stukonozhenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2017. - №6/11 (82), P. 41–47. (*Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук та індексується в міжнародних науко метричних базах даних Scopus, Ulrich`s Periodicals Directory та ін.*)

7. Pogarska V. Natural healthful fruit and vegetable nanobeverages with a record amount of BAS for enterprises of restaurant business, tourism and fitness / V. Pogarska, V. Mykhailov, O. Poharskiy, K. Balabai, I. Kakadii, T. Stukonozhenko // Progressive engineering and technology of food production enterprises, catering business and trade. - 2017. - Ed. 2 (26), P. 21–37. (*Збірник входить до затвердженого МОН України переліку фахових видань і індексується в Index Copernicus, Google Scholar, Academic Resource Index (Research Bib)*).

8. Павлюк Р.Ю. Вплив механолізу на активацію важкорозчинних наноконкомплексів гетерополісахаридів при розробці нанотехнологій рослинних добавок / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, К.С. Балабай, О.С. Погарський, Т.А. Стуконоженко Ю.П. Какадій // Наукові праці Національного університету харчових технологій. - 2017. - Том 23. № 5. - Ч. 2 – С. 149-161. (*Журнал входить до затвердженого МОН України переліку фахових видань і індексується в Index Copernicus, EBSCO host, CABI Full Text, Universal Impact Factor, Google Scholar*).

9. Pogarska V. Development of the extraction method of inactive forms of pectin substances from fruits to easy-digestible active form during the obtaining of nanofood / V. Pogarska, R. Pavlyuk, Roman David Tauber, A. Pogarskiy, A. Berestova, T. Kravchuk, T. Stukonozhenko, I. Kakadii // Eureka: Life

Sciences. - 2017. - № 6, P. 57–64. (Стаття у міжнародному виданні Естонської Республіки).

10. Павлюк Р.Ю. Сенсаційні факти та відкриття прихованих форм БАР та пектинових речовин в плодах та овочах в кулінарії оздоровчих харчових продуктів / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Р.Д. Таубер, Т. Боровий, О.С. Погарський, К.С. Балабай, Ю.П. Какадій, Т.А. Стуконоженко // Turystyka Hotelarstwo Gastronomia w Teorii i Praktyce. Poznan: Wyzsza Szkola Hotelarstwa i Gastronomii. - 2017. - №16, P. 265–282. (Стаття у міжнародному виданні Польщі).

11. Pogarskaya V. The natural health-giving fruit and vegetable nanobeverages with the record amount of bas for enterprises of restaurant business, tourism and fitness / V. Pogarskaya, R. Pavlyuk, R.D. Tauber, O. Kovinko, T. Borowy, O. Pogarskiy, I. Kakadii, T. Stukonozhenko // Turystyka Hotelarstwo Gastronomia w Teorii i Praktyce. Poznan: Wyzsza Szkola Hotelarstwa i Gastronomii. - 2017. - №16, P. 283–294. (Стаття у міжнародному виданні Польщі).

12. Павлюк Р. Сокові нанопаї для оздоровчого харчування, збагачені каротиноїдами, антоціановими та хлорофілвмісними рослинними добавками / Р. Павлюк, В. Погарська, О. Погарський, Ю. Какадій, Т. Стуконоженко // Scientific Letters of Academic Society of Michal Baludansky. - 2017. - № 5 (4), P. 84–88. (Стаття у міжнародному виданні Словацької Республіки).

13. Павлюк Р.Ю. Нове покоління натуральних оздоровчих нанопаїв із фруктів, ягід та овочів для закладів швидкого харчування / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Л.М. Біленко, О.С. Погарський, Ю.П. Какадій, К.С. Балабай, А.Е. Гасанова, Т.А. Стуконоженко // Міжнародний кулінарний фестиваль у Харкові. KazanFireFest-2017. Кулінарні традиції та сучасні пріоритети в Україні, Європі та світі: інформаційно-довідкове видання. – 2017, С. 60 - 72.

14. Pavlyuk R. The study of BAS complex in chlorophyllcontaining vegetables and development of health-improving nanoproducts by a deep processing method / R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Mykhaylov, O. Bessarab, L. Radchenko, A. Pogarskiy, O. Telenkov, A. Radchenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2018. - №2/11 (92), P. 48–56. (Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук та індексується в міжнародних наукометричних базах даних Scopus, Ulrich`s Periodicals Directory та ін.).

15. Pavlyuk R. Development of the nanotechnology for wellness products "NatureSuperFood" – fruit and vegetable icecream sorbets with a record content of biologically active substances / R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, A. Pogarskiy, I. Kakadii, T. Stukonozhenko // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. - 2018. - №6/11 (96), P. 59–68. (Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук та індексується в міжнародних наукометричних базах даних Scopus, Ulrich`s Periodicals Directory та ін.).

16. Павлюк Р.Ю. Визначення комплексу БАР хлорофілвмісних овочів та розробка нанотехнологій продуктів для здорового харчування / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, В.М. Михайлов, О.С. Погарський, О.Є. Тельонков, С.М. Лосєва // Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі: зб. наук. пр. - 2018. - Вип. 1 (27), С. 55–78. (Збірник входить до затвердженого МОН України переліку фахових видань і індексується в Index Copernicus, Google Scholar, Academic Resource Index (Research Bib)).

17. Pavlyuk R. Development of a new method of storage and maximum separation of chlorophils from chlorophylcontaining vegetables at reception of healthfull nanoproducts / R. Pavlyuk, V. Pogarska, V. Mikhaylov, A. Bessarab, L. Radchenko, A. Pogarskiy, O. Telenkov, A. Radchenko // Eureka: Life Sciences. - 2018. - № 2, P. 47–54. (Стаття у міжнародному виданні Естонської Республіки)..

18. Pavlyuk R. The development of new method of production of healthful ice-cream-sorbet from fruits and vegetables with a record content of BAS / R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Pavliuk, A. Pogarskiy, I. Kakadii, T. Stukonozhenko, O. Telenkov // Eureka: Life Sciences. - 2018. - № 6, P. 33–40. (Стаття у міжнародному виданні Естонської Республіки).

19. Павлюк Р.Ю. Нове слово в кулінарії / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Н.П. Максимова, С.М. Лосєва, К.С. Балабай, Т.С. Пономаренко, О.С. Погарський, Т.В. Котюк, Т.А. Стуконоженко, К.В. Дудник, Ю.П. Какадій // Міжнародний фестиваль ресторанних технологій BestCookFest-Podillia. Світові тенденції та національні пріоритети: інформаційно-довідкове видання. – 2019, С. 93-100.

20. Pavlyuk R. Development of nanotechnologies of curd desserts, fruit and vegetable additives for their preparation as brewing agents, structures and colorants / R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, K. Balabai,

A. Pogarskiy, T. Stukonozhenko // *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*. - 2019. - №3/11 (99), P. 13–22. (*Журнал входить до затвердженого МОН України переліку наукових фахових видань з технічних наук та індексується в міжнародних науко-метричних базах даних Scopus, Ulrich's Periodicals Directory та ін.*)

21. Pogarskaya V. Development of new method of production of healthful cottage cheese desserts and cryogenically frozen fruit and vegetable fine-dispersed additives / V. Pogarskaya, R. Pavlyuk, K. Balabai, A. Pogarskiy, T. Stukonozhenko, T. Abramova // *Eureka: Life Sciences*. - 2019. - № 3, P. 54–60. (*Стаття у міжнародному виданні Естонської Республіки*).

22. Павлюк Р.Ю. Кріогенне заморожування як спосіб збереження хлорофілу та інактивації ферментів під час переробки хлорофілвмісної капусти / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський, А.Ю. Деменко // *Інноваційні технології в харчовій промисловості та ресторанному господарстві : міжнар. наук. – практ. інтернет-конф., 12-14 листопада 2014 р.: тези доп. Х.: ХДУХТ, 2014. С. 189-190.*

23. Павлюк Р.Ю. Кріогенна технологія та якість нових заморожених продуктів із хлорофілвмісної капусти / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський, Л.М. Соколова // *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно – ресторанного бізнесу, економіки та підприємства : міжнар. наук. – практ. конф., 2 квітня 2015 р.: тези доп. Х.: ХДУХТ, 2015. С. 176.*

24. Анушкевич О.А. Молекулярна технологія виготовлення наноморозива для здорового харчування із зелених овочів для підприємств ресторанного бізнесу / О.А. Анушкевич, Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський // *Наукова робота молоді – ефективна освіта, сильне суспільство: міжнар. наук.-практ. конф. студентів, аспірантів та молодих вчених, 22 березня 2016 р.: тези доп. Х.: ХТЕК КНТЕУ, 2016. С. 12-14.*

25. Pogarskiy A. The unique technology of freezing of chlorophyll-containing vegetables / A. Pogarskiy, R. Pavlyuk, H. Caplun // *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно-ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді : всеукр. наук.-практ. конф. молодих учених і студентів, 7 квітня 2016 р. : тези доп. у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 171.*

26. Погарський О.С. Експрес-метод виготовлення наноморозива для здорового харчування із зелених овочів для підприємств ресторанного бізнесу / О.С. Погарський, Р.Ю. Павлюк // *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно – ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: всеукр. наук. – практ. конф. мол. учених і студентів, 7 квітня 2016 р.: тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 172.*

27. Pavlyuk R. Cryogenic technology of freezing of chlorophyll-containing vegetables with the use of liquid and gaseous nitrogen / R. Pavlyuk, A. Bessarab, A. Pogarskiy, H. Caplun, O. Anyshkevich // *Food Science for Well-being : 8-th Central European Congress on Food, 23-26 May 2016.: book of abstracts – К.: NYFT, 2016. p. 177.*

28. Павлюк Р. Ю. Кріотехнологія отримання замороженої капусти броколі та брюссельської з рекордним вмістом хлорофілів / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський, А.А. Берестова // *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : міжнар. наук.-практ. конф., 19 травня 2016 р. : тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2016. Ч. 1. С. 165–167.*

29. Погарський О.С. Експрес-метод виготовлення наносорбетів для здорового харчування із зелених овочів, яблук та імбіру / О.С. Погарський, Р.Ю. Павлюк // *Інноваційні технології розвитку у сфері харчових виробництв, готельно – ресторанного бізнесу, економіки та підприємництва: наукові пошуки молоді: всеукр. наук. – практ. конф. мол. учених і студентів присвяч. 50-річчю заснування ХДУХТ, 6 квітня 2017 р.: тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 174.*

30. Павлюк Р. Ю. Розробка наноїжі із заморожених і свіжих хлорофілвмісних овочів для здорового харчування / Р.Ю. Павлюк, В.М. Михайлов, О.С. Погарський // *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук. – практ. конф., присвяч. 50-річчю заснування ХДУХТ, 18 травня 2017 р.: тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 107-108.*

31. Павлюк Р. Ю. Вивчення якості заморожених хлорофілвмісних овочів із використанням рідкого та газоподібного азоту / Р.Ю. Павлюк, О.С. Погарський // *Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність: міжнар. наук.– практ. конф., присвяч. 50 - річчю заснування ХДУХТ, 18 травня 2017 р.: тези у 2 ч. Х.:*

ХДУХТ, 2017. Ч. 1. С. 137-139.

32. Павлюк Р. Ю. Вплив неферментативного каталізу на активацію гетерополісахарид-білкових наноконкомплексів при розробці нанотехнологій плодоовочевих добавок / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, К.С. Балабай, О.С. Погарський, Т.А. Стуконоженко, Ю.П. Какадій // Наукові проблеми харчових технологій та промислової біотехнології в контексті Євроінтеграції: тези доп. Міжнар. наук.-техн. конф., присв. 40-ій річниці створення Проблемної науково-дослідної лабораторії НУХТ, 7-8 листопада 2017 р.: програма та тези матеріалів. К.: НУХТ, 2017. С. 130.

33. Павлюк Р.Ю. Вивчення впливу паротермічної обробки на ферментативні процеси у хлорофіловмісній сировині з використанням сучасного обладнання / Р.Ю. Павлюк, В.М. Михайлов, О.С. Погарський // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 80-річчю з дня народж. ректора унів-ту (1988–1991 рр.), докт. техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича, 19 листопада 2018 р. : тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2018. Ч. 1., С. 151–153.

34. Павлюк Р.Ю. Дослідження комплексу БАР хлорофіловмісних овочів і розробка оздоровчих нанопродуктів методом глибокої переробки / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, О.С. Погарський // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : тези доп. Міжнар. наук.-практ. конф., присвяч. 80-річчю з дня народж. ректора унів-ту (1988–1991 рр.), докт. техн. наук, проф., чл.-кор. ВАСГНІЛ Беляєва Михайла Івановича, 19 листопада 2018 р. : тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2018. Ч. 1., С. 160–161.

35. Павлюк Р.Ю. Вплив паротермічної обробки на ферментативні та біохімічні процеси в хлорофіловмісних овочах із використанням сучасного обладнання / Р.Ю. Павлюк, В.М. Михайлов, О.С. Погарський // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2019 р. : тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2019. Ч. 1. С. 82.

36. Павлюк Р.Ю. Кріотехнологія заморожування капусти броколі та брюссельської з рекордним вмістом хлорофілів із використанням рідкого та газоподібного азоту / Р.Ю. Павлюк, В.М. Михайлов, О.С. Погарський, С.М. Лосева // Розвиток харчових виробництв, ресторанного та готельного господарств і торгівлі: проблеми, перспективи, ефективність : міжнар. наук.-практ. конф., 15 травня 2019 р. : тези у 2 ч. Х.: ХДУХТ, 2019. Ч. 1. С. 84.

Особистий внесок: проведення літературного пошуку та експериментальних досліджень, участь в узагальненні отриманих результатів, підготовці матеріалів для публікації під час розробки технології заморожених дрібнодисперсних оздоровчих добавок і продуктів із хлорофілвісних овочів з використанням як інновації кріогенного «шокового» заморожування (або паротермічної обробки) та дрібнодисперсного подрібнення [3, 4, 6-9, 14, 22, 25, 27, 28, 31-33, 35, 36] та розробки з їх використанням «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів: плодоовочевого морозива-сорбетів, нанопаїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів [1, 2, 5, 10-13, 15-21, 23, 24, 26, 29, 30, 34].

АНОТАЦІЯ

Погарський О.С. Технології заморожених дрібнодисперсних оздоровчих добавок і продуктів із хлорофілвісних овочів з використанням кріомеханодеструкції. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.18.13 – технологія консервованих і охолоджених харчових продуктів - Національний університет харчових технологій Міністерства освіти і науки України, Київ, 2020 р.

Дисертація присвячена науковому обґрунтуванню та розробці технології заморожених хлорофілвісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату) та дрібнодисперсної замороженої добавки зі шпинату з використанням як інновації під час виготовлення перших кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням

рідкого і газоподібного азоту та у процесі виготовлення добавок додаткової дії дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення. Це дає можливість отримати заморожені ХВО, які за вмістом хлорофілів а і b та інших БАР перевищують аналоги в 2,2...2,5 рази, а дрібнодисперсні добавки в 3,5...4,0 рази.

Встановлено, що хлорофілвмісні овочі є джерелом комплексу біологічно активних речовин (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, дубильних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук), масова частка яких в 100 г продукту здатна задовольнити добову потребу, а також є джерелом структуроутворюючих речовин (пектину, целюлози, білка), що дозволило ХВО обрати як сировину під час отримання оздоровчих продуктів та добавок без застосування харчових домішок (збагачувачів БАР, барвників, структуроутворювачів та ін.).

Показано, що активність окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) кріозаморожених (з використанням рідкого та газоподібного азоту) з високою швидкістю хлорофілвмісних овочів залежить від кінцевої температури заморожування в середині продукту та показано, що заморожування до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ приводить до повної інактивації окиснювальних ферментів, в той час як заморожування до -18°C приводить до збільшення активності в 1,4...1,5 рази, розкрито механізм.

Показано, що використання комплексної дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування до $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та дрібнодисперсного подрібнення приводять до високого ступеня вилучення прихованих зв'язаних форм хлорофілів, каротиноїдів та інших БАР хлорофілвмісних овочів, масова частка яких в кріозаморожених добавках в 3,2...3,5 рази більша ніж у свіжих ХВО, що є результатом дії процесів кріомеханодеструкції, механокрекінгу, руйнування наноконструкцій і наноасоціатів біополімерів з БАР та їх трансформацією у вільну форму.

На прикладі хлорофілвмісних овочів встановлено існування прихованих форм високомолекулярних сполук – полісахаридів, зокрема, пектинових речовин, та показано, що застосування кріообробки під час заморожування та дрібнодисперсного подрібнення ХВО приводить до збільшення та трансформації у вільну активну форму пектинових речовин, масова частка яких порівняно зі свіжою сировиною збільшується в 4,0...4,5 рази та на 70 % трансформуються в розчинну форму за рахунок процесів кріомеханодеструкції, кріомеханоактивації та механокрекінгу.

Розроблено альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки ХВО із застосуванням сучасного обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, що використовується на підприємствах ресторанного бізнесу і торгівлі. Показано, що застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення дозволяє отримати продукти із ХВО, якість яких наближається до якості продукції, виготовленої з використанням кріогенної обробки.

Розроблено рецептури, технологічні схеми та технології нових оздоровчих продуктів (плодоовочевого морозива – сорбетів, нанопаїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів панкейків тощо) з використанням як інновації заморожених дрібнодисперсних добавок зі шпинату, яблук, цитрусових, імбиру та ін. Останні застосовуються як п'ять в одному: носії БАР, структуроутворювачі, гелеутворювачі, барвники та ароматизатори. За вмістом БАР розроблені оздоровчі продукти перевищують відомі аналоги. Розроблено проект нормативної документації (ТУ), проведено апробацію у промислових умовах.

Ключові слова: кріомеханодеструкція, кріогенне «шокове» заморожування, дрібнодисперсне подрібнення, хлорофіли, хлорофілвмісні овочі, оздоровчі продукти.

ANNOTATION

O. S. Pogarskiy. The technology of frozen fine-dispersed supplements and products from chlorophyll-containing vegetables using cryomechanical destruction – Manuscript.

Thesis for Candidate degree of Technical Sciences by Specialty 05.18.13 – Technology of Canned and Cooled Food Products. – National University of Food Technologies of Ministry of Education and Science of Ukraine, Kyiv, 2020.

The thesis is devoted to scientific substantiation and development of technology of frozen chlorophyll containing vegetables (broccoli cabbage, brussels sprouts, spinach) and finely dispersed frozen spinach additive using as innovation in the production of the first cryogenic additives actions of fine low-temperature grinding. This makes it possible to obtain frozen CCV, which, by the content of chlorophylls a and b and other BAS, exceed the analogues by 2.2...2.5 times, and the fine additives by 3.5...4.0 times.

Chlorophyll-containing vegetables are found to be a source of a complex of biologically active substances (chlorophylls a and b, L-ascorbic acid, β -carotene, tannins, low molecular weight phenolic compounds), whose mass fraction in 100 g of the product is capable of satisfying the daily requirement and structure-combustible substances (pectin, cellulose, protein), which allowed CCV to be selected as a raw material for obtaining health products and additives without the use of food additives (BAS enrichers, dyes, structure-forming agents, etc.).

It has been shown that the activity of oxidizing enzymes (peroxidase and poly-noloxidase) of cryo-frozen (using liquid and gaseous nitrogen) with high velocity of chlorophyll-containing vegetables depends on the final freezing temperature in the middle of the product and shown that the temperature is -40°C , leads to complete inactivation of oxidizing enzymes, while freezing to -18°C leads to an increase in activity by 1.4...1.5 times, the mechanism is disclosed.

It is shown that the use of complex action on the raw cryogenic «shock» freezing to $-32...-35^{\circ}\text{C}$ and fine grinding lead to a high degree of extraction of the associated bound forms of chlorophylls, carotenoids and other BAS chlorophyll-containing vegetables the proportion of which in cryosomal-born additives is 3.2...3.5 times higher than in fresh CCV, which is the result of the processes of cryomechanical destruction, mechanocracking, destruction of nanocomplexes and nanoassociates of biopolymers with BAS and their transformation into free form.

On the example of chlorophyll-containing vegetables, the existence of latent forms of macromolecular compounds - polysaccharides, in particular, pectic substances - is established, and it is shown that the use of cryoprocessing during freezing and finely dispersed grinding of CCV leads to an increase and transformation of the free active substance into a free active substance. fresh raw materials are increased by 4.0... 4.5 times and 70% are transformed into soluble form for the process of cryomechanical destruction, cryomechanical activation and mechanocracking.

An alternative cryogenic treatment method of deep processing of CCV with the use

of modern equipment for steam treatment and fine nodispersed grinding used in the restaurant business and trade. It is shown that the use of steam treatment and fine-grinding allows to obtain products with CCV, the quality of which approaches the quality of products made using cryogenic processing.

Formulations, technological schemes and technologies of new wellness products (fruit and vegetable ice cream - sorbets, nano-drinks, cheese desserts, stuffing for pancake confectionery, etc.) have been developed with the use as an innovation of frozen fine spinach, yabra and yabro. The latter are used as five in one: BAS carriers, structure breakers, gel formers, dyes and fragrances. In terms of the content of BAS developed wellness products exceed the known analogues. The draft regulatory documentation (TU) was developed, the testing in industrial conditions was carried out.

Keywords: cryomechanical destruction, cryogenic «shock» freezing, fine grinding, chlorophylls, chlorophyll-containing vegetables, health products.

Автор висловлює подяку доктору технічних наук, професору, заслуженому діячу науки і техніки України, лауреату Державної премії України в галузі науки і техніки, керівнику наукової школи та засновнику кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ Павлюк Раїсі Юріївні за надану можливість виконання дисертаційної роботи за тематикою своєї наукової школи, постійну допомогу та наукові консультації.