



*THOUGHT
DEVELOPMENT*

'2025

SCIENTIFIC

*MONOGRAPHIC SERIES
«EUROPEAN SCIENCE»*

*BOOK 41
PART 10*

Pogarskiy O.S., Pogarskaya V.V., Mykhailov V.M., Yurieva O.O.

ENTWICKLUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN DENKENS

**INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR TIEFKÜHLPRODUKTE UND FEIN VERTEILTE
ZUSATZSTOFFE AUS CHLOROPHYLHALTIGEM GEMÜSE FÜR EINE GESUNDE
ERNÄHRUNG**

SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT

**INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF FROZEN PRODUCTS AND FINE-DISPERSED
ADDITIVES FROM CHLOROPHYL-CONTAINING VEGETABLES FOR HEALTHY
NUTRITION**

*Monographic series «European Science»
Book 41. Part 10.*

*In internationalen wissenschaftlich-geometrischen Datenbanken enthalten
Included in International scientometric databases*

MONOGRAPHIE *MONOGRAPH*

Authors:

Pogarskiy O.S., Pogarskaya V.V., Mykhailov V.M., Yurieva O.O.

Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens: Innovative Technologien für Tiefkühlprodukte und fein verteilte Zusatzstoffe aus chlorophyllhaltigem Gemüse für eine gesunde Ernährung. Monografische Reihe «Europäische Wissenschaft». Buch 41. Teil 10. 2025.

Scientific thought development: Innovative technologies of frozen products and fine-dispersed additives from chlorophyll-containing vegetables for healthy nutrition. Monographic series «European Science». Book 41. Part 10. 2025.

ISBN 978-3-98924-106-0

DOI: 10.30890/2709-2313.2025-41-10

Published by:

ScientificWorld-NetAkhatAV

Lußstr. 13

76227 Karlsruhe, Germany

e-mail: editor@promonograph.org

site: <https://desymp.promonograph.org>

Copyright © Authors, 2025

Copyright © Drawing up & Design. ScientificWorld-NetAkhatAV, 2025



ÜBER DIE AUTOREN / ABOUT THE AUTHORS

1. *Pogarskiy Oleksiy Serhiyovych*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University, ORCID 0000-0001-8714-9518
2. *Pogarskaya Victoria Vadimivna*, Doctor of Technical Sciences, Professor, State Biotechnological University, ORCID 0000-0001-8031-5210
3. *Mykhailov Valeriy Mikhailovich*, Doctor of Technical Sciences, Professor, State Biotechnological University, ORCID 0000-0003-4335-1751
4. *Yurieva Olga Oleksiivna*, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, State Biotechnological University, ORCID 0000-0002-3688-8596



Inhalt / Content

Introduction	6
1. Research on the frozen fruit and vegetable market, prospects for its development	10
2. The relevance of the development of natural health supplements and products from plant raw materials	14
3. Chlorophyll-containing vegetables: features of chemical composition, BAS, application, therapeutic and preventive action.....	19
4. Vegetable chlorophylls: features of the structure of molecules, similarity to blood hemoglobin, therapeutic and preventive action	29
5. Freezing of food products as a promising direction for obtaining high-quality health products	33
6. Plan for conducting experimental research in the development of innovative technologies for frozen supplements and products from CVO.....	43
7. Study of the complex of biologically active substances, the content of structure-forming substances and the activity of oxidative enzymes of chlorophyll-containing vegetables	53
8. Study of the influence of cryogenic “shock” freezing and fine grinding of CVO on the activity of oxidative enzymes, the content of chlorophyll and other BAS	57
9. Study of the influence of cryogenic “shock” freezing and low-temperature fine grinding on the activation and transformation of structure-forming substances of CVO	68
10. Study of the effect of cryogenic “shock” freezing and fine low-temperature grinding on BAS and biopolymers of chlorophyll-containing vegetables by IR spectroscopy	73
11. Development of technology of frozen fine health supplements and products from chlorophyll-containing vegetables	75
12. Study of the quality of cryogenically frozen chlorophyll-containing vegetables and fine puree from them	78
13. Search for an alternative method of deep processing of chlorophyll-containing vegetables to cryogenic processing, which allows to maximally preserve the biological potential of raw materials.....	81
14. Study of the effect of steam-thermal treatment and fine grinding of CVO on the activity of oxidative enzymes.....	83



15. Study of the effect of steam-thermal treatment and fine grinding on the quality of chlorophyll-containing vegetables by the content of BAS when obtaining finely dispersed purees from them	89
16. Comparison of the quality by the content of BAS of finely dispersed purees from CVO obtained using steam-thermal and cryogenic treatment.....	93
17. Study of the quality of herbal supplements - prescription components in the development of products for health food with the use of CVO and frozen finely dispersed supplements from them	95
18. Development of a “green line” of fruit and vegetable nanodrinks for health food with the use of frozen finely dispersed supplements from chlorophyll-containing vegetables	101
19. Development of a “green line” of fruit and vegetable ice cream for health food with the use of chlorophyll-containing vegetables.....	107
20. Plan for conducting experimental research in the development of innovative technologies for powdered supplements from chlorophyll-containing leafy vegetables and health products using them.....	119
21. Study of the effect of pre-treatment of fresh parsley and dill greens before drying on the content of ascorbic acid and carotenoids.....	122
22. Comprehensive studies of the effect of the processes of fine grinding of dried chlorophyll-containing leafy vegetables on the forms of BAS bound to biopolymers.....	127
23. Studies on the biotest cultures of paramecia of the effect of the degree of grinding on the biological activity (degree of digestibility) of powders from parsley and dill greens	133
24. Development of an innovative technology of finely dispersed powdered chlorophyll-containing supplements from leafy vegetables	136
25. Study of the quality of chlorophyll-containing supplements from parsley and dill greens in the form of finely dispersed powders	139
26. Study of the granulometric composition of finely dispersed powdered chlorophyll-containing supplements from leafy vegetables	143
27. Development of powdered vitamin flavorings using finely dispersed powdered chlorophyll-containing additives and additives from natural spices..	147
28. Development of processed cheeses using chlorophyll-containing additives from parsley and dill and antioxidant herbal additives from natural spices in the form of extracts and powders	152
Conclusions	161
References	168



INTRODUCTION

Робота присвячена науковому обґрунтуванню та розробці інноваційної технології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату з використанням як інновації під час виготовлення перших кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та у процесі виготовлення добавок додаткової дії – дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення. Це дає можливість отримати заморожені хлорофілвмісні овочі (ХВО), які вмістом хлорофілів а і b та інших біологічно активних речовин (БАР) перевищують аналоги в 2,2...2,5 рази, а дрібнодисперсні добавки із них - в 3,5...4,0 рази. Крім того, робота включає наукове обґрунтування та розробку ще однієї інноваційної технології – технології порошкоподібних дрібнодисперсних добавок із хлорофілвмісних листових овочів (зелені петрушки та кропу), яка заснована на комплексному використанні інактивації окиснювальних ферментів перед сушінням, вакуумне сушіння та дрібнодисперсне подрібнення, що дозволяє отримати хлорофілвмісні добавки з принципово новими споживчими властивостями за вмістом БАР (хлорофілів, аскорбінової кислоти, каротиноїдів та ін.), засвоюваності, а також стабільності якості під час зберігання.

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

Одним із перспективних напрямів отримання продуктів для оздоровчого харчування є використання при їх виробництві заморожених овочів і фруктів, а також заморожених та порошкоподібних добавок із них, які містять значну кількість біологічно активних речовин, таких як вітаміни, каротиноїди, хлорофіли, фенольні сполуки тощо, що сприяють зміцненню захисних сил організму людини, а також мають детоксикуючу та антиокиснювальну дію.



Перспективною сировиною для отримання продуктів для оздоровчого харчування є хлорофілвмісні овочі (капуста броколі, брюссельська, шпинат тощо) та хлорофілвмісні листові овочі (зелень петрушки та кропу), які користуються популярністю у населення багатьох країн світу (особливо 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 хлорофілвмісній сировині. Перспективність застосування хлорофілвмісних овочів (ХВО) як сировини для отримання заморожених продуктів та порошкоподібних добавок також обумовлена тим, що ХВО швидко псуються, а традиційні технології їх переробки в консервовані, в тому числі, заморожені та порошкоподібні продукти та добавки, 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 відбувається потемніння хлорофілвмісних овочів за рахунок реакції заміщення в молекулах хлорофілу комплексно зв'язаного магнію на водень, в результаті чого утворюється речовина бурого кольору – феофітин та знижуються оздоровчі властивості отриманих продуктів і добавок із них.

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, сублімаційне сушіння та дрібнодисперсне (ДД) подрібнення. В представленій роботі як інновацію під час розробки технології заморожених



ХВО запропоновано використовувати кріогенне «шокове» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту, для отримання заморожених дрібнодисперсних добавок – комплексний вплив кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення, а для отримання порошкоподібних добавок – комплексне використання інактивації окиснювальних ферментів перед сушінням, вакуумного сушіння та дрібнодисперсного подрібнення. Розроблені технології дозволили отримати заморожені ХВО, які за вмістом хлорофілів та інших БАР перевищують свіжу сировину й аналоги в 2,2...2,5 рази, дрібнодисперсні заморожені та порошкоподібні добавки – відповідно в 3,5...4,0 та 1,2...1,8 раз. Крім того, це дозволило розробити з їх використанням «зелену лінійку» продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочевого морозива-сорбетів, сиркових десертів, нанопоїв, вітамінних смакових приправ, плавлених сирів, тощо) високої біологічної цінності без застосування шкідливих для здоров'я харчових добавок (барвників, структуроутворювачів тощо).

Роботу виконано в Державному біотехнологічному університеті у відповідності з основними науковими напрямками досліджень університету в рамках 3 НДР за планом університету, 1 дербюджетної теми в межах цільової комплексної програми Міністерства освіти і науки України, а також 2 госпдоговорних тем.

Дослідження проведено на кафедрі харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк на базі навчально – наукового центру «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 заморозувач з комп'ютерним забезпеченням, низькотемпературний подрібнювач (Франція), пароконвекційна піч UNOX S.P.A. серії XVC (Італія), гомогенізатор R 301 Ultra (Франція), вібраційно – кульовий млин, сублімаційна вакуумна сушка, тощо.

За темою роботи надруковано 46 робіт, серед яких: 2 колективні монографії, 1 енциклопедія, 28 статей (з них: 5 - у виданні, що входить до міжнародних наукометричних баз даних (Scopus тощо), 13 – у фахових виданнях України, 8 - в зарубіжних виданнях Естонії, Словаччини, Польщі).

Монографію присвячено пам'яті Павлюк Раїси Юрївни, доктора технічних наук, професора, заслуженого діяча науки і техніки України, лауреата Державної премії України в галузі науки і техніки, академіка Міжнародної академії холоду, засновника кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні Державного біотехнологічного університету, засновника наукової школи «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та продуктів для здорового харчування», в межах тематики якої було виконано представлену роботу.



RESEARCH ON THE FROZEN FRUIT AND VEGETABLE MARKET, PROSPECTS FOR ITS DEVELOPMENT

Проведено дослідження ринку замороженої плодоовочевої продукції, в тому числі, із хлорофілвмісних овочів, в Україні та в світі, встановлено перспективність його розвитку [1].

У раціоні харчування людини понад 1/3 мають становити свіжі і перероблені плоди та овочі, що є основними джерелами для організму людини різних біологічно активних речовин, зокрема, вітаміну С, β -каротину, фенольних сполук, хлорофілу та інших, які мають цілющі властивості: зміцнюють захисні сили організму щодо впливу різних видів негативних факторів, мають детоксикуючу, антиокислювальну, протипухлинну дію. Відомо, що БАР в організмі людини не відкладаються і повинні потрапляти в нього щодня протягом року. За статистичними даними, споживання овочів та фруктів населенням України в двічі нижче рекомендованої норми та спостерігається нерівномірне використання плодоовочевої сировини у свіжому вигляді у зв'язку з чітко вираженою сезонністю виробництва. Це пов'язано з відсутністю сучасних методів переробки, транспортування, зберігання плодів та овочів, які дозволяють зберегти якість свіжої сировини. Потреба в консервованих продуктах із овочів і фруктів задовольняється менше ніж на 20 % [2].

За даними міжнародної організації ФАО/ВООЗ, в міжнародному прогнозі «Харчування ХХІ століття» пріоритетним напрямком розвитку харчової галузі визнано консервування харчових продуктів, включаючи, плоди і овочі, з використанням холоду. Консервування за допомогою заморожування плодів та овочів забезпечує найбільш повне збереження натуральних властивостей сировини (за вмістом вітамінів та інших БАР). Високий ступінь збереження БАР при зберіганні плодів і овочів в замороженому стані визначає унікальність даного способу консервування та відкриває нові перспективи для забезпечення населення повноцінними раціонами харчування за вмістом вітамінів та інших БАР плодоовочевої сировини протягом року. Крім високої біологічної цінності, заморожена плодоовочева продукція є безпечною для споживання в зимово-



весняний період і доступнішою за ціною, ніж овочі із закритого ґрунту, вирощені з застосуванням різних хімічних речовин [2].

В даний час заморожені продукти, напівфабрикати та готові страви користуються популярністю у всьому світі, виробляється широкий асортимент заморожених продуктів, в тому числі з плодів, ягід, овочів та їх сумішей. Низькі температури забезпечують найбільш повне збереження вітамінів та інших БАР. На сьогоднішній день фахівцями відзначається збільшення частки швидкозаморожених продуктів у структурі харчування населення Землі. Їх виробництво на душу населення в таких країнах, як Англія, Франція, Німеччина, США, Японія становить від 40 до 100 кг на рік, в Україні – 300 г на рік, що у 10-15 разів нижче у порівнянні з європейським рівнем. Але в останні 5–10 років в Україні також спостерігається динаміка збільшення обсягів виробництва та розширення асортименту продуктів глибокого або «шокового» заморожування. Виробляють широкий асортимент швидкозаморожених харчових продуктів. Кількість замороженої продукції зростає з кожним роком. Сьогодні з наявного світового запасу харчових продуктів, що становить, включаючи рибу та морепродукти, близько 4800 млн. тонн, заморожені продукти складають приблизно 390 млн. тонн. Лідерами у споживанні заморожених продуктів є Великобританія, Німеччина, Франція [3].

Перевагою використання замороженої продукції в раціонах харчування є відсутність додаткових витрат часу на попередню підготовку, оскільки заморожені продукти практично готові до вживання, а головне, завдяки використанню сучасних технологій заморожування, зберігають в 2 рази більше корисних речовин, ніж при традиційному консервуванні шляхом стерилізації.

Встановлено, що в структурі продажу замороженої плодоовочевої продукції на вітчизняному ринку найбільшу питому вагу складають овочеві суміші 53% та заморожені овочі 30%. Вітчизняний ринок заморожених плодів і овочів представлений переважно продукцією іноземного виробництва. На сьогодні лідируючі позиції на українському ринку заморожених продуктів займає плодоовочева продукція торгових марок «Bonduelle», «Poltino», «Hortex».



Заморожена продукція вітчизняного виробництва представлена торговими марками «Рудь», «Дарус», «Арктика». В цілому слід зазначити, що на сьогодні в Україні немає потужного національного бренду в сегменті заморожених плодоовочевих виробів.

Показано, що Україна є потужним експортером заморожених дикорослих ягід та займає за обсягом їх експорту 3-тє місце в світі. Асортимент заморожених дикорослих ягід на експорт на 72% представлений чорницею, на 28 % - дикорослими ягодами ожини, малини, смородини. Ягідний сегмент виробництва заморожених продуктів є найбільш привабливим з точки зору інвестування, оскільки вважається в аграрному секторі високорентабельним бізнесом. Його рентабельність може досягати 300%. Обмеженість внутрішнього українського ринку споживання заморожених дикорослих ягід за рядом причин економічного характеру, відкритість європейського та інших сировинних ринків, достатня місцева сировинна база, а також загальне зростання світового попиту на дикорослі ягоди в цілому, роблять вітчизняний ринок привабливим з точки зору експортної діяльності. Україна є основним експортером заморожених дикорослих ягід в такі країни, як Польща, Італія, Німеччина і Швеція.

В сегменті фруктів і овочів виробники замороженої продукції стикаються з сировинними проблемами, які в першу чергу пов'язані з дефіцитом якісної сировини. Як наслідок, основною частиною сировини, що використовується для виробництва в Україні заморожених фруктів (до 80%) становлять фрукти, що імпортуються. Що стосується сегменту виробництва заморожених овочів, то однією з основних проблем є неорганізованість сировинного ринку. В основному овочі вирощують дрібні товаровиробники, частка яких досягає 80%. Тому виробники замороженої овочевої продукції стикаються з проблемою нестабільної якості продукції і слабкою прогнозованістю поставок [4].

Оскільки в Україні споживання заморожених плодів і овочів на душу населення значно нижче, ніж у США та країнах ЄС, це створює передумови для подальшого розвитку і зростання ринку замороженої продукції. Зростання ринку обумовлено також зміною раціонів в напрямку здорового харчування,



прискоренням ритму життя українців та збільшенням числа працюючих жінок.

У найближчому майбутньому експерти прогнозують темпи зростання внутрішнього ринку заморожених продуктів із плодоовочевої сировини на рівні 6-8% на рік. Очікується, що виробники зосередять свою діяльність на збільшенні виробничих потужностей і розширенні асортиментної лінійки - у напрямку створення різноманітних овочевих сумішей з додаванням хлорофілвмісних овочів, грибів, а також порційних обідів підвищеної готовності [5].



THE RELEVANCE OF THE DEVELOPMENT OF NATURAL HEALTH SUPPLEMENTS AND PRODUCTS FROM PLANT RAW MATERIALS

Глобальна проблема, яка існує в багатьох країнах світу, це незбалансованість харчування та дефіцит в раціонах харчування повноцінних білків, вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно активних речовин, зокрема, каротиноїдів, фенольних сполук, хлорофілів та ін., які мають імуномодулюючу, антиокиснювальну та протипухлинну дії [6]. Так, наприклад, за статистичними даними, в Україні потреба населення в повноцінних білках, вітамінах (особливо в вітаміні С), каротині, мінеральних речовинах (особливо в Са, Fe, К, Se, І та інш.) задовольняються лише на 50 %. В раціонах харчування спостерігається дефіцит м'яса, риби, молока, фруктів, ягід, тобто тих продуктів, які сприяють покращенню здоров'я населення. Крім того, спостерігається погіршення екологічної ситуації та зниження імунітету населення планети. В зв'язку з цим в багатьох країнах зростає попит на функціональні оздоровчі продукти харчування, що спрямовані на зміцнення здоров'я. Вирішенню цієї проблеми в даний час приділяється значна увага в роботах вітчизняних та зарубіжних вчених.

Одним із перспективних напрямків отримання оздоровчих продуктів є використання для їх виробництва різних консервованих рослинних добавок із фруктів, ягід та овочів, в тому числі, у формі заморожених пюреподібних добавок -наповнювачів, що містять значну кількість БАР, які зміцнюють захисні сили організму та одночасно є загусниками, структуроутворювачами та барвниками. Однак в даний час в Україні спостерігається дефіцит таких добавок.

На світовому ринку значно зріс асортимент біологічно активних добавок - антиокиснювачів, натуральних вітамінних добавок, харчових волокон, підсолоджуючих речовин, концентратів і ізолятів білка, і ряду інших. У індустріально розвинених країнах сформувався ринок продуктів і БАД з імуномодулюючою, антиоксидантною, адаптогенною діями і сорбційними властивостями. До них відносяться, наприклад, вітамінізовані соки, коктейлі з хлорофілвмісної сировини, а також з розчинними харчовими волокнами,



спеціальні капсули з масляним бета-каротином, вітамінні порошки, пасти та заморожене пюре з фруктів, овочів, добавки із зародків злакових (у формі пластинок та олії з високим вмістом α -токоферолу), порошкоподібні хлорофілвмісні добавки, суміші вітамінів з мінеральними речовинами – так звані премікси і т.п. Широкий асортимент таких добавок виробляється в США, Великобританії, Японії, Франції, Німеччині та ін. В даний час в харчовій промисловості впроваджується ряд інноваційних технологій, серед яких - технології та нанотехнології дрібнодисперсних порошкоподібних рослинних каротиноїдних та антоціанових добавок – гетерогенних біосистем [3].

Харчові компанії США, Німеччини, Японії, Англії, Франції та інших країн створюють нові види продуктів, що задовільняють вимогам «здорової їжі». Це низькокалорійні продукти зі зниженим вмістом сахарози, холестерину, повареної солі і з підвищеним вмістом кальцію, харчових волокон, а також з високим вмістом вітамінів (аскорбінової кислоти, бета-каротину, α - токоферолу) і мінеральних речовин. Обсяги виробництва таких продуктів наразі складають біля

20 % від загального обсягу виробництва харчових продуктів .

В Україні спостерігається дефіцит вітчизняних БАД і проводяться роботи зі створення БАД - адаптогенів, антиоксидантів, імуномодуляторів, сорбентів з метою розробки продуктів загальнозміцнюючої дії. За статистичними даними, потреба в рослинних натуральних БАД в Україні становить близько 1,5 млн. тонн на рік. Частково потреба в БАД покривається за рахунок дорогих харчових добавок різних іноземних фірм («Візіон», «Інаріч», «Вітамакс» та ін.), що мають яскраву етикетку і привабливу рекламу. Значна їх частина виготовлена з неякісної сировини і містить шкідливі для здоров'я синтетичні добавки. У зв'язку з цим перед Україною стоїть завдання забезпечення потреб внутрішнього ринку в доступних за ціною натуральних БАД та продуктах харчування збагачених рослинними БАД, що мають антиоксидантну, адаптогенну, імуномодулюючу дію, із використанням місцевої сировинної бази і технологічних потужностей. На сьогоднішній день основними продуктами і збагачувачами



загальнозміцнюючої дії визнані рослинна сировина (овочеві культури, ягоди, їх концентрати і т.п.), кисломолочні та морепродукти [4].

Проведений огляд літератури показав, що в даний час в Україні і за кордоном відбувається пошук перспективних способів і розробка технологій отримання біологічно активних антиоксидантних, імуномодуючих та адаптогенних добавок з рослинної, в тому числі, хлорофілвмісної сировини, що дають змогу зберегти БАР свіжої сировини. В Україні, незважаючи на достатню сировинну базу, такі рослинні добавки виробляються в незначній кількості.

Істотним недоліком сучасних способів переробки рослинної сировини (теплого сушіння, подрібнення та ін.) є окиснення та руйнування вітамінів, хлорофілів, каротиноїдів, фенольних сполук та інших БАР, погіршення порівняно з вихідною (свіжою) сировиною якості отриманих з них добавок – напівфабрикатів. У зв'язку з цим актуальним є створення рослинних добавок і продуктів з їх використанням з високими споживчими властивостями за рахунок застосування нових підходів та високих технологій у переробці сировини.

До числа БАД в останні 20...25 років відносять добавки із хлорофілвмісної рослинної сировини у формі заморожених продуктів, дрібнодисперсних пюре і порошків, які мають цілющі властивості, що пояснюється їх складним, збалансованим хімічним складом і високим вмістом різних видів БАР. Особливе місце серед БАР займають хлорофіли, які в організмі людини є компонентами антиоксидантної системи, що захищає організм від впливу несприятливих факторів навколишнього середовища [7].

Незважаючи на унікальні властивості хлорофілу хлорофілвмісні овочі не знайшли належного застосування у харчуванні населення. Це пов'язано з відсутністю інформації про цілющі властивості хлорофілу, про рекомендовані добові норми його споживання та реклами продуктів із ХВО. В раціонах харчування використовуються переважно свіжі хлорофілвмісні овочі. Це пов'язано з тим, що при переробці ХВО в харчові продукти існують об'єктивні труднощі, причиною яких є те, що хлорофіли *a* і *b* є нестійкими сполуками, які при переробці швидко руйнуються, знебарвлюються або набувають бурого



кольору та втрачають свої властивості. Показано, що втрати хлорофілів при переробці ХВО під дією теплової обробки становлять від 20 до 100 %, при заморожуванні – до 35 % та при розморожуванні ще біля 50 %.

Одним із прогресивних методів переробки та консервування плодів та овочів є «шокове» заморожування, що засновано на використанні як холодоагенту кріогенних рідин. При цьому як кріоагент використовують рідкий азот, вуглекислоту та ін. Встановлено пряму залежність ступеня збереження вітамінів та інших БАР, втрат клітинного соку при розморожуванні та збереження продуктів із плодів та овочів від швидкості заморожування.

Аналіз даних літератури показав, що в міжнародній практиці проблема збереження та стабілізації хлорофілу та інших БАР при переробці ХВО в готові продукти в тому числі, при заморожуванні, майже не вирішена. Варіантом вирішення проблеми збереження та стабілізації хлорофілу та інших БАР при переробці ХВО в заморожені дрібнодисперсні добавки є застосування як інновації методу глибокої переробки сировини, який заснований на комплексній дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення. Недоліком існуючого кріогенного способу заморожування продуктів до $-18...-25^{\circ}\text{C}$ є значні втрати вітамінів та інших БАР (до 50 %) при розморожуванні продукту після зберігання протягом 6 місяців. Крім того, спостерігаються втрати до 10 % клітинного соку при розморожуванні [8].

На сьогоднішній день залишається невирішеним питання, чому при отриманні замороженої продукції та при подальшому розморожуванні відбуваються значні втрати хлорофілу та інших БАР, які становлять: 25...35 % – при «шоковому» заморожуванні ХВО, 50...60 % – при розморожуванні продукту. Не розроблені кріотехнології заморожування ХВО та дрібнодисперсних кріопюре із них, що дають можливість зберегти хлорофіли та інші БАР під час заморожування, зберігання та подальшого розморожування продукту. Не вивчені процеси, які відбуваються при кріогенному «шоковому» заморожуванні та при дрібнодисперсному подрібненні ХВО. Це потребує глибоких знань біохімічних, ферментативних та механохімічних процесів, які



відбуваються при кріозаморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні ХВО в оздоровчі добавки – напівфабрикати та продукти. При кріогенному «шоковому» заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні перераховані процеси будуть відбуватися інакше, ніж при традиційних методах швидкого «шокового» заморожування та подрібнення за температури -18°C . Це вимагає додаткових досліджень.



CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES: FEATURES OF CHEMICAL COMPOSITION, BAS, APPLICATION, THERAPEUTIC AND PREVENTIVE ACTION

Хлорофілвмісні овочі виділяються серед інших високим вмістом хлорофілів α і β , каротиноїдів, низькомолекулярних і високомолекулярних фенольних сполук, L-аскорбінової кислоти, а також пребіотичних речовин - харчових волокон (пектинових речовин, целюлози та ін.). Саме перераховані біологічно активні речовини в комплексі і визначають їх унікальні лікувально-профілактичні властивості, а саме сприяють зміцненню імунітету, профілактиці пухлин і є потужними антиоксидантами та детоксикантами, зміцнюють судини серця і мозку і т.п. Сьогодні ці овочі користуються популярністю в раціонах харчування в багатьох країнах світу, особливо в Японії, і у них найвища тривалість життя у населення (87...89 років) і багато довгожителів у віці понад 100 років [7].

Слід зазначити, що хлорофілвмісні овочі переважно вживають в свіжому вигляді. Труднощі при переробці хлорофілвмісних овочів в консервовані продукти та страви пов'язані з тим, що під впливом теплової обробки, світла, кисню повітря, рН середовища відбуваються значні втрати хлорофілу, аскорбінової кислоти, каротиноїдів та інших БАР (від 20 до 80%). Втрати хлорофілу супроводжуються потемніння або знебарвленням продукту. Під дією зазначених факторів в молекулах хлорофілу відбувається реакція заміщення комплексно пов'язаного магнію на водень, в результаті чого утворюється речовина бурого кольору - феофітин. В зв'язку з цим актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка технологій переробки ХВО в добавки та продукти, що сприяють збереженню та стабілізації хлорофілу.

В Україні основними джерелами хлорофілу в харчуванні населення є такі ХВО, як: капуста броколі, брюссельська капуста, листя шпинату, салати, зелень петрушки, кропу та селери, цибуля порей, квасоля стручкова зелена, горошок зелений, спаржа та інші. У розділі наведена характеристика, особливості хімічного складу, вміст БАР, лікувально-профілактична дія та застосування



п'яти видів хлорофілвмісних овочів: шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти, зелені петрушки та кропу.

Шпинат (*Spinacia oleracea*) є трав'янистою однорічною (рідко дворічною) дводомною роздільностатевою перехреснозапильною овочевою культурою висотою 25...60 см. Листя бувають гладкі або гофровані. Розмір та забарвлення листя шпинату залежать від сезону вирощування. Листя зимових сортів мають більший розмір та темно-зелене забарвлення порівняно з літніми сортами більш світлих відтінків. Урожайність становить 200...300 ц/га.

Шпинат є швидкозростаючою культурою, що придатна для вирощування протягом року в тепличних комплексах. Урожайність при вирощуванні в тепличних умовах становить 2...6 кг на м². Термін зростання – 20...40 днів в залежності від вологості і температури. Шпинат традиційно використовують на ринку свіжих овочів, в консервній та в переробній промисловості.

Головним виробником шпинату в світі є Китай (85 % світового врожаю). На другому місті знаходяться США (3% світового урожаю), де три чверті врожаю реалізуються у свіжому вигляді та річне споживання шпинату на душу населення становить 1 кг. В Україні відсоток вживання шпинату серед інших овочів на сьогоднішній день є низьким. Це пов'язано з тим, що листя шпинату в торгівельній мережі з'явилося нещодавно та характеризується достатньо високою ціною. Ситуація ускладнюється необізнаністю значної кількості покупців в корисних властивостях листя шпинату. Крім того, шпинат швидко втрачає товарний вигляд та є непридатним для довготривалого перебування в продажу та зберігання на полицях магазинів та супермаркетів, що не сприяє його популяризації серед населення.

Листя шпинату широко застосовують в кухнях багатьох країн світу. В їжу використовується розетка листя в свіжому, замороженому, вареному, тушеному, запеченому, консервованому вигляді. Оскільки шпинат має нейтральний смак, він легко поєднується з багатьма продуктами.

Листя шпинату застосовують при приготуванні начинок для пирогів, яєчні. А завдяки тому, що при термообробці не зникає яскраво-зелений колір, шпинат



використовують як натуральний харчовий барвник при виготовленні різних видів соусів, пюре, млинців та ін. Особливістю страв зі шпинатом є необхідність їх вживання в їжу відразу після приготування, оскільки при зберіганні готових страв азотнокислі солі, що входять до складу шпинату, перетворюються в шкідливі для організму людини азотисті солі.

Шпинат відомий своїми цілющими властивостями, в харчуванні населення є джерелом хлорофілу, а також другим після моркви джерелом каротину. Шпинат містить значну кількість вітамінів, антиоксидантів та мікроелементів. Так, 100 г листя шпинату здатні задовольнити біля 1/2 рекомендованої добової норми в вітаміні С. Серед овочів шпинат є лідером за вмістом вітаміну К, який відповідає за зміцнення кісток та згортання крові, а також за вмістом лютеїну та зеаксантину, що допомагають зберегти здоров'я очей. Так, 20 г шпинату задовольняють добову потребу у вітаміні К, а харчові речовини лютеїн та зеаксантин запобігають дегенерації сітківки, що є основною причиною виникнення «курячої сліпоти» у людей похилого віку. Листя шпинату багаті на вітаміни групи В, включаючи фолієву кислоту, яка приймає участь в обміні речовин та відповідає за утворення нових клітин. Крім того, фолієва кислота у поєднанні з вітаміном молодості Е уповільнюють в організмі людини процеси старіння. Шпинат використовують як джерело вітамінів у дієтотерапії, а також у весняний період з метою ліквідації авітамінозу. Високий вміст фенольних сполук зумовлює капілярозміцнюючі, протисклеротичні й протизапальні властивості шпинату.

Шпинат є джерелом мінеральних речовин: заліза, калію, кальцію, магнію, міді, марганцю та ін. Вживання 100 г шпинату, в якому міститься 3,5 мг заліза, здатні задовільнити біля 20% рекомендованої добової потреби дорослої людини в залізі. Високий вміст магнію допомагає нормалізувати діяльність нервової системи, підвищує працездатність та стресостійкість. Наявність йоду живить мозок, покращує роботу щитовидної залози та є природним антидепресантом.

За вмістом білків шпинат перевершує всі овочі, поступаючись тільки зеленому горошку і молодим стручкам квасолі. Крім того, шпинат є джерелом



жирних кислот Омега-3 та не містить холестерину.

Листя шпинату є низькокалорійним продуктом, калорійність якого складає 23 ккал на 100 г листя. Високий вміст білку у поєднанні з низькокалорійністю та значною кількістю корисних речовин дає змогу включити шпинат в раціони харчування людей з надмірною вагою, високим рівнем холестерину з метою схуднення.

Його включення в раціони харчування допомагає в лікуванні туберкульозу, цукрового діабету, анемії, хвороб шлунково-кишкового тракту. Шпинат позитивно впливає на травну систему: виводить шлаки не ушкоджуючи слизові оболонки ШКТ, нормалізує діяльність кишечника.

Слід зазначити, що разом з позитивною дією, вживання шпинату може спричиняти негативну дію на організм людини. Справа в тому, що старе листя шпинату містить значну кількість щавелевої кислоти, яка зв'язує кальцій та є небезпечною для людей з сечокам'яною хворобою. Утворені в результаті з'єднання залишаються в організмі у вигляді каменів. Шпинат також не рекомендується вживати людям при захворюванні нирок, жовчного міхура, подагрі. Тому в їжу рекомендовано використовувати молоді зелені листя шпинату в будь-якому вигляді, а старе листя піддавати термообробці з метою нейтралізації дії щавелевої кислоти.

Одним із головних недоліків шпинату є короткий термін зберігання, який при холодильному зберіганні свіжого листя шпинату становить вісім діб, протягом яких вітамінна цінність та вміст хлорофілу поступово втрачаються. Для подовження терміну зберігання до 8 місяців свіже листя шпинату зберігають у замороженому вигляді. З цією метою листя шпинату пресують або скручують в кульки, після чого заморожують. Після розморожування шпинат варять або тушать з іншими овочами, грибами або злаками.

Капуста броколі (*Brassica oleracea*) є однорічною овочевою рослиною сімейства Капустяні та є генетичним попередником цвітної капусти, що відрізняється характерною «зовнішністю», кольором, смаком та складом. У їжу використовують суцвіття, що не розкрились, діаметром не більше 10-12 см і



вагою від 300 до 500 грамів та мають темно-зелений або фіолетовий відтінок.

Сорти броколі відрізняються між собою кольором, об'ємом суцвіття, товщиною «ствола», навколо якого розташовується сам качан. Найвідомішим і популярним сортом вважається «Калабрезе», що має зелене забарвлення з легким нальотом блакитного відтінку. Капуста броколі помітно виділяється серед решти рослинної сировини високим вмістом хлорофілів, аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук, які мають імуномодулюючу та антиоксидантну дію, а також вмістом пребіотичних речовин (целюлози, пектину, білків). Відомо, що ненасичені кон'юговані сполуки хлорофілу, мають протипроменеву, протипроонкологічну дію і суттєво підвищують захисні сили організму, особливо у поєднанні з аскорбіновою кислотою і β -каротином, які в значній кількості містяться в капусті броколі. Капуста броколі відрізняється високим вмістом поліфенольних сполук, які також мають високі антиокиснювальні, імуномодулюючі та детоксикуючі властивості. Капуста броколі містить значну кількість мінеральних речовин, особливо калію (375,0...435,0 мг в 100 г), фосфору (78,0...100 мг в 100 г), магнію (40,0...60,0 мг в 100 г), заліза (1,3...2,0 мг в 100 г). В складі броколі є високий вміст пребіотичних речовин: целюлози і пектину. Кількість білку становить 2,5...3,5 %, цукрів – 6,5...8,0 %, які представлені моносахарами.

Капусту броколі вживають сирого, вареною, приготовленою на пару, швидко обсмаженою. Крім цього, броколі часто використовується як інгредієнт в супах, соусах для пасти, пирогах, омлетах, овочевих гарнірах, салатах та ін. Капуста броколі є сезонним продуктом. Найкращу якість капусти броколі забезпечує заморожування. Протягом року популярністю користується капуста броколі, як заморожена самостійно, так і у складі вже готових супових овочевих наборів.

В багатьох країнах світу броколі вживають як дієтичний продукт для попередження онкологічних, серцево-судинних захворювань, нервових розладів, захворювань шлунково-кишкового тракту, порушень обміну речовин, подагри та ін. Так, наприклад, з капусти броколі була виділена речовина анетолтритіон, що



сприяє зниженню випадків захворювання раком прямої кишки, пухлини грудей.

За даними японських вчених, капуста броколі містить особливу речовину сульфорафан, наявність якої призводить до гибелі бактерій, що викликають деякі види виразок шлунку, а також перешкоджає розвитку раку в ШКТ. Крім того, встановлено, що сульфорафан знищує бактерії, які несприйнятливі до дії антибіотиків. Тому на сьогоднішній день вчені-фармакологи намагаються розробити на базі цієї хімічної речовини препарати, які знищують бактерії, але оптимально засвоювались організмом людини. Капуста броколі має не тільки протипухлинну, а також кровотворну, заспокійливу і жовчогінну дію. Встановлено, що систематичне вживання капусти броколі в їжу попереджує розвиток атеросклерозу і передчасну старість. Це пов'язано з тим, що в ній містяться речовини метіонін і холін, які в організмі людини попереджують накопиченню холестерину. В літературі містяться дані про здатність броколі виводити з організму солі важких металів і доцільність її введення в раціони харчування людей, яких лікують від променевої хвороби.

Брюссельська капуста (*Brassica oleracea* var. *gemmifera*) є штучно виведеною з листової капусти овочевою культурою, що відноситься до сімейства Капустяні. Брюссельська капуста є дворічною перехреснозапильною рослиною, яка не схожа на інші види капусти. Плоди брюссельської капусти - це не качани, а всього лише кочанчики. Зовні брюссельська капуста сильно відрізняється від інших видів капусти. Має незвичайний зовнішній вигляд. За формою вона нагадує маленьку пальму. На товстому стеблі заввишки 20-60 см розміщені довгочерешкові листя середньої величини. На верхівці вони створюють розетку. Плоди мають форму дрібного качана завбільшки з волоський горіх, утворюються в пазухах листків в перший рік. З однієї рослини можна отримати від 40 до 60 таких кочанчиків. На другий рік рослина цвіте і дає насіння.

На сьогоднішній день брюссельська капуста є затребуваною в Західній Європі, США та Канаді. Головним постачальником брюссельської капусти в даний час є Голландія. Там же виведені і основні сучасні сорти. Найбільш



поширеним сортом брюссельської капусти в Україні є «Геркулес».

Брюссельська капуста містить значну кількість корисних речовин. Особливо багато вітамінів групи В. Крім того, містяться вітаміни: А, С, F, а також Е, К, РР. Серед мінеральних речовин в складі брюссельської капусти, переважно представлені такі макроелементи (на 100 г), як: калій - 389 мг, кальцій - 42 мг, магній - 23 мг, натрій - 25 мг, фосфор - 69 мг, а також мікроелементи (на 100 г): залізо – 1,4 мг, марганець – 0,337 мг, мідь - 70 мкг, селен – 1,6 мкг, цинк – 0,42 мг.

У порівнянні з білокачанною, брюссельська капуста є більш поживною, оскільки в ній міститься в 2 рази більше білку та в 2 рази менше вуглеводів. Дієтологи прирівнюють бульйон із брюссельської капусти за корисністю до курячого. За вітамінним складом брюссельська капуста може позмагатися з кольрабі і броколі. Її калорійність становить 43 кКал.

Брюссельська капуста відома своїми корисними властивостями, зокрема, допомагає залишатися молодими, оскільки містить багатий антиоксидантний склад. Легкозасвоюване залізо попереджає анемію у дітей і вагітних. Зміцнює імунну систему. Вітамін А сприяє поліпшенню зору. Високий вміст білка при низькій калорійності робить капусту особливо корисною для зниження ваги. Овоч допомагає нормалізувати рівень холестерину. Високий вміст клітковини добре впливає на травну систему. Кочанчики брюссельської капусти є корисним дієтичним продуктом. Сік рослини в поєднанні з соками інших овочів використовують для лікування хвороб органів дихання, при цукровому діабеті.

Існують певні обмеження щодо вживання цього виду капусти.

Вони пов'язані зі значним вмістом в брюссельській капусті пуринів, які сприяють накопиченню в суглобах і нирках кристалів сечової кислоти, що є головною причиною подагричного артрити. При гастриті, здутті живота, ослабленні функції підшлункової залози, підвищеному рівні кислотності вживання брюссельської капусти також не рекомендується.

З дієтичних кочанчиків брюссельської капусти виробляють перші і другі страви: супи, овочеві рагу, запіканки. Для тривалого зберігання їх попередньо



бланшують і заморожують. Популярністю протягом року користується брюссельська капуста в замороженому вигляді самостійно та в супових наборах.

Петрушка (*Petroselinum crispum*) є дворічною рослиною сімейства селери (Аріасеae). Її врожайність становить 25...30 кг з 10 м². На території України вирощують листовий та коренеплідний різновиди петрушки, основна відмінність між якими полягає в тому, що листові петрушки не утворює товарного коренеплоду, а має тонкий гіллястий корінь з розеткою численних листів звичайної або кучерявої форми, яке можна використовувати в їжу у свіжому та сушеному вигляді.

Зелень петрушки містить значну кількість корисних біологічно активних речовин: хлорофілу, каротину, вітаміну С, мінеральних речовин, фенольних сполук, ефірних олій та пребіотичних речовин.

Зелений колір та радіопротекторні властивості листів петрушки надає пігмент хлорофіл, масова частка якого у 100 г свіжої зелені складає 450... 900 мг. Серед загальної кількості хлорофілів а та b більшу частину становить хлорофіл а, масова частка якого складає 65,3% від загальної кількості хлорофілів. Зелень петрушки багата на аскорбінову кислоту та каротиноїди, масова частка яких у 100 г петрушки знаходиться приблизно на рівні перцю солодкого і становить: вітаміну С – 78... 380 мг, каротиноїдів – 3,8... 19,8 мг. Достатньо використати в їжу 25 - 30 г зелені петрушки щоб задовольнити добову потребу дорослої людини у вітаміні С та каротиноїдах.

Хімічний склад та високий вміст БАР визначають унікальні лікувально-профілактичні властивості зелені петрушки, споживання якої зміцнює судини серця та мозку, підвищує захисні сили організму, служить засобом профілактики пухлин, є потужним антиоксидантом та детоксикантом. Вміст сухих речовин у зелені петрушки складає 15 %, значну частину яких становлять вуглеводи (6...8 %), білки (3,5...4 %), клітковина (1,8...3,0 %), пектинові речовини (1,6...2,4 %). Серед БАР в зелені петрушки містяться тіамін, рибофлавін, ретинол, нікотинова кислота, флавоноїди, фітонциди. Зелень відрізняється також високим вмістом низькомолекулярних фенольних сполук (280...320 мг в 100 г), рутину (до 65...70



мг в 100 г) та поліфенолів - дубильних речовин (174...250 мг в 100 г). За вмістом мінеральних речовин вона є джерелом лужних мінеральних компонентів. Так, за вмістом калію (840...1080 мг в 100 г) вона перевершує всі овочі та прянощі. Зелень і коренеплоди петрушки також багаті натрієм (79...330 мг в 100 г), кальцієм (245...325 мг в 100 г), фосфором (95 мг в 100 г), залізом (2,0...4,5 мг в 100 г), а також магнієм і міддю. Приємний пряний смак та аромат петрушки обумовлені наявністю ефірних олій, до складу яких входять фенольні ефіри, пінен, міристин та ін. Масова частка ефірних олій в 100 г свіжого листа становить 16...300 мг. Ефірні олії покращують смакове сприйняття продуктів, сприяють травленню та засвоєнню їжі.

Зелень петрушки використовують як приправу в салати, соуси, перші та другі страви, використовують як спеції при засолюванні огірків і томатів, а також при виготовленні маринадів і різних видів консервів. Дрібно нарізану зелень додають у перші та другі страви безпосередньо перед їх вживанням. Висушену зелень петрушки в харчоконцентратній промисловості використовують як добавку при виготовленні сухих вітамінних приправ, сухих сумішей для інших страв, дитячих поживних сумішей та інших видів харчових концентратів.

Кріп пахучий (Anéthum) є однорічною трав'янистою рослиною сімейства селери, має сильний пряний запах, урожайність його зелені становить 11...25 кг на 10 м². Кріп є джерелом ефірних олій, хлорофілу, низькомолекулярних фенольних сполук, а також дубильних речовин. Масова частка ефірних олій у плодах кропу (2,5...4 %) удесятеро більше, ніж у листі (0,25...0,35 %). Отримана з плодів кропу ефірна олія є рідиною світло-жовтого кольору з ніжним пряним запахом, що нагадує запах кмину. Основним компонентом такої олії є D-карвон (30...50%). Крім того, до її складу входять ефірні олії D-лімонен, α -фелландрен, α -пінен, дипентен, дигідрокарвон. Олія, отримана з трав'янистих частин кропу, є рідиною злегка зеленого кольору із запахом кропу. Головною складовою ефірної олії із зелені кропу є D- α -фелландрен, вміст карвону досягає лише 15..16% від загального обсягу ефірних олій. Крім того, в маслі є лимонен, дилапіол, містицин, α -пінен, камфен, н-октиловий спирт.



Зелене листя кропу містить значну кількість хлорофілів (500...1160 мг в 100 г), дві форми якого α і β знаходяться приблизно в рівних кількостях. Зелень кропу відрізняється високим вмістом вітаміну С (82...230 мг в 100 г), а також β -каротину (2,8...15,7 мг в 100 г), містить в своєму складі нікотинову кислоту, тіамін, рибофлавін, а також флавоноїди в кількості від 0,5 до 0,8 %, зокрема, кверцитин, ізорамнетин і кемпферол. Вміст сухих речовин у кропі становить 13,5 %, третину яких становлять вуглеводи (4,5 %), четверту частину – клітковина (3,5...4,2 %), п'яту частину – білки (2,5...3,2 %), і також золу (2,3...2,5 %). З мінеральних речовин кріп виділяється високим вмістом калію (0,335...0,5%), кальцію (0,223%), фосфору (93%), магнію, натрію, заліза.

Високий вміст та види БАР, що містяться, визначають унікальні лікувальні властивості зелені кропу. Його споживання зміцнює судини серця та мозку, підвищує захисні сили організму, служить засобом профілактики пухлин.

Традиційно зелень кропу широко використовують в індивідуальному та масовому харчуванні як пряну приправу у свіжому та сушеному вигляді. Свіжу зелень додають у перші та другі страви, в салати та соуси. Зелень та плоди кропу застосовують при виготовленні овочевих закусочних, м'ясо – рослинних та рибних консервів, при квашенні капусти та маринуванні овочів, при випічці хліба, використовують у харчоконцентратній, лікєро-горілчаній промисловості.



VEGETABLE CHLOROPHYLLS: FEATURES OF THE STRUCTURE OF MOLECULES, SIMILARITY TO BLOOD HEMOGLOBIN, THERAPEUTIC AND PREVENTIVE ACTION

Проведено аналіз особливостей будови і локалізації молекул хлорофілу в клітинах рослин, порівняння структури хлорофілу зі структурою червоного пігменту (гему) гемоглобіну крові. Проведено огляд літератури щодо функцій хлорофілів, розглянуто лікувально-профілактичні властивості хлорофілів на організм людини, які судячи з усього, обумовлені спорідненістю молекул хлорофілу і гему крові, наведено основні джерела хлорофілу в харчуванні населення. Хлорофіли представляють собою барвні речовини, що містяться в хлоропластах рослин і надають їм зеленого кольору. Хлорофіли є зеленими пігментами, за допомогою яких рослини уловлюють енергію сонячного світла. Зелений колір хлорофілу обумовлений кольором непоглинутих зелених променів. Завдяки наявності хлорофілу в листях рослин в них відбувається процес фотосинтезу. Здійснюється перетворення сонячної енергії в органічні речовини. При цьому рослини поглинають вуглекислий газ і виділяють кисень. Тобто, в природі рослини «працюють» як трансформатори світлової енергії і хлорофіл виступає як накопичувач на планеті сонячної енергії. При цьому рослинами щорічно створюються мільярди тонн органічної речовини і відбувається найбільший хімічний процес в природі [11].

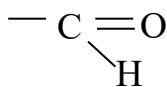
Кількість хлорофілу на одиницю площі рослини на суші або в водоймах неоднакова. Найменше його в глибинах океану, пустелях, високо в горах, найбільше - в масовій культурі одноклітинної водорості хлорели. Вміст хлорофілу в рослинах складає від 0,16 % в листях соняшника до 3 % в хлорелі.

Зелений пігмент хлорофіл не є хімічно індивідуальною речовиною. У більшості вищих рослин і зелених водоростей він складається з двох сполук: синьо-зеленого хлорофілу *a* ($C_{55}H_{72}O_5N_4Mg$) і жовто-зеленого хлорофілу *b* ($C_{55}H_{70}O_6N_4Mg$), що відрізняються різним ступенем окиснення, забарвленням та іншими властивостями. В зелених частинах рослин міститься суміш цих пігментів, більшість з яких представлена хлорофілом *a* (75%) та 25%



приходиться на хлорофіл *b*. Будова хлорофілів *a* і *b* схожа.

Хлорофіл *b* відрізняється від хлорофілу *a* тим, що бічним замісником у вуглецевого атома C_3 в II пірольному кільці замість метильної групи – CH_3 знаходиться альдегідна група:



У вищих рослинах і водоростях хлорофіл знаходиться в хлоропластах - особливих клітинних структурах, що мають діаметр від 3,0 до 10,0 мкм, та забарвлені, завдяки наявності в їх складі хлорофілу, в зелений колір. У цитоплазмі клітини хлоропласти розсіяні, їх число коливається від 1 до 100.

Цілюща сила зелених рослин відома з давніх часів. Відомо, що всі ссавці під час хвороби дотримуються зеленої дієти. Це пояснюється вмістом в рослинах великої кількості хлорофілу. Вчені виявили дивовижну схожість в будові молекули хлорофілу і гему - червоного пігменту гемоглобіну (рис. 1), що є основним дихальним елементом крові людини.

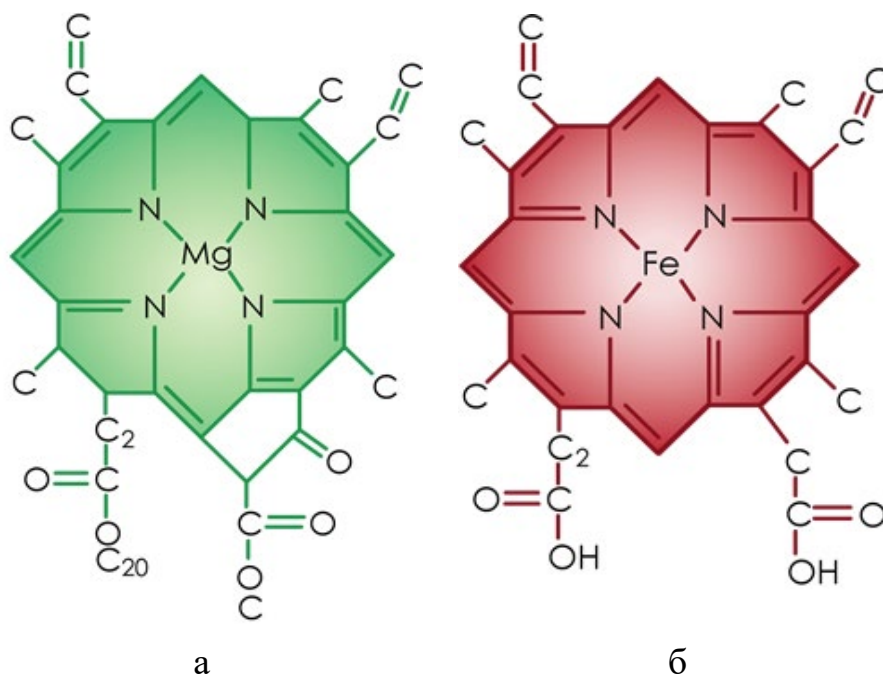


Рисунок 1 - Будова молекул хлорофілу (а) та гему крові (б)

Єдина відмінність полягає в тому, що в центрі молекули хлорофілу знаходиться атом магнію, а в центрі молекули гему - атом заліза.

Встановлено, що вплив хлорофілу на життєві процеси можна порівняти з впливом гемоглобіну крові, подібно якому він стимулює роботу кровотворних



органів, хоча спектр його впливу на організм значно ширше [10].

Хлорофіл не тільки допомагає при анеміях, він активізує функцію щитовидної залози, покращує роботу підшлункової залози, регулює кров'яний тиск, оздоровлює кишківник, усуває нервозність, усуває алергію, наслідком якої є астматичний бронхіт або бронхіальна астма. Хлорофіл прискорює процеси регенерації тканин, сприяє загоєнню виразки шлунка і виразки 12-палої кишки. Хлорофіл зміцнює клітинні мембрани, сприяє формуванню сполучних тканин, що допомагає в загоєнні зовнішніх ерозій, виразок, відкритих ран. Хлорофіл підсилює імунітет, прискорює фагоцитоз. Хлорофіл є носієм вітаміну К, що робить його дієвим засобом для профілактики сечокам'яної хвороби, так як він стримує утворення кристалів оксалату кальцію в сечі. Крім того, вітамін К покращує засвоєння кальцію. Хлорофіл виводить з організму токсини, а також діє як легкий сечогінний засіб.

Хлорофіл здатний запобігати патологічним змінам молекул ДНК. Деякі дослідники вважають, що хлорофіл блокує перший етап перетворення здорових клітин в ракові. Хлорофіл діє як антимуtagen, що попереджує утворення ракових пухлин. Відомо, що для початку розвитку злоякісної пухлини необхідна трансформація деяких хімічних речовин, так званих «проканцерогенів» в активні канцерогени, здатні руйнувати ДНК або інші специфічні молекули в чутливих до їх впливу тканинах. Клінічними дослідженнями було встановлено, що молекули хлорофілу здатні зменшити активність ферментів, які викликають цю трансформацію. Іншим можливим поясненням протипухлинного механізму дії хлорофілу та деяких його похідних з'єднань виявляється той факт, що він діє як молекула-інтерцептор, яка перешкоджає всмоктуванню афлатоксину та інших шкідливих компонентів раціону, що здатні призвести до онкологічного захворювання. Встановлено, що хлорофіл має також антибактеріальні властивості, оскільки беручи участь у фотосинтезі, приймає участь у виробництві кисню, що є сильним антибактеріальним агентом. Вчені з Японії довели ефективність хлорофілу при інфекційних захворюваннях. На думку дієтологів, саме хлорофіл в харчуванні населення є головним



антиканцерогенним, антимуtagenним, антибактеріальним фактором. Захисними властивостями володіють всі багаті хлорофіллом рослини: шпинат, хлорела, спіруліна, брюссельська капуста, броколі, паростки пшениці, зелень петрушки, кропу та ін.

Встановлена дезодоруюча дія хлорофілу на організм людини, яка проявляється в усуненні неприємного запаху з рота та шкіряних покривів хворих пацієнтів. Клінічними дослідженнями доведено, що для отримання позитивного результату достатньо щоденно вживати 100 мг хлорофілу [8].

За словами американського вченого К. Birsher, хлорофіл є концентрованою сонячною енергією, що має стимулюючий вплив на різні органи і системи: серцево-судинну, дихальну, шлунково-кишковий тракт, нирки та ін. Хлорофіл є носієм вітамінів, підвищує рівень гемоглобіну та підтримує імунну систему організму, володіє антибактеріальними, протизапальними і ранозагоювальними властивостями, надає оздоровчої дії ниркам і шлунково - кишковому тракту, підтримуючи здорову мікрофлору кишківника, уповільнює процеси старіння.

Але зазначені цілющі властивості хлорофілу свіжої хлорофілвмісної рослинної сировини втрачаються при тепловій обробці, що було встановлено для 60 видів рослин, включаючи зелені овочі, при їх нагріванні та кип'ятінні. Тому актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка технологій продуктів та добавок з ХВО, що дають змогу попередити руйнування хлорофілу та зберегти його корисні властивості.



FREEZING OF FOOD PRODUCTS AS A PROMISING DIRECTION FOR OBTAINING HIGH-QUALITY HEALTH PRODUCTS

Сьогодні одним із перспективних напрямків отримання оздоровчих харчових продуктів із плодів та овочів, в тому числі і ХВО, є використання заморожування. В розділі розглянуті перспективні способи холодильної обробки рослинної сировини, які використовуються при виробництві заморожених продуктів: заморожування та низькотемпературне подрібнення. За літературними даними, заморожування засновано на застосуванні температур нижче криоскопічної, при якій відбувається уповільнення в замороженому продукті багатьох біохімічних, ферментативних та мікробіологічних процесів. Це забезпечує ефективне зниження кількісних та якісних втрат і дає можливість зберегти якість заморожених продуктів протягом тривалого часу, запобігти їх псуванню в результаті дії окиснювальних ферментів сировини та мікроорганізмів.

Виділяють два основних способи заморожування харчових продуктів: повільний та швидкий. При повільному способі заморожування продукт завантажують в морозильну камеру температурою від -18 до -40°C , де заморожування відбувається повільно за рахунок природної конвекції. Примусова циркуляція повітря в морозильній камері відсутня. Тому тривалість процесу заморожування складає від трьох годин до трьох діб в залежності від маси, товщини продукту, його хімічного складу, а також від геометрії камери та режимів заморожування. При швидкому способі заморожування відбувається за рахунок примусової циркуляції повітря в морозильній камері. При швидкому способі кристалізація води в продукті відбувається значно швидше. Заморожування обома способами проводять до кінцевої температури -18°C в середині продукту.

В міжнародній практиці швидкість заморожування зазвичай оцінюють за швидкістю просування зони затвердіння в продукті. Відповідно до міжнародних стандартів ФАО/ВОЗ розрізняють три види заморожування в залежності від швидкості: повільне (зі швидкістю $0,1 \dots 0,2$ см/год); помірне (зі швидкістю



1,0...5,0 см/год); душе швидке (зі швидкістю 5,0...20,0 см/год) [5].

Слід зазначити, що при швидкому заморожуванні найбільш суттєве значення для отримання заморожених продуктів високої якості є тривалість проходження при заморожуванні продукту ділянки так званого кристалоутворення (від $-1,0...-5,0^{\circ}\text{C}$), тобто, проміжку часу, протягом якого відбувається перехід основної частини вологи продукту із рідкого стану в заморожений з утворенням кристалів. Встановлено, що чим більш низькі температури використовуються при заморожуванні, тим краща якість заморожених продуктів.

В даний час у світовій практиці існують дві технології швидкого заморожування продуктів: «шокове» (потокм холодного повітря) і кріогенне (зрідженим газом). Перша із них отримала широке поширення в харчовій та переробній промисловості. «Шокове» заморожування засноване на швидкому охолодженні продукту за рахунок збільшення швидкості відбору тепла, що досягається за рахунок комплексного впливу двох факторів:

- 1) зниження температури середовища в морозильній камері, що працює на синтетичних холодоагентах, до «шокової» температури ($-30...-40^{\circ}\text{C}$);
- 2) збільшення інтенсивності в середині морозильної камери руху холодоносія, в ролі якого виступає холодне повітря.

Закінчення процесу заморожування відбувається при досягненні температури в середині продукту $-12...-18^{\circ}\text{C}$. Недоліком зазначеного способу «шокового» заморожування є значні втрати клітинного соку (до 15...20%) та вітамінів при розморожуванні (до 50% від вихідної сировини) після зберігання протягом 6 місяців.

Друга (кріогенна) технологія заморожування зрідженим газом за ефективністю набагато перевищує «шокове» заморожування та забезпечує надшвидке заморожування продукту за рахунок безпосереднього впливу холодоагенту (кріогенної рідини) на продукт, що заморожується. При цьому як холодоагент використовують екологічно безпечні зріджені гази: азот або вуглекислий газ [13].



В даний час при заморожуванні харчових продуктів використовують наступні основні способи отримання холоду: машинний, акумуляторний, за допомогою сухого льоду, з використанням зрідженого газу, комбінований.

Найбільше розповсюдження знайшов машинний спосіб охолодження, який має ряд безумовних переваг: точність регулювання температурного режиму, автономність, можливість отримання достатньо широкого діапазону температур. Але ціла низка недоліків є причиною низької ефективності машинних систем охолодження, що призводить до значних втрат якості продуктів. До основних недоліків машинного способу охолодження та заморожування відносять: низьку здібність утворення холоду, яка не дозволяє охолодити продукт до потрібного рівня низьких температур за короткий час; складність конструкції обладнання, яке займає великі площі, результатом чого є невисока надійність, необхідність кваліфікованого обслуговування та ремонту в стаціонарних умовах; велика металоємність та енергоємність агрегату, шум в роботі, наявність шкідливих викидів в атмосферу. Ліквідувати більшість цих недоліків можливо за допомогою застосування криогенних методів охолодження та заморожування, зокрема, застосування систем, в яких використовується рідкий азот. Перспективність азотних систем охолодження і заморожування визначається наступними позитивними властивостями: забезпечення широкого діапазону температур і головне високих швидкостей охолодження; простота у виготовленні, можливості повної автоматизації, надійність в експлуатації; відсутність забруднення навколишнього середовища; створення в робочому об'ємі інертного середовища, яке сприяє зберіганню якості продукції.

Холодоагент рідкий та газоподібний азот є перш за все інертним середовищем. Відомо, що в середовищі газоподібного азоту при відсутності кисню гальмуються процеси окислення в харчових продуктах і розвиток мікроорганізмів, що призводить до збільшення строків зберігання продуктів і сприяє зберіганню їх якості. Цілий ряд фізико-хімічних властивостей рідкого азоту, таких, як невичерпні запаси, мінімальний рівень затрат на окислення, низька температура кипіння, інертність, безпека при роботі призвели до того, що



з'явилося багато азотних технологій в різних галузях промисловості, в тому числі, в харчовій промисловості при переробці, заморожуванні, охолодженні, транспортуванні, зберіганні фруктів, ягід, овочів, м'яса, риби та інших продуктів.

На сьогоднішній день рідкий азот знаходить все більше застосування в міжнародній практиці. Його використовують при зберіганні харчових продуктів в регульованому газовому середовищі, при охолодженні, заморожуванні, транспортуванні харчових продуктів (консервуванні холодом), а також при переробці сільськогосподарської продукції як холодоагент та інертне середовище. Недоліком застосування рідкого азоту тривалий час вважалась порівняно висока ціна. На сьогоднішній день ситуація змінилась. Справа в тому, що при виробництві штучних матеріалів для металургійної промисловості, при виконанні зварювальних робіт під час будівництва, а також як компонент ракетного палива широко використовується рідкий кисень. Його отримують шляхом зрідження кисню повітря, головну частину якого складає азот. Тому отриманий при зрідженні повітря рідкий азот є побічним продуктом отримання рідкого кисню і має порівняно невисоку собівартість. В зв'язку з цим сьогодні в більшості країн співвідношення затрат на капітальні вкладення у виробництво і ціни на холодоагент змінено на користь рідкого азоту. Пошук нових, ефективних холодоагентів і розробка технологій заморожених продуктів із плодів, овочів, які повністю зберігають вітаміни, хлорофіли, каротини та інші БАР вихідної свіжої сировини є однією із важливих задач консервної та переробної промисловості.

Незважаючи на явні переваги кріогенного заморожування над «шоковим», серед яких: в 3...4 рази більша швидкість заморожування, в 5...10 раз менші втрати вологи після отеплення, а також використання при заморожуванні екологічно безпечних природних (а не синтетичних) холодоагентів, в Україні на сьогоднішній день кріогенне заморожування у харчовій галузі широкого практичного застосування поки не знайшло.

На даний час у світовій практиці вдосконалення морозильної техніки і технології виробництва швидкозаморожених продуктів спрямовано на перехід



від традиційного камерного (холодильного) на апаратурне заморожування. Для цього використовують швидкоморозильну техніку, а також поступово відмовляються від застосування синтетичних холодоагентів (фреонів, галонів). При цьому передбачається заміна їх на природні екологічно безпечні холодоагенти (азот, вуглекислий газ) та перехід від технології «шокового» до технології кріогенного «шокового» заморожування.

Широке застосування в Україні технології кріогенного заморожування харчових продуктів поки що гальмується через труднощі, що пов'язані з необхідністю використання спеціалізованого обладнання (швидкоморозильних кріогенних апаратів, кріоморозильних камер, азотозаправочних станцій). Крім того спостерігається недостатня інформація щодо технологій отримання рідкого азоту та його використання при заморожуванні плодів, ягід, овочів, пастоподібних добавок з них, а також функціональних продуктів для оздоровчого харчування з їх застосуванням. В Україні використання кріотехнологій при заморожуванні, зберіганні та переробці рослинної сировини знаходиться на стадії експериментальних розробок. За даними провідних міжнародних фахівців з холодильної технології, з існуючих холодоагентів, що використовуються для заморожування, найбільш придатним для заморожування харчових продуктів є рідкий азот.

Що стосується літературних даних щодо впливу низьких температур при заморожуванні та подрібненні плодів та овочів на якість сировини, масову частку біополімерів і БАР, то таких даних мало та вони носять суперечливий характер. Переважна частина наявних в науковій літературі даних присвячена вивченню впливу на якість рослинної сировини дії високих температур (пастеризації, стерилізації, теплового сушіння та ін.). Проте переваги кріогенного заморожування та подрібнення, як було зазначено, безумовні. В зв'язку з цим актуальною є розробка наукових основ технологій заморожених хлорофілвмісних дрібнодисперсних рослинних добавок, заснованих на застосуванні методів глибокої переробки з використанням як холодоагенту газоподібного або рідкого азоту, що супроводжуються процесами механохімії та



кріодеструкції та використання отриманих нанодобавок при розробці технологій продуктів оздоровчого харчування.

Робота виконана в рамках наукової школи проф. Павлюк Р.Ю., яка визнана науковою спільнотою засновником нового напрямку в харчовій промисловості СРСР та України – кріогенних технологій та обладнання (кріоподрібнювального та сушильного). В межах наукової школи знайдено альтернативні кріогенному методи подрібнення і отримано нове покоління заморожених гомогенних паст, дрібнодисперсних порошків з рекордним вмістом БАР. На основі нового покоління дрібнодисперсних добавок розроблено технології натуральних функціональних оздоровчих продуктів, які впроваджені у виробництво на підприємствах України, Латвії.

Відомо, що традиційні методи переробки рослинної сировини призводять до значних втрат вітамінів та інших БАР вихідної сировини (від 20 до 80 %). Тому актуальною є розробка високих технологій, в тому числі, нанотехнологій, які можуть зробити процес обробки харчової сировини більш ефективним. Крім того дозволять максимально зберегти та вилучити цільові компоненти вихідної (свіжої) рослинної сировини (біологічно активні та поживні речовини). Також технології повинні бути ресурсозберігаючими, безвідходними та менш енергоємними. Головною задачею при розробці високих технологій переробки рослинної сировини є не тільки збереження всіх БАР, а також їх трансформація в більш біодоступну легкозасвоювану форму. Головною метою в роботі було отримання принципово нових продуктів харчування з характеристиками, які неможливо досягти з застосуванням традиційних способів. Найбільш прогресивними методами переробки плодоовочевої сировини, що використовуються в даний час в міжнародній практиці, є кріогенне заморожування та кріогенне подрібнення. Вони поки що не знайшли в Україні на сьогоднішній день широкого застосування. Крім того, в Україні спостерігається дефіцит як заморожених добавок, в тому числі, з традиційної рослинної сировини (включаючи хлорофілвмісну сировину), так і функціональних оздоровчих продуктів з них. В науковій літературі



систематизованих даних щодо вивчення впливу процесів кріозаморожування, кріомеханодеструкції та механохімії при розробці нанотехнологій переробки рослинної сировини в дрібнодисперсні заморожені добавки, за виключенням результатів робіт, що отримані в межах наукової школи проф. Павлюк Р.Ю. та її учня і послідовника проф. Погарської В.В., практично немає. Наявні в літературі дані носять розрізнений суперечливий характер [4-5].

Серед продуктів із хлорофілвмісної рослинної сировини особливе місце займають заморожені добавки та заморожені овочі, що є напівфабрикатами високого ступеню готовності. Їх можна використовувати як барвники – збагачувачі натуральними зеленими пігментами хлорофілами та іншими БАР в різні продукти харчування (сирні вироби, начинки для кондитерських виробів, креми, желе, десерти, соки, кетчупи, соуси, продукти дитячого харчування та ін.). В Україні спостерігається дефіцит заморожених добавок із ХВО, а також заморожених продуктів вітчизняного виробництва із них. Відсутні кріотехнології отримання заморожених добавок та продуктів із хлорофілвмісних овочів. Тому актуальною є розробка кріотехнологій добавок та заморожених продуктів із ХВО, що відрізняються високим ступенем збереження хлорофілів та високими барвними властивостями.

Проведений огляд даних періодичної літератури показав, що на сьогоднішній день систематизованих даних про вплив кріогенного заморожування, дрібнодисперсного подрібнення на збереження хлорофілу при переробці ХВО, за винятком робіт наукової школи проф. Павлюк Р.Ю., практично немає. В основних літературних джерелах переважно розглядаються процеси кристалоутворення, тепломасопереносу при заморожуванні та зберіганні продуктів в замороженому стані. Крім того, дослідження присвячені пошуку кріопротекторів, які необхідно вводити в продукт при заморожуванні з метою зниження втрат клітинного соку при розморожуванні [13].

Літературні дані щодо впливу заморожування на хлорофіли плодів та овочів обмежуються, в основному, констатацією втрат хлорофілів, як при окремих режимах заморожування, так і при зберіганні заморожених продуктів із ХВО при



низьких температурах. Дані щодо виявлення режимів заморожування, які дозволяють зберегти і більш повно вилучити хлорофіли із рослинної сировини і трансформувати їх частину в розчинну форму, в науковій літературі відсутні.

У зв'язку з цим у задачу роботи входило теоретичне та експериментальне виявлення закономірностей і механізму впливу кріогенного заморожування (з повільною та високою швидкістю кріогенного заморожування із застосуванням кріогенної рідини) до кінцевої температури в продукті $-32...-40^{\circ}\text{C}$, а також дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвмісних овочів при їх переробці в добавки та заморожені продукти на збереження хлорофілу та інших БАР.

Встановлено, що чим більша швидкість заморожування, тим краще зберігається якість харчових продуктів і менші втрати клітинного соку при розморожуванні. При охолодженні харчових продуктів як інертне середовище використовують газоподібний азот, наявність якого сприяє подовженню терміну зберігання охолоджених продуктів. Крім того, є дані впливу режимів заморожування на клітинну структуру рослинної сировини, втрати клітинного соку, вмісту БАР та зміну кольору при розморожуванні. Вивчено вплив низьких та наднизьких температур заморожування на якість харчових продуктів при подальшому розморожуванні.

Установлено, що чим нижча температура використовується при заморожуванні продукту, тим краще зберігається якість. Але паралельно це призводить до збільшення собівартості продукту. В періодичній літературі надаються орієнтири, прогнози розвитку технологій харчової промисловості ХХІ століття. Заморожування визнано одним із найбільш прогресивних способів переробки та зберігання рослинної та тваринної харчової сировини. Встановлено, що максимальні втрати масової частки аскорбінової кислоти та зміни кольору відбувалися в зразках овочів, що зберігались за температури -10°C . Показано, що швидкість втрат аскорбінової кислоти в зразках, що зберігались за температури -10°C в три рази більша, ніж в зразках, що зберігались за температури -18°C .

Показано, що чим більша швидкість та чим менша тривалість



заморожування овочів, тим менші порушення клітинної структури та втрати клітинного соку при розморожуванні. Інформації, яка стосується впливу кріогенної обробки, як при кріогенному «шоковому» заморожуванні так при подрібненні заморожених, в тому числі, хлорофілвмісних овочів, в науковій літературі мало та вона носить суперечливий несистематизований характер. Виключення складають результати фундаментальних та прикладних досліджень впливу кріогенного заморожування та дрібнодисперсного подрібнення плодів та овочів отримані в ДБТУ в межах наукової школи проф. Павлюк Р.Ю. Отримані протягом понад 30 років результати науково-дослідних робіт були впроваджені на підприємствах України, Латвії. Зокрема, розроблено кріогенні нанотехнології заморожених фруктів та овочів, які дозволили не тільки зберегти вітаміни та інші БАР, а також відкрити їх приховані зв'язані з біополімерами форми, масова частка яких в 2...2,5 рази більше, ніж фіксується у свіжій сировині. Розкрито механізми процесів, що відбуваються при кріозаморожуванні плодів та овочів.

Виявлені також приховані форми білків, пектинових речовин в заморожених (або термооброблених) та дрібнодисперсно подрібнених грибах, фруктах та овочах. Масова частка зазначених речовин в 1,5...5,0 раз більша, ніж у вихідній сировині. Що стосується заморожування та дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвмісних овочів, то відповідної інформації у літературі не виявлено. Як інновацію запропоновано використовувати кріообробку хлорофілвмісних овочів (листя шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти), що включає застосування кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення сировини.

Таким чином, проведений аналіз даних літератури, що стосується проблеми збереження якості продуктів при заморожуванні, морозильному зберіганні та розморожуванні показав, що в науковій літературі відсутні дані впливу кріогенного «шокового» заморожування різних видів рослинної сировини, включаючи хлорофілвмісні овочі, на якість сировини за вмістом БАР та дані щодо технологічних прийомів, які дають змогу зменшити втрати клітинного соку при розморожуванні. Головним при розробці заморожених хлорофілвмісних



овочів та дрібнодисперсних добавок було виключити теплову обробку сировини, максимально зберегти хлорофіли а і b, каротиноїди, аскорбінову кислоту та інші БАР не тільки при заморожуванні, а також при зберіганні та розморожуванні продукту.



PLAN FOR CONDUCTING EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR FROZEN SUPPLEMENTS AND PRODUCTS FROM CVO

В завдання роботи входила розробка інноваційних технологій заморожених добавок і продуктів із хлорофілвмісних овочів із застосуванням методів глибокої переробки (кріогенного заморожування, дрібнодисперсного подрібнення). Технології дозволяють отримати дрібнодисперсні добавки і заморожені ХВО, що відрізняються рекордним вмістом хлорофілу та інших біологічно активних і структуроутворюючих речовин, та які призначені для використання при виготовленні «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування (плодоовочевого морозива-сорбетів, сиркових десертів, нанопоїв, начинок для кондитерських виробів, сухих сніданків та ін.) без застосування синтетичних домішок. Крім того, робота включає пошук альтернативного кріогенній обробці способу глибокої переробки ХВО із застосуванням сучасного паротермічного та подрібнювального обладнання, що дозволяє отримати дрібнодисперсні продукти із ХВО, якість яких за вмістом БАР та структуроутворюючих речовин наближається до якості продукції виготовленої з використанням кріообробки.

Під час виконання роботи складено план проведення експериментальних досліджень, що включав виконання наступних завдань:

- вивчення комплексу біологічно активних та структуроутворюючих речовин хлорофілвмісних овочів як сировини для отримання заморожених ХВО та дрібнодисперсних добавок, що відрізняються значним вмістом хлорофілу та інших БАР та структуроутворюючих речовин, та обґрунтування доцільності їх використання як натуральних збагачувачів БАР, барвних, структуроутворюючих речовин при розробці «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів без застосування традиційних харчових домішок;

- проведення модельних досліджень щодо вивчення впливу швидкості кріогенного «шокового» заморожування та кінцевої температури заморожування продукту на активність окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) хлорофілвмісних овочів у порівнянні з традиційним



заморожуванням з метою визначення режимів інактивації ферментів;

- вивчення впливу кріообробки (з використанням рідкого та газоподібного азоту) при заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні хлорофілвмісних овочів на збереження та екстракцію хлорофілів а і b, β -каротину та інших БАР при отриманні заморожених овочів та дрібнодисперсних добавок із ХВО (із застосуванням попереднє встановлених режимів, при яких відбувається інактивація окиснювальних ферментів);

- вивчення впливу кріообробки (з використанням рідкого та газоподібного азоту) при заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні ХВО на структуроутворюючі речовини - біополімери пектину, целюлози та їх трансформацію в легкозасвоювану розчинну форму (при попереднє встановлених режимах заморожування);

- розробка кріогенної технології заморожених ХВО та дрібнодисперсних добавок із використанням як інновації кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення, розробка проекту нормативної документації, проведення апробації в промислових умовах, розрахунок ТЕО;

- вивчення вмісту біологічно активних та структуроутворюючих речовин кріозаморожених хлорофілвмісних овочів та дрібнодисперсних добавок із них в порівнянні з аналогами та в процесі зберігання; наукове обґрунтування доцільності застосування добавки зі шпинату як носія БАР, барвника, структуроутворювача, гелеутворювача при виробництві «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування;

- розробка альтернативного кріогенній обробці методу глибокої переробки хлорофілвмісних овочів в дрібнодисперсне пюре із застосуванням сучасного обладнання (для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення), що дає змогу отримати продукти, якість яких за вмістом хлорофілу та інших БАР і структуроутворюючих речовин наближається до якості кріопродуктів;

- розробка кріотехнології та рецептури «зеленої лінійки» нових видів плодовоовочевого морозива – наносорбетів для оздоровчого харчування із суміші



ХВО шпинату, яблук, цитрусових, імбиру з рекордним вмістом БАР, в нанорозмірній формі, без харчових домішок, проведення апробації;

- розробка рецептур, технологічних схем виробництва та технології «зеленої лінійки» продуктів для оздоровчого харчування (нанонапоїв, сиркових десертів, плодоовочевих начинок для кондитерських виробів та ін.) без харчових домішок з використанням як інновації кріодобавок із ХВО шпинату та яблук, цитрусових, імбиру, що знаходяться в нанорозмірній формі та є носіями натуральних БАР, виступають структуроутворювачами, барвниками, ароматизаторами, а також із застосуванням фітоекстрактів із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру) як натуральних ароматизаторів та консервантів, розробка проекту нормативної документації, проведення апробації в промислових умовах.

Як предмети досліджень були використані (рис. 2):

- свіжі хлорофілвмісні овочі (капуста броколі, брюссельська капуста, шпинат) – сировина для отримання кріозаморожених ХВО та дрібнодисперсних добавок із них;

- кріозаморожені хлорофілвмісні овочі та кріозаморожені дрібнодисперсні добавки із них;

- дрібнодисперсні заморожені кріодобавки із плодоовочевої сировини (яблук, імбиру, лимонів з цедрою) – рецептурні компоненти та натуральні збагачувачі БАР і структуроутворюючих речовин при розробці «зеленої лінійки» оздоровчих продуктів;

- дрібнодисперсні пюре із хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату) отримані із застосуванням комплексної дії паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення як альтернативного кріогенній обробці методу глибокої переробки сировини;

- водно-спиртові фітоекстракти із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру) – натуральні ароматизатори та консерванти при розробці «зеленої лінійки» нових видів оздоровчих продуктів (нанонапоїв);

*a**б**в**д*

Рисунок 2 - Предмети досліджень: *a, б* - капуста броколі свіжа (*a*) та заморожена (*б*), *в, д* – капуста брюссельська свіжа (*в*) та заморожена (*д*)

- «зелена лінійка» нанопаїв для оздоровчого харчування «Green Drink», «Green Tonique» із застосуванням замороженої дрібнодисперсної добавки із хлорофілвмісних овочів у формі кріопюре із шпинату (рис. 3), як натурального барвника та збагачувача хлорофілом, кріопюре із яблук, лимону з цедрою, імбиру - як стабілізаторів структури та збагачувачів БАР, а також суміші фітоекстрактів із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру) як натуральних ароматизаторів та консервантів;

- «зелена лінійка» плодоовочевого морозива – сорбетів «Green pleasure», «Green power», «Green pro» для оздоровчого харчування з використанням кріопюре із суміші плодоовочевої сировини (яблук, шпинату, лимону з цедрою, імбиру) як чотири в одному: натуральний збагачувач БАР, барвник, ароматизатор, структуроутворювач;

*а**б**в**д**е**ж*

Рисунок 3 - Предмети досліджень: *а, б, в* – шпинат свіжий (*а*), заморожена дрібнодисперсна добавка (*б*) та дрібнодисперсне пюре із нього (*в*); *д, е, ж* – «зелена лінійка» нових видів продуктів для оздоровчого харчування отриманих з використанням замороженої дрібнодисперсної добавки зі шпинату: *д* – нанопапій, *е* – плодоовочево морозиво-сорбет, *ж* – сирковий десерт

- «зелена лінійка» оздоровчих начинок із плодоовочевої сировини для кондитерських виробів панкейків з використанням як рецептурного компоненту та натурального барвника кріопюре зі шпинату.

Експериментальні дослідження були проведені із застосуванням обладнання, що є в наявності в навчально – науковому центрі «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок і оздоровчих продуктів» кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк Державного біотехнологічного університету, на базі якої виконувалась робота, із залученням експериментальної бази лабораторій кафедр органічної хімії, мікології та фітоімунології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, лабораторії оцінки якості кормів і продукції тваринного походження Інституту тваринництва НААН



України, а також у виробничих умовах ТОВ «ФМ ХЛАДОПРОМ», ПП «НВП Кріас Плюс», ТОВ «ХПК», ТОВ «Богодухівський молзавод», ТОВ ВКГ «ЛІСОВА КАЗКА».

Дослідження щодо впливу заморожування на БАР та ферментативну активність ХВО проводили з застосуванням кріогенного програмного заморожувача періодичної дії, який був розроблений спільно фахівцями кафедри аерокосмічної теплотехніки Національного аерокосмічного університету ім. Н.С. Жуковського «ХАІ» та фахівцями кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк ДБТУ (рис. 4).

Програмний заморожувач призначений для кріогенного швидкого заморожування харчових продуктів, в тому числі, рідких, які знаходяться в спеціальній тарі. Потужність апарату за сировиною становить 20 кг/год. Як холодоагент та інертне середовище використовували рідкий азот.



Рисунок 4 - Кріогенний програмний заморожувач періодичної дії з комп'ютерним забезпеченням

Обладнання оснащено електронно-комп'ютерним забезпеченням, що надає можливість контролювати та регулювати температуру в морозильній камері та продукті під час заморожування, а за допомогою програми Owen Process Manager



- зберігати отриману інформацію. Установка забезпечує швидкість заморожування в товщі харчових продуктів від $2^{\circ}\text{C}/\text{хв}$ до $20^{\circ}\text{C}/\text{хв}$, а також можливість заморожування до різних кінцевих температур в товщі продукту від -5°C до -60°C). Температура та швидкість заморожування регулюються шляхом зміни інтенсивності подачі рідкого та газоподібного азоту в камеру для заморожування. Температура газового середовища і інтервал її змін зазначається вручну і далі автоматично підтримуються сталим протягом всього експерименту. За необхідністю їх можливо змінити на будь-якій стадії проведення досліджень.

Схема кріогенного програмного заморожувача представлена на рисунку 5.

Принцип роботи кріогенного програмного заморожувача полягає в наступному (рис. 5). В камеру заморожування 4 з сосуда Д'юара 13 надходить азот. Він потрапляє в камеру через трубопровід подачі азоту 9 і забірний пристрій 10. Переміщення рідкого азоту з сосуда Д'юара здійснюється за рахунок його заміщення атмосферним повітрям, яке подається в посуд компресором 12 через трубопровід надуву 11. Регулювання інтенсивності подачі азоту в камеру заморожування здійснюється за допомогою клапану подачі азоту 7, який в свою чергу управляється сигналом від термопари, що реєструє температуру газового середовища в камері. Після проходження через клапан 7 азот спочатку потрапляє в форсуночній вузол 6, а далі - в охолоджуваний об'єм камери. За необхідності через дренажний клапан 8 здійснюється відведення надлишкової кількості газового середовища з камери. Для рівномірного розподілу газового середовища в камері встановлений вентилятор 3, який приводиться в рух за допомогою електродвигуна 5. Дослідні зразки продукту розташовуються на лотку 16, що пересувається за допомогою роликів 18. За необхідності продукти для заморожування можна розташувати на піддоні 15. Упором слугують спрямовувачі 14. Температури в газовому середовищі камери та продукті вимірюються за допомогою трьох мідь – константанових термопар 17, які введені в середину камери через патрубок введення термопар 2. Інші кінці термопар підключені до вимірювально – керуючого блоку 1. При виборі швидкості та кінцевої температури заморожування дослідних зразків ХВО



контролювали витрати рідкого азоту, які повинні були становити від 0,5 до 1,0 літра на 1 кг продукту.

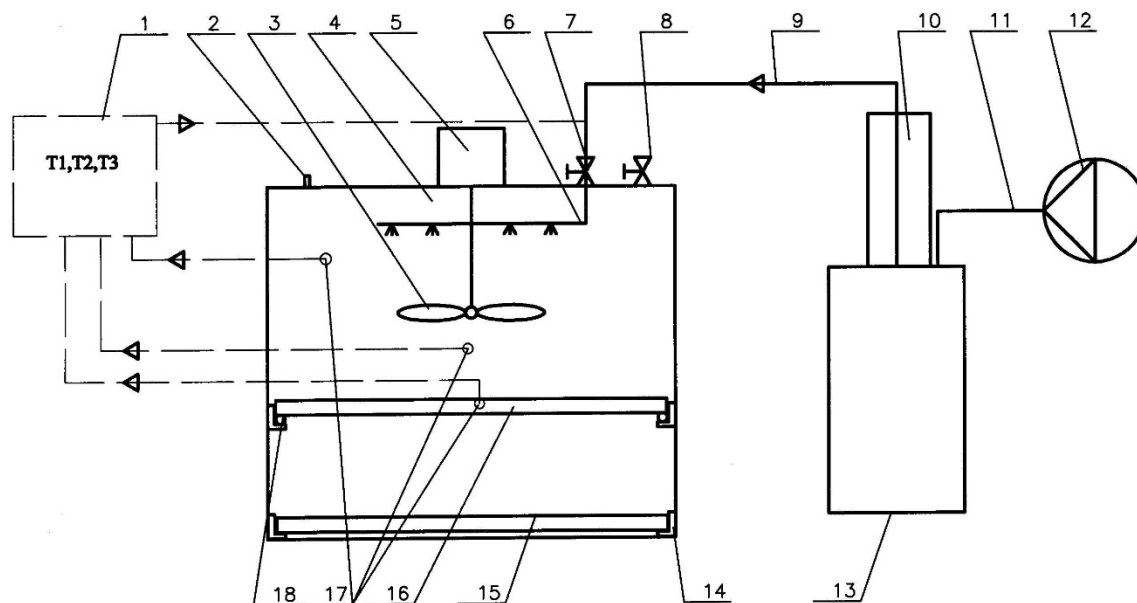


Рисунок 5 - Схема криогенного програмного заморозувача: 1 – вимірювально - управляючий блок; 2 – патрубок вводу термонар; 3 – вентилятор; 4 – камера заморозування; 5 – вузел електродвигуна; 6 – форсуночний вузел; 7 – клапан подачі азоту; 8 – дренажний клапан; 9 – трубопровод подачі азоту; 10 – заборний пристрій; 11 – трубопровод наддуву; 12 – компресор; 13 – посуд Д'юара; 14 – направляючі; 15 – піддон; 16 – лоток для розміщення продукту; 17 – термонара; 18 – ролик

Подрібнення заморожених зразків із хлорофілвмісних овочів (шпинату, капусти брокколі, брюссельської) проводили із застосуванням низькотемпературного подрібнювача (Франція), який дозволяє подрібнити заморожені до температури не вище -10°C продукти і отримати гомогенні заморожені пюре з розміром частинок 5...20 мкм.

При розробці альтернативного криогенній обробці методу глибокої переробки ХВО в дрібнодисперсні пюре (без використання рідкого та газоподібного азоту) було застосовано сучасне обладнання для паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення (рис. 6).



а

б

в

Рисунок 6 - Обладнання для отримання пюре паротермічної обробки:

а - пароконвекційна піч UNOX S.P.A. серії XVC, б - машина протиально – ріжучого типу МПР-350М, в - гомогенізатор R 301 Ultra

Вивчення впливу паротермічної обробки на збереження хлорофілу та інших БАР (хлорофілів, каротиноїдів, L-аскорбіно-вої кислоти, фенольних сполук) хлорофілвмісних овочів, активність окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) та деструкцію біополімерів проводили з використанням пароконвекційної печі UNOX SPA серії XVC (Італія), що містить 70 програм і дозволяє регулювати температуру і тривалість теплової (паротермічної) обробки.

Хлорофілвмісні овочі, що пройшли паротермічну обробку, при отриманні дрібнодисперсного пюре подрібнювали у два етапи. На першому етапі проводили грубе подрібнювання до частинок розміром 1,5...4 мм на машині протиально-різательного типу МПР-350М. На другому етапі - ДД подрібнення до частинок розміром 5...20 мкм на гомогенізаторі R 301 Ultra (Франція).

Розмір часток дрібнодисперсних добавок із хлорофілвмісних овочів в формі кріо- та паротермічно оброблених пюре вимірювали за допомогою бінокулярного мікроскопу Granum R 5003, обладнаного програмним забезпеченням, а також відеокамерою та калібрувальною шкалою в мікрометровому та нанометровому діапазоні.

При виконанні роботи застосовувались загальприйняті стандартні та



спеціальні методи досліджень. Контроль якості свіжих, заморожених, паротермічно оброблених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату), дрібнодисперсних пюре із них проводили з використанням хімічних, фізико - хімічних, спектроскопічних, біохімічних, мікробіологічних методів досліджень. Оцінку якості «зеленої лінійки» отриманих з їх застосуванням оздоровчих продуктів (плодоовочевого морозива - сорбетів, нанопаїв, сиркових десертів, начинок для кондитерських виробів панкейків та ін.) проводили за органолептичними, фізико-хімічними показниками, за хімічним складом. Під час виконання поставлених завдань експериментальні дослідження проводили з п'ятикратним повторенням. Обробку експериментальних даних проводили із застосуванням методів математичної статистики за допомогою комп'ютерних технологій.



STUDY OF THE COMPLEX OF BIOLOGICALLY ACTIVE SUBSTANCES, THE CONTENT OF STRUCTURE-FORMING SUBSTANCES AND THE ACTIVITY OF OXIDATIVE ENZYMES OF CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES

Як сировину для отримання оздоровчих продуктів під час виконання роботи використовували хлорофілвмісні овочі (капусту броколі, брюссельську капусту, шпинат), які відомі своїми цілющими властивостями. Проведений аналіз даних наукової та технічної літератури за остані 10 років щодо вмісту в хлорофілвмісних овочах БАР показав, що вони відрізняються високим вмістом хлорофілів а і b, каротиноїдів, фенольних сполук, пребіотиків (зокрема, пектинових речовин, харчових волокон, білку та ін.) – речовин, що надають продуктам оздоровчої дії. Встановлена відсутність систематизованих даних вмісту зазначених речовин, як в свіжих ХВО, так і в отриманих із них продуктах.

В завдання роботи входило вивчення якості хлорофілвмісної сировини капусти броколі, брюссельської капусти та шпинату при виробництві заморожених овочів та якість шпинату – як сировини для виробництва дрібнодисперсних заморожених добавок. При розробці кріогенної технології заморожування використовували брюссельську капусту сорту «Геркулес», капусту броколі «Калабрезе» та шпинат сорту «Вікторія». Контроль якості сировини проводили за вмістом основних БАР (хлорофілу а і b, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук, дубильних речовин), структуроутворюючих речовин (пектину, целюлози, білку), мінеральних речовин (K, Ca, Mg, P, Na). Крім того визначали фізико-хімічні показники (сухі речовини, органічні кислоти, цукри). Паралельно контролювали ферментативну активність пероксидази та поліфенолоксидази. Отримані данні стали контрольними при вивченні впливу кріогенного «шокового» заморожування, паротермічної обробки, дрібнодисперсного подрібнення на якість хлорофілвмісних овочів при їх переробці в заморожені овочі та дрібнодисперсні пюре. Отримані результати наведені у таблиці 1 та рисунку 7.



Таблиця 1 - Вміст комплексу БАР, структуроутворюючих речовин та фізико-хімічні показники свіжих хлорофілвмісних овочів

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
Мінеральні речовини (зольність), %	1,5...1,7	1,3...1,5	1,8...2,2
Калій	490,0...510,0	380,0...420,0	775,0...820,0
Кальцій	100,0...112,0	100,0...105,0	110,0...135,0
Магній	85,0...99,0	42,0...50,0	95,0...108,0
Фосфор	86,0...92,0	80,0...90,0	85,0...99,0
Натрій	35,0...48,0	8,0...10,8	65,0...75,0
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

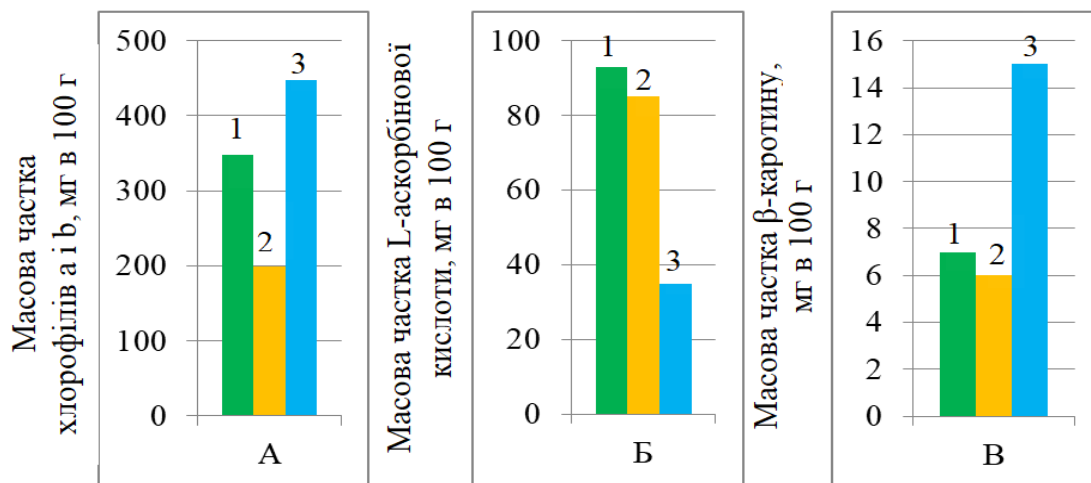


Рисунок 7 - Вміст комплексу БАР в свіжих хлорофілвмісних овочах - сировині для отримання заморожених овочів та дрібнодисперсних пюре, де 1, 2, 3 – свіжі хлорофілвмісні овочі: капуста броколі (1), капуста брюссельська (2), шпинат (3); А – хлорофіли а і b, Б – L-аскорбінова кислота, В – β-каротин

Встановлено, що дослідні зразки хлорофілвмісних овочів (капусти броколі «Калабрезе», капусти брюссельської «Геркулес», шпинату «Вікторія») є натуральним джерелом комплексу біологічно активних речовин, що мають імуномодулюючу, антиоксиданту, детоксикуючу дію.

До складу комплексу БАР входять в найбільшій кількості хлорофіли а і b, масова частка якого залежно від виду сировини становить від 0,3 до 0,8%, а також поліфеноли (240,0...400,0 мг в 100 г), низькомолекулярні фенольні сполуки (210,0...320,0 мг в 100 г), L-аскорбінова кислота (52,2...130,0 мг в 100 г), β-каротин (5,0...15,0 мг в 100 г). Серед дослідних зразків ХВО найбільшим вмістом хлорофілів а і b, β-каротину, аскорбінової кислоти відрізнявся шпинат.

Встановлено, що масова частка L - аскорбінової кислоти, β-каротину, а також хлорофілів а і b, що містяться в 100 г досліджуваних свіжих ХВО здатна задовольнити в них добову потребу дорослої людини (рис. 7).

Встановлено, що ХВО містять також значну кількість білку (2,8...5,2%), структуроутворюючих речовин: целюлози (1,8...3,0%), пектину (1,0...2,6%).

Вміст сухих речовин становить в залежності від виду ХВО від 11,8% (шпинат) до 15,0% (капуста броколі).

Таким чином, наявність в складі 100 г свіжих ХВО унікального комплексу



БАР (хлорофілів а і b, β -каротину, L-аскорбінової кислоти) в кількості, що здатна задовольнити добову потребу в них організму людини, а також наявність фенольних сполук, дубильних речовин, на думку авторів, надає свіжим ХВО цілющі лікувально-профілактичні властивості. Саме тому включення ХВО в раціони харчування надає їм антиоксидантну, детоксикуючу, антибактеріальну, протипухлинну дію, сприяє зміцненню імунної системи, судин серця, мозку.

Також в завдання роботи входило визначення ферментативної активності пероксидази, поліфенолоксидази свіжих хлорофілвмісних овочів (табл. 2).

Таблиця 2 - Ферментативна активність окиснювальних ферментів свіжих хлорофілвмісних овочів – сировини для отримання заморожених продуктів та дрібнодисперсних пюре

Хлорофілвмісні овочі	Ферментативна активність, 0,01 N розчину йоду	
	пероксидази	поліфенолоксидази
Капуста броколі «Калабрезе»	13,8	2,4
Капуста брюссельська «Геркулес»	6,3	1,0
Шпинат «Вікторія»	27,4	5,2

Встановлено, що в свіжих ХВО ферментативна активність пероксидази в 4...6 раз вища ніж поліфенолоксидази і становить відповідно 6,3...27,4 та 1,0...5,2 0,01N розчину йоду.

Найбільшою ферментативною активністю пероксидази та поліфенолоксидази відрізнявся шпинат (відповідно 27,4 та 5,2 0,01 N розчину йоду). Найменшу активність мала брюссельська капуста «Геркулес», активність пероксидази та поліфенолоксидази якої відповідно становили 6,3 та 1,0 0,01 N розчину йоду. Отримані дані були використані як контрольні при розробці технології заморожених ХВО, заморожених та паротермічно оброблених дрібнодисперсних пюре.



STUDY OF THE INFLUENCE OF CRYOGENIC “SHOCK” FREEZING AND FINE GRINDING OF CVO ON THE ACTIVITY OF OXIDATIVE ENZYMES, THE CONTENT OF CHLOROPHYLL AND OTHER BAS

При розробці технології заморожених продуктів та дрібнодисперсних пюре із хлорофілвмісних овочів в завдання роботи входило вивчення впливу швидкості та кінцевої температури кріогенного «шокового» заморожування хлорофілвмісних овочів на активність окиснювальних ферментів і вміст хлорофілу, бета-каротину та інших БАР.

Традиційні технології переробки ХВО, як і інших видів плодоовочевої сировини, в готові продукти призводять до суттєвих втрат хлорофілу та інших БАР свіжої сировини. Це призводить до нераціонального використання закладеного в свіжій сировині біологічного потенціалу. Втрати при переробці становлять для різних видів сировини та різних видів БАР від 20 до 80 %. Тому актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка високих технологій, що дозволяють зберегти та використати якість свіжої сировини.

До числа найбільш прогресивних методів переробки рослинної сировини належить заморожування. Проведено аналіз літератури щодо впливу заморожування на вміст хлорофілу та інших БАР хлорофілвмісних овочів при їх зберіганні. Показано, що систематизовані дані відсутні. Є розрізні результати досліджень для окремих видів ХВО при заморожуванні та морозильному зберіганні. Всі данні стосуються втрат БАР при зберіганні ХВО та інших видів рослинної сировини, а також порушення клітинної структури та втрат клітинного соку при розморожуванні.

Так, наприклад, для зеленої квасолі та цвітної капусти, вивчено вплив морозильного зберігання протягом 9 місяців за температури -10°C , -18°C , -26°C та встановлено втрати вмісту аскорбінової кислоти, хлорофілу та формування темного кольору овочів. Максимальні втрати та зміни кольору були зафіксовані в зразках, що зберігались за температури -10°C . Встановлено, що швидкість втрат аскорбінової кислоти в зразках, що зберігались за температури -10°C в три рази більша у порівнянні зі зразками за температури -18°C .



Для шпинату вивчено вплив кінцевої температури та тривалості заморожування на кліткову структуру та втрати клітинного соку при розморожуванні. Дослідження проведені при заморожуванні тривалістю 0,5; 3,0; 5,5; 10,5 годин до кінцевої температури продукту $-4,0 \dots -5,0^{\circ}\text{C}$. Показано, що чим менша тривалість та відповідно більша швидкість заморожування, тим менші порушення клітинної структури та втрати клітинного соку шпинату при заморожуванні – розморожуванні.

Слід зазначити, що за виключення робіт виконаних в межах наукової школи проф. Павлюк Р.Ю., в науковій літературі відсутня інформація щодо можливості збереження БАР, зокрема хлорофілу при заморожуванні або морозильному зберіганні рослинної сировини. В межах наукової школи розроблено новий напрямок глибокої переробки харчової сировини і нанотехнології, що засновані на комплексній дії на сировину процесів заморожування та неферментативного каталізу – механолізу при дрібнодисперсному подрібненні. Розроблені нанотехнології оздоровчих продуктів в формі заморожених пюре із каротинвміщуючих овочів, дикорослих ягід, плодової сировини, грибів, топінамбуру. За вмістом БАР якість отриманих заморожених продуктів в декілька раз перевищує якість вихідної свіжої сировини та якість аналогів. Для окремих видів рослинної сировини при розробці технології заморожених пюре показано, що застосування швидкого заморожування призводить до збільшення в продукті у порівнянні зі свіжою сировиною вмісту БАР (каротиноїдів, антоціанових речовин, аскорбінової кислоти та ін.) в 2...4 рази. Збільшення пояснюється деструкцією комплексів БАР – біополімер та переходом низькомолекулярних БАР із зв'язаного з біополімерами стану у вільну форму. Показано, що низькотемпературне подрібнення швидко замороженої плодової сировини (лимони, апельсини, банани, яблука) та дикорослих ягід (журавлини, обліпихи) при отриманні з них пюре призводить до більш повного вилучення пектинових речовин та до часткової трансформації протопектину в розчинний пектин. Встановлено, що низькотемпературне подрібнення замороженої до температури -18°C рослинної сировини призводить до активації окиснювальних



ферментів на 30...40% у порівнянні з вихідною сировиною. Для окремих видів рослинної сировини встановлені режими кріогенного заморожування, що призводять до повної інактивації окиснювальних ферментів.

Що стосується даних впливу швидкості та кінцевої температури кріогенного «шокового» заморожування хлорофілвмісних овочів при їх переробці на активність окиснювальних ферментів і вміст хлорофілу, бета-каротину та інших БАР, то такі дані в науковій літературі відсутні.

Відомо, що одним із основних факторів при переробці плодів та овочів в різні оздоровчі добавки та продукти, які впливають на ступінь зберігання вітамінів, фенольних, ароматичних речовин та інших БАР, в тому числі при заморожуванні, є інактивація окиснювальних та гідролітичних ферментів, які сприяють руйнуванню та окислюванню БАР та втратам клітинного соку. Використання різних технологічних прийомів для інактивації ферментів (бланшування, короткочасне занурення у воду, варіння, обробка у вакуумі, витримка у розчинах повареної солі, лимонної чи аскорбінової кислоти різної концентрації, електромагнітна та НВЧ-обробка, пастеризація та ін.) достатньо добре вивчені. Що стосується впливу низьких температур на активність ферментів при заморожуванні, то тут багато питань, які мало вивчені і залишаються відкритими, а отримані дані носять суперечливий характер. Відомо, що при розморожуванні овочів і фруктів заморожених традиційним способом після 6 місяців зберігання в морозильній камері за температури -18°C відбуваються значні втрати БАР (від 40 до 50%) та клітинного соку. Руйнівний вплив заморожування, «шокового» заморожування (поток холодного повітря) та зберігання в замороженому стані на БАР плодоовочевої сировини був зафіксований вітчизняними та закордонними вченими. В зв'язку з цим, актуальним є пошук технологічних прийомів та встановлення режимів заморожування плодів та овочів, що призводять до інактивації ферментів, збереження вмісту БАР та клітинного соку при розморожуванні.

При застосуванні інтенсивної кріогенної обробки хлорофілвмісних овочів під час заморожування (із використанням газоподібного азоту) та



дрібнодисперсного подрібнення буде формуватися інша, у порівнянні з традиційно замороженими продуктами та пюре (до температури -18°C), кристалічна структура, та інакше будуть відбуватися ферментативні, неферментативні процеси, а також зміни БАР, біополімерів та наноасоціатів (або наноконкомплексів), що потребує додаткових досліджень.

В завдання роботи входило вивчення впливу кріогенного «шокового» заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту з високою швидкістю до різних кінцевих температур, а також впливу дрібнодисперсного подрібнення при отриманні заморожених хлорофілвмісних овочів (шпинату, капусти брокколі, брюссельської капусти) та пюре із них на активність окиснювальних ферментів і зберігання БАР (хлорофілів а і b, β -каротину, низькомолекулярних фенольних сполук, вітаміну С, дубильних речовин та ін.).

Проведені модельні дослідження. Кріогенне «шокове» заморожування проводили в кріогенному програмному заморожуванні з комп'ютерним забезпеченням із застосуванням як холодоагенту та інертного середовища рідкого та газоподібного азоту. Температура в морозильній камері становила мінус -60°C . Хлорофілвмісні овочі заморожували до різної кінцевої температури (-18°C , -20°C , -25°C , -30°C , -32°C , -35°C , -40°C) з різною швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; $10^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$). Швидкість заморожування регулювали за допомогою зміни інтенсивності подачі рідкого та газоподібного азоту в морозильну камеру. Паралельно контролювали витрати рідкого азоту на заморожування 1 кг ХВО. Дрібнодисперсне подрібнення заморожених ХВО при отриманні пюре проводили із застосуванням низькотемпературного подрібнювача.

Встановлено, що у порівнянні зі свіжими хлорофілвмісними овочами ферментативні процеси в ХВО при кріогенному «шоковому» заморожуванні до різних кінцевих температур та при дрібнодисперсному подрібненні відбуваються з різною інтенсивністю (табл. 3).

Вивчено вплив кріогенного «шокового» заморожування з різною швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; $10^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$) до температури -18°C в середині продукту, що характерна для традиційного «шокового» заморожування потоком холодного повітря.



Таблиця 3 - Вплив кріогенного «шокового» заморожування до різних кінцевих температур (-18°C, -35°C) та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів хлорофілвмісних овочів

Продукт	Шпинат		Капуста броколі		Брюссельська капуста	
	Ферментативна активність, мл 0,01N розчину йоду					
	пероксидази	поліфенол-оксидази	пероксидази	поліфенол-оксидази	пероксидази	поліфенол-оксидази
Свіжі ХВО	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

Показано, що незалежно від швидкості заморожування при кріогенному «шоковому» заморожуванні до температури -18°C відбувається активація окиснювальних ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) ХВО, активність яких у порівнянні з вихідною (свіжою) хлорофілвмісною сировиною в 1,3...1,5 рази вище. Тобто під впливом кріогенного «шокового» заморожування до температури -18°C відбувається активація ферментів аналогічно активації при тепловій обробці рослинної сировини.



Зазначена активація ферментів при заморожуванні, на наш погляд, є наслідком процесу кріодеструкції та більш повного вилучення (екстракції) ферментів із зв'язаного з біополімерами стану у вільний, а також може бути викликана активацією дрібними кристалами льоду активних центрів ферментів.

Встановлено, що при подальшому низькотемпературному дрібнодисперсному подрібненні швидкозаморожених до -18°C ХВО активність окиснювальних ферментів суттєво збільшується. У порівнянні з вихідною (свіжою) сировиною збільшення становить: для пероксидази – в 3,0...3,5 рази, для поліфенолоксидази – в 2,6...3,6 раз.

Проведені модельні експерименти щодо дослідження впливу кріогенного «шокового» заморожування з різною швидкістю (0,5; 2,0; 5,0; $10^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$) до більш низьких ніж -18°C кінцевих температур в середині продукту (-20 , -25 , -30 , -32 , -35 , -40°C) на активність окиснювальних ферментів пероксидази та поліфенолоксидази хлорофілвмісних овочів.

Встановлено, що незалежно від швидкості кріогенне «шокове» заморожування ХВО до температури в середині продукту не вище як $-32...-35^{\circ}\text{C}$ призводить до повної інактивації окиснювальних ферментів (табл. 3.3). Тобто, встановлено, що кріогенне «шокове» заморожування з використанням рідкого та газоподібного азоту з високою швидкістю (від 0,5 до $10^{\circ}\text{C}/\text{хв.}$) до більш низької кінцевої температури в продукті $-32^{\circ}\text{C}...-35^{\circ}\text{C}$, ніж температура при традиційному «шоковому» заморожуванні потоком холодного повітря -18°C , призводить до повної інактивації ферментів.

Показано, що подальше низькотемпературне дрібнодисперсне подрібнення кріозаморожених до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ хлорофілвмісних овочів до відновлення активності окиснювальних ферментів не призводить.

Виявлено механізм інактивації окиснювальних ферментів. Під впливом кріозаморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення ХВО відбуваються процеси кріодеструкції, механоактивації та механодиструкції – механолізу, що призводять до незворотної денатурації та коагуляції білкових молекул ферментів і блокування їх активних центрів, що при розморожуванні, в



свою чергу, не дозволяє відновити активність ферментів.

В завдання роботи входило вивчення впливу кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на вміст БАР (хлорофілів а і b, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, дубильних речовин та ін.) (табл. 4-5).

Таблиця 4 - Вплив температури кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на вміст БАР хлорофілвмісних овочів

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

Встановлено, що застосування кріогенного «шокового» заморожування з високою швидкістю (0,5. 2,0, 5,0, 10°С/хв.) до кінцевою температури -32...-35°С, при якій відбувається інактивація ферментів, дозволяє отримати заморожені



Таблиця 5 - Вплив температури кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на вміст фенольних сполук хлорофілвмісних овочів

Найменування дослідного зразка	Масова частка фенольних сполук			
	за хлороген. кислотою		за рутином	
	мг в 100 г	% до вих. сиров.	мг в 100 г	% до вих. сиров.
капуста броколі				
свіжа	320,0	100,0	72,8	100,0
заморожена до -18° С	309,1	96,6	72,0	99,0
заморожена до -35° С	464,0	145,2	109,5	150,4
заморож. до -35° С та ДД подрібнена	600,2	190,0	140,4	195,6
брюссельська капуста				
свіжа	251,4	100,0	66,9	100,0
заморожена до -18° С	234,4	93,4	65,9	98,6
заморожена до -35° С	340,9	136,0	87,2	130,3
шпинат				
свіжий	280,4	100,0	75,5	100,0
заморожений до -18° С	266,9	95,2	73,1	96,8
заморожений до -35° С	359,2	128,1	103,3	136,8
заморожений до -35° С та ДД подрібнений	548,7	195,7	220,0	231,6

хлорофілвмісні овочі, в яких вміст БАР (хлорофілів а і b, β-каротину, низькомолекулярних фенольних сполук, L-аскорбінової кислоти, дубильних речовин) вдвічі, а за деякими показниками втричі вищий, ніж в свіжій сировині. Так, масова частка хлорофілів в заморожених кріогенним методом ХВО в 2,0...2,5 рази більша, ніж у вихідній сировині.

Слід зазначити, що загально прийнято, що в рослинній сировині в зв'язаній з біополімерами (прихованій) формі знаходиться біля 5...10% речовин. Отримані результати свідчать про те, що кількість корисних речовин, що знаходяться в ХВО в зв'язаній з біополімерами (прихованій) формі, значно більша.

Показано також, що при кріогенному «шоковому» заморожуванні до температури в продукті -32...-35°С крім збільшення масової частки хлорофілів а



і b відбувається також збільшення в 1,7...3,5 рази вилучення (екстракції) інших низькомолекулярних БАР (зокрема, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою; за рутином)) із зв'язаної з біополімерами форми у вільний стан.

Так, масова частка β -каротину збільшується в 3,5 рази, аскорбінової кислоти - в 2,8 раз, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою та за рутином) - в 1,9 раз, поліфенолів – в 1,7 раз.

Механізм збільшення та більш повного вилучення низькомолекулярних БАР із заморожених хлорофілвмісних овочів можна пояснити наступним чином. Під впливом швидкого кріогенного «шокового» заморожування в середині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують водневі зв'язки в нанокompлексах між низькомолекулярними БАР, що 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, при швидкому кріогенному «шоковому» заморожуванні може відбуватися мікродеструкція біомембран клітин і деструкція нанокompлексів біополімерів цитоплазми (зокрема, «білок – целюлоза» та ін.), що сприяє кращому екстрагуванню БАР із зв'язаного стану у вільний. При цьому, слід зазначити, що при розморожуванні хлорофілвмісних овочів кріогенно «шоково» заморожених до температури $-32...-35^{\circ}\text{C}$ втрати клітинного соку відсутні, що свідчить про інактивацію гідролітичних, цитолітичних та протеолітичних ферментів.

На прикладі шпинату встановлено, що застосування дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення кріогенно «шоково» заморожених ХВО призводить до додаткового збільшення в порівнянні з вихідною сировиною вмісту хлорофілу а і b та інших БАР (в 3,2...3,5 рази) (табл. 4-5).

Отримані результати свідчать про те, що в хлорофілвмісних 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



знаходиться в складних наноконкомплексх біополімерів у вільну форму, тобто спостерігається ефект «збагачення» продукту низькомолекулярними БАР.

Механізм вилучення прихованих форм низькомолекулярних БАР із рослинних клітин ХВО пов'язаний з кріодеструкцією та механокрекінгом (руйнуванням) наноконкомплексів зв'язків між низькомолекулярними БАР (хлорофілами а і b, β -каротином, L - аскорбіновою кислотою та ін.) та високомолекулярними біополімерами, що відбувається в результаті кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення (рис. 8).

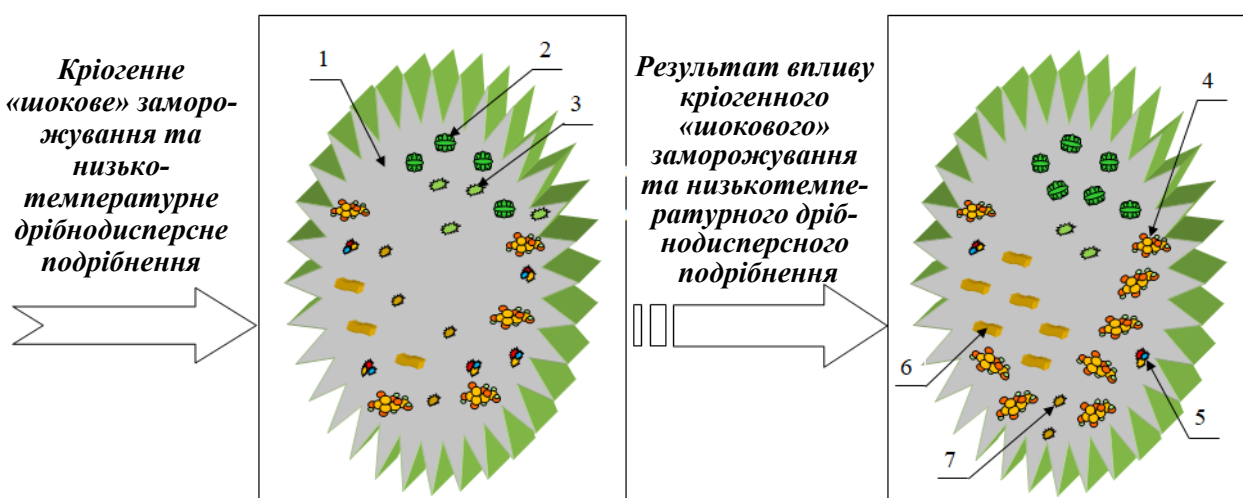


Рисунок 8 - Схематичне представлення впливу кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвмісних овочів на додаткове вилучення із сировини

низькомолекулярних БАР, що знаходяться в складних наноконкомплексх біополімерів у вільну форму: 1 – біополімери сировини та їх фрагменти;

2, 4, 6 – БАР, що знаходяться у вільній формі: хлорофіли а і b (2),

L – аскорбінова кислота (4), β – каротин (6); 3, 5, 7 - БАР, що знаходяться в прихованій, зв'язаній в наноконкомплексх біополімерів формі: хлорофіли а і b (3),

L – аскорбінова кислота (5), β – каротин (7)

Отримані результати експериментальних досліджень щодо впливу кріообробки та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів та вміст БАР (хлорофілу, β -каротину, L-аскорбінової кислоти та ін.)



дозволили встановити раціональні режими швидкості кріогенного «шокового» заморожування та кінцевої температури в замороженому продукті при розробці технологій заморожених хлорофілвмісних овочів та заморожених дрібнодисперсних пюре із них без використання будь-яких синтетичних компонентів. Встановлені раціональні режими заморожування: швидкість - від 0,5 до 10°C на хвилину, кінцева температура заморожування продукту -32...-35°C, максимальний розмір часток дрібнодисперсного пюре – 35...40 мкм. При цьому витрати рідкого азоту на заморожування 1 кг ХВО складають 0,9...1,3 л.



STUDY OF THE INFLUENCE OF CRYOGENIC “SHOCK” FREEZING AND LOW-TEMPERATURE FINE GRINDING ON THE ACTIVATION AND TRANSFORMATION OF STRUCTURE-FORMING SUBSTANCES OF CVO

В завдання роботи входило вивчення впливу криогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення на активацію та трансформацію важкорозчинних неперетравлювальних компонентів ХВО – структуроутворюючих та пребіотичних речовин, зокрема, пектинових речовин і целюлози. Відомо, що останні в рослинній сировині знаходяться в неактивній формі. Це пов'язано з тим, що більшість карбоксильних груп полісахаридного ланцюгу уже зшиті або з іонами металів (частіше всього з Mg або Ca), або із залишками метилового та етилового спирту. Крім того, доступ до цих груп ускладнюється наявністю інших полімерних арабінів чи галактіонів та мономерними молекулами полісахаридів, а також поліфенолами (дубильними речовинами) рослинних клітин. Тому актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка способів попередньої обробки рослинної сировини, що призводять до активації та трансформації важкорозчинних пектинових речовин і целюлози – неперетравлювальних компонентів їжі - в розчинну легкозасвоювану форму.

Проведений огляд літературних джерел показав, що в науковій літературі відсутні систематизовані та є розрізнені данні впливу різних способів попередньої обробки окремих видів рослинної плодовоовочевої сировини на збільшення розчинності пектинових речовин. Представлені результати впливу теплової, інфрачервоної, НВЧ обробки, гомогенізації на деякі види плодовоовочевої сировини. Так, наприклад, для томатів встановлено, що використання інтенсивної гомогенізації високого тиску призводить до зменшення молекулярної маси пектинових речовин та часткового переходу їх в розчину форму. Але цей спосіб, як і інші зазначені способи попередньої обробки пектинвмісної сировини, не знайшли застосування в технології отримання продуктів з високим вмістом розчинних пектинових речовин. На сьогоднішній день в міжнародній практиці застосовують два основних способи попередньої



обробки пектинвмісної сировини з метою інтенсифікації вилучення пектинових речовин в розчинну форму. Першим і найбільш розповсюдженим способом є обробка сировини пектолітичними та цитолітичними ферментними препаратами. Другим та більш перспективним способом є кріогенна обробка сировини з використанням рідкого та газоподібного азоту. Встановлено, що в науковій літературі практично нема результатів дослідження впливу кріогенної обробки на хлорофілвмісні овочі під час заморожування, а також низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення. Зазначена область технології мало вивчена.

Головним при розробці заморожених дрібнодисперсних добавок із шпинату було не тільки максимально вилучити із сировини, зберегти та трансформувати у вільну форму хлорофіли та інші БАР вихідної сировини, а також трансформувати важкорозчинні пектинові речовини та целюлозу в розчинну форму. Труднощі полягають в тому, що зазначені речовини знаходяться в наноконкомплексах з іншими полісахаридами, білками та ін. В роботі під час отримання дрібнодисперсних заморожених пюре із ХВО (шпинату), як інновацію було запропоновано використовувати комплексну дію на пектинвмісну сировину двох процесів. А саме: процесів кріогенного «шокового» заморожування та неферментативного каталізу-механолізу наноасоціатів та наноконкомплексів високомолекулярних біополімерів (гетерополісахаридів, зокрема пектинових речовин та целюлози) при дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні сировини.

На прикладі шпинату виявлено та науково обґрунтовано, що при комплексній дії на рослинну сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення відбувається активація та механодеструкція важкорозчинних наноконкомплексів гетерополісахаридів (зокрема, пектинових речовин, целюлози) з іншими біополімерами за рахунок процесів кріо- та механодеструкції. Це призводить до вивільнення прихованих зв'язаних форм пектинових речовин із наноконкомплексів та наноасоціатів з іншими біополімерами (білком, целюлозою та ін.), а також до



часткової деструкції та трансформації важкорозчинного протопектину в розчинну форму.

Так, у порівнянні з вихідною сировиною встановлено збільшення масової частки загальної кількості пектинових речовин в 4...4,5 рази – з 1,3 % (в вихідній свіжій сировини) до 5,9 % (в дрібнодисперсному пюре із шпинату кріогенно «шоково» замороженого до температури -35°C) (таблиця 6). Крім того, встановлено збільшення масової частки розчинного пектину в порівнянні з вихідною свіжою сировиною в 7,3 рази за рахунок трансформації важкорозчинних протопектинів у легкозасвоювану форму (таблиця 6).

Показано, що значна частина пектинових речовин в пюре знаходяться в розчинній формі (до 70%), що сприяє збільшенню желуючих властивостей отриманого пюре із шпинату при його використанні як натурального барвника, структуроутворювача та загусника при виготовленні різних видів харчових продуктів для здорового харчування. Паралельно збільшується кількість органічних кислот (до 166% у порівнянні з вихідною свіжою сировиною). Це свідчить про те, що пектинові речовини руйнуються до окремих мономерів, зокрема до галактуронових кислот, які відносяться до органічних кислот і визначаються за допомогою хімічного методу як органічні кислоти.

Таблиця 6 - Вплив кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення шпинату на трансформацію важкорозчинних біополімерів (пектинових речовин, целюлози) у розчинну форму

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
Дрібнодисперсне пюре із замороженого до -35°C шпинату	5,9	1,2	4,7	1,0	1,3	1,0



На рисунку 9 зображено схематичне представлення впливу комплексної дії кріогенного «шокового» заморожування та механолізу при дрібнодисперсному подрібненні під час переробки шпинату в пюре на молекулу біополімеру важкорозчинного гетерополісахариду пектину з відокремленням мономерів галактуринової кислоти і трансформацією в легкозасвоювану форму.

Показано, що за рахунок процесів кріо- та механодеструкції хлорофілвмісних овочів відбувається руйнування целюлози ХВО на 31,6% (відповідно у свіжому шпинаті масова частка целюлози складає 1,9%, в нанопюре – 1,3%) та збільшення масової частки продуктів її механічної деструкції - загальних цукрів в 2,5 рази (табл. 6, рис. 9).

Таким чином, показано, що під час комплексної дії кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення відбувається більш повне вилучення важкорозчинних пектинових речовин із звязаного стану з макромолекулами інших полісахаридів, білків, мінеральних речовин у вільну активну форму.

Збільшення у порівнянні зі свіжою сировиною становить 4,0...4,5 рази.

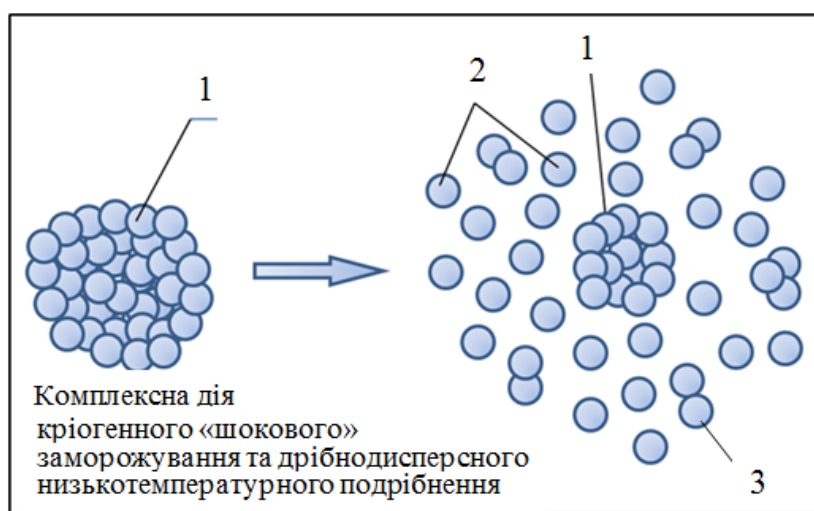


Рисунок 9 - Схематичне представлення впливу комплексної дії кріогенного «шокового» заморожування та механолізу при дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні під час переробки шпинату на молекулу біополімеру важкорозчинного гетерополісахариду пектину з відокремленням мономерів галактуринової кислоти і трансформацією в легкозасвоювану форму, де: 1 – біополімер пектину; 2 – галактуринова кислота; 3 - низькомолекулярні фрагменти високомолекулярного полісахариду – пектину



Паралельно відбувається неферментативний каталіз і часткова деструкція важкорозчинних високомолекулярних пектинових речовин до окремих мономерів, тобто відбувається їх трансформація в розчинну легкозасвоювану форму. При цьому масова частка розчинного пектину у порівнянні зі свіжою сировиною збільшується у 7,3 раз.



STUDY OF THE EFFECT OF CRYOGENIC “SHOCK” FREEZING AND FINE LOW-TEMPERATURE GRINDING ON BAS AND BIOPOLYMERS OF CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES BY IR SPECTROSCOPY

Результати впливу криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на БАР та біополімери хлорофілвмісних овочів, які отримані за допомогою хімічних методів дослідження, були підтверджені за допомогою метода ІЧ-спектроскопії (рис. 10).

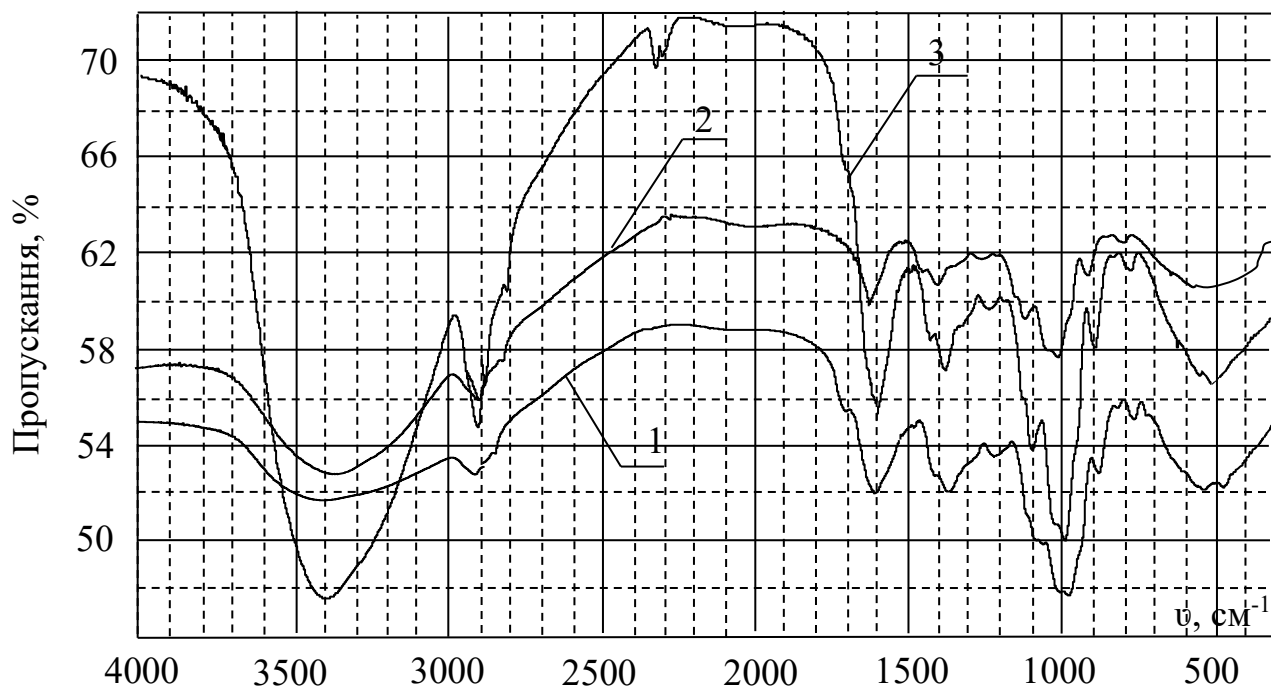


Рисунок 10 - ІЧ-спектри свіжого, криозамороженого шпинату та дрібнодисперсного пюре із нього: 1 – свіжий шпинат, 2 – криогенно «шоково» заморожений шпинат, 3 - дрібнодисперсне пюре із криозамороженого шпинату

На прикладі шпинату проведено порівняння ІЧ-спектрів свіжих, криогенно «шоково» заморожених хлорофілвмісних овочів та дрібнодисперсних пюре із них. Встановлено зменшення інтенсивності спектрів на характеристичній ділянці при частотах $\nu=3650\ldots3200\text{ см}^{-1}$, що характерна для валентних коливань функціональних груп – ОН, які беруть участь в утворенні міжмолекулярних водневих зв'язків нанокмплексів «біополімер – БАР», «біополімер - біополімер», внутрішньо молекулярних водневих зв'язків самих біополімерів, а також ненасичених подвійних зв'язків, які входять до складу біополімерів,



асоціатів, наноконпонентів та ін.

Зменшення інтенсивності спектрів свідчить про руйнування міжмолекулярних та внутрішньо молекулярних водневих зв'язків під впливом кріообробки та дрібнодиспесного подрібнення, що супроводжуються процесами кріодеструкції та механолізу та призводять до кріо- та механодеструкції наноконкомплексів «біополімер-БАР», «біополімер - біополімер», а також до деструкції самих біополімерів до мономерів.

В результаті масова частка низькомолекулярних БАР (хлорофілів, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук та ін.) збільшується. Збільшується також масова частка протопектину та розчинних пектинових речовин та зменшується масова частка целюлози з утворенням продуктів їх механічної деструкції. (галактуронової кислоти, цукрів).

Крім того, встановлено збільшення інтенсивності спектрів на характеристичних ділянках при частотах $\nu=2900...1600\text{ см}^{-1}$, $\nu=1750...1720\text{ см}^{-1}$, $\nu=1470...1355\text{ см}^{-1}$, $\nu=550...450\text{ см}^{-1}$, які характерні відповідно для валентних коливань функціональних груп $-\text{CH}_3$, $-\text{NH}_2$, $-\text{NH}_3$, $-\text{C}-\text{O}-$, а також до коливань ненасичених подвійних зв'язків.

Зростання інтенсивності свідчить про значне збільшення та перехід низькомолекулярних БАР, зокрема ароматичних речовин, фенольних сполук із зв'язаної прихованої форми у вільну під впливом кріообробки та дрібнодисперсного подрібнення ХВО. Зростання інтенсивності також свідчить про кріо- та механодеструкцію високомолекулярних біополімерів – пектинових речовин та целюлози з утворенням продуктів їх механічної деструкції. (галактуронової кислоти, цукрів).

Таким чином, результати досліджень, що отримані за допомогою методу ІЧ-спектроскопії, підтверджують данні отримані за допомогою хімічних методів досліджень при вивченні впливу процесів кріо- та механодеструкції, що відбуваються при кріогенному «щокровому» заморожуванні та дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні ХВО (шпинату та капусти броколі).



DEVELOPMENT OF TECHNOLOGY OF FROZEN FINE HEALTH SUPPLEMENTS AND PRODUCTS FROM CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES

На основі отриманих результатів експериментальних досліджень розроблена кріогенна технологія заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, шпинату, брюссельської капусти) та пюре із шпинату з використанням як холодоагенту (кріогенної рідини) та інертного середовища рідкого та газоподібного азоту. Від традиційних технологій заморожування нова технологія відрізняється тим, що повністю виключає попередню термообробку сировини перед заморожуванням, яка зазвичай використовується з метою інактивації окиснювальних ферментів та зменшення ступеню забруднення сировини мікроорганізмами. У порівнянні з традиційною технологією «шокового» заморожування продуктів потоком холодного повітря до температури в середині продукту $-18 \dots -25^{\circ}\text{C}$ нова технологія заснована на використанні рідкого азоту та включає більш високу швидкість та більш низьку кінцеву температуру заморожування продукту ($-32 \dots -35^{\circ}\text{C}$). Кріотехнологія отримання дрібнодисперсного пюре із ХВО (шпинату) включає дрібнодисперсне подрібнення попереднє кріогенно «шоково» замороженого продукту в дрібнодисперсну нанорозмірну форму (з розміром часток в десятки раз меншим ніж в традиційних видах замороженого пюре).

Моделювання технологічного процесу та режимів проведення кріозаморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення відпрацьовували на стендовому експериментальному обладнанні навчально – наукового центру «Інноваційних кріо- та нанотехнологій оздоровчих добавок та продуктів» кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк ДБТУ. Воно включає кріогенний програмний заморожувач – скороморозильний апарат періодичної дії з програмним забезпеченням потужністю до 20 кг/год (спільна розробка фахівців НАУ «ХАІ» і фахівців кафедри) та дрібнодисперсні подрібнювачі: гомогенізатори - активатори (Франція), кульовий та вібраційно - кульовий



подрібнювач (НПФ «КРІАС», м. Харків).

Технологічний процес виробництва заморожених ХВО складається із наступних технологічних етапів: приймання, сортування, інспекція, миття ХВО (згідно приймальному гідромодулю), підсушування, нарізання (на шматочки або слайси) або використання цілих плодів, попереднє охолодження продукту (до температури $0...+2^{\circ}\text{C}$), кріогенне «шокове» заморожування, низькотемпературне дрібнодисперсне подрібнення (в разі отримання пюре із шпинату), фасування, пакування та зберігання готового продукту за температури -18°C (рис. 11).

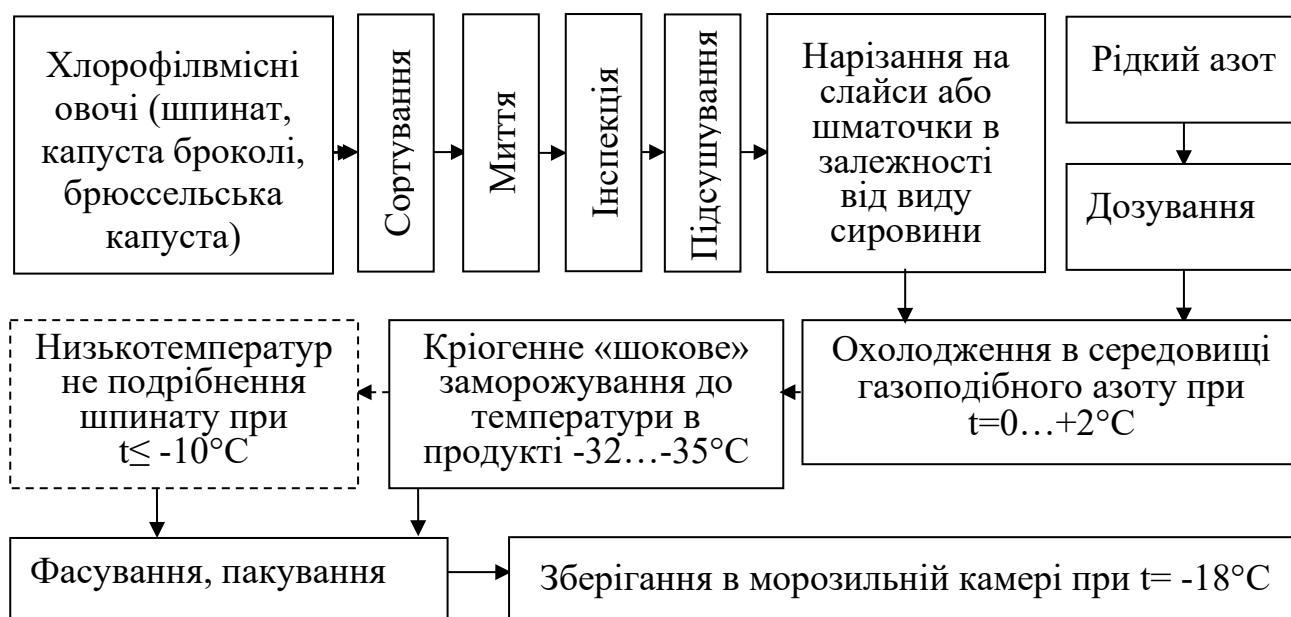


Рисунок 11 - Принципова технологічна схема виробництва заморожених хлорофілвімісних овочів (шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти) та дрібнодисперсної оздоровчої добавки зі шпинату з використанням кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення

Кріогенне «шокове» заморожування при розробці технології проводилось в спеціальному скороморозильному апараті з використанням рідкого та газоподібного азоту. Апарат оснащений комп'ютерним забезпеченням, за допомогою якого контролюється інтенсивність подачі рідкого азоту в камеру та швидкість заморожування продукту. Температура в камері скороморозильного



апарату підтримується на рівні -60°C . Тривалість заморожування свіжих ХВО камері складає від 2 хв. до 40 хв. в залежності від виду сировини, товщини слою продукту, його хімічного складу, будови, інтенсивності подачі рідкого азоту. При цьому економічно доцільно процес заморожування проводити при витратах рідкого азоту на заморожування 1 кг хлорофілвмісних овочів або пюре із них в межах 0,5...1,3 л. Готові заморожені овочі або пюре фасують в споживчу тару (поліетиленові плівки, трьохшарові плівкові пакети, пластикові коробки та ін.) по 0,4 кг; 1 кг; 5,0 кг; 10,0 кг; 20,0 кг та передають на морозильне зберігання при температурі -18°C та відносній вологості повітря не більше 95%. Термін зберігання не більше 12 місяців з дати виготовлення.

Принципова технологічна схема виробництва кріозаморожених ХВО та дрібнодисперсного пюре зі шпинату представлена на рисунку 11. Експериментально відпрацьовані та науково обґрунтовані раціональні технологічні режими кріогенного заморожування, дрібнодисперсного подрібнення заморожених ХВО, а також умови їх зберігання. За новою технологією розроблена нормативна документація ТУ «Заморожені хлорофілвмісні овочі та дрібнодисперсні пюре із них».



STUDY OF THE QUALITY OF CRYOGENICALLY FROZEN CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES AND FINE PUREE FROM THEM

Вивчена якість кріозаморожених ХВО (шпинату, капусти броколі, брюссельської капусти) та дрібнодисперсної добавки в формі пюре зі шпинату за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та вмістом хлорофілів і інших БАР. Крім того, вивчена їх якість протягом терміну зберігання. При вивченні органолептичних показників заморожених хлорофілвмісних овочів встановлено, що вони за зовнішнім виглядом, кольором, смаком та ароматом повністю відповідають вимогам державного стандарту ДСТУ 8636:2016 «Овочі швидкозаморожені. Загальні технічні умови». Мають приємний смак і аромат, натуральний яскраво виражений колір. При розморожуванні втрати клітинного соку не відбувались. Заморожене пюре із шпинату має однорідну рівномірну дрібнодисперсно подрібнену консистенцію без сторонніх включень, з натуральним яскраво вираженим смаком і ароматом, який притаманний свіжій сировині, без сторонніх запахів.

Досліджено фізико-хімічні та мікробіологічні показники заморожених ХВО та пюре зі шпинату. Показано, що масова частка води, сухих речовин та органічних кислот відповідає вимогам стандарту на заморожені продукти. Кількість мезофільних аеробних і факультативно анаеробних мікроорганізмів складає $4,5 \cdot 10^4 \dots 5,0 \cdot 10^4$, що значно нижче норм, передбачених вимогами ДСТУ.

Проведено вивчення якості нових видів кріозаморожених хлорофілвмісних овочів та дрібнодисперсного пюре із шпинату за вмістом БАР.

Дослідження проводили за наступними показниками: хлорофіли а і b, низькомолекулярні фенольні сполуки (за рутином, хлорогеновою кислотою), дубильні речовини (за таніном), L-аскорбінова кислота, β -каротин, структуроутворюючі речовини (пектин, целюлоза), білок, загальний цукор.

Показано, що заморожені ХВО за вмістом БАР не мають аналогів та перевищують свіжі (вихідні) овочі в 2...2,5 рази, а кріопюре із шпинату



перевищує якість свіжого шпинату в 2,5...3,5 рази. Найбільшим вмістом хлорофілу а і b відрізнялось кріопюре із шпинату, в 100 г якого масова частка хлорофілів складала 1,27 г. Масова частка хлорофілів в 100 г інших видів ХВО становить: капуста броколі – 597,5 мг, в брюссельська капуста – 374,9 мг (табл.7).

Таблиця 7 - Вміст хлорофілу та інших біологічно активних речовин в кріозаморожених ХВО та дрібнодисперсного пюре зі шпинату

Найменування показника	Кріозаморожені хлорофілвмісні 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 яблучною кислотою), %	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

Встановлено, що в 100 г кріозаморожених ХВО міститься 1,5 добові норми дорослої людини в L-аскорбіновій кислоті, значну кількість β-каротину, фенольних сполук, дубильних, пребіотичних речовин – речовин, що мають імуномодулюючі, антиоксидантні, детоксикуючі властивості. Кріозаморожені



ХВО можна використовувати як натуральні збагачувачі, барвники, структуроутворювачі при виготовленні широкого асортименту харчових продуктів на підприємствах харчової галузі, в закладах ресторанного господарства, в індивідуальному харчуванні.

Таким чином, ХВО та кріозаморожені хлорофілвмісні овочі є унікальним постачальником для організму людини комплексу цілющих БАР, що сприяють зміцненню імунітету організму людини до різних захворювань, мають детоксикуючу, антиокиснювальну і протипухлину дію. Споживання 100 г заморожених хлорофілвмісних овочів здатно задовольнити організм людини за вмістом: хлорофілів - від 3 до 10 добових потреб (100...300 мг), β -каротину - від 5 до 7 добових потреб (5...6 мг), L-аскорбінової кислоти – від 1,5 до 2,0 добових потреб (70...100 мг). Крім того, кріозаморожені ХВО відрізняються високим вмістом низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин (табл. 7), що мають лікувально - профілактичні та фармакологічні властивості. Показано, що кріозаморожені ХВО відрізняються високим вмістом пребіотичних речовин (пектину, целюлози).

Показано, що якість кріозаморожених ХВО та дрібнодисперсних пюре із них за вмістом БАР (L-аскорбінової кислоти, хлорофілів), а також за мікробіологічними показниками протягом 12 місяців зберігання за температури -18°C практично не змінюється.



SEARCH FOR AN ALTERNATIVE METHOD OF DEEP PROCESSING OF CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES TO CRYOGENIC PROCESSING, WHICH ALLOWS TO MAXIMALLY PRESERVE THE BIOLOGICAL POTENTIAL OF RAW MATERIALS

Паралельно з розробкою кріогенної технології заморожування та дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвмісних овочів з використанням як інновації комплексної дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення в завдання роботи входив пошук та розробка альтернативного кріогенній обробці методу глибокої переробки сировини (без застосування низьких температур), що дає змогу зберегти та максимально використати закладений в свіжій сировині біологічний потенціал.

Як альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки сировини в роботі 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). Таке обладнання широко використовується в міжнародній практиці і вже знайшло застосування в Україні в закладах ресторанного господарства, кулінарних цехах супермаркетів, їдальнях санаторіїв – профілакторіїв та ін. Застосування вказаних видів обладнання дає змогу отримати нове покоління харчових продуктів високої якості.

Оглядом літературних джерел встановлено, що поряд з широким застосуванням паротермічних апаратів для виготовлення продукції високої якості, в науковій літературі відсутні систематизовані дані отримані фахівцями – технологами щодо вивчення впливу процесів паротермічної обробки на якість отриманих продуктів з поясненням механізмів впливу. В літературі присутні дані переважно рекламного характеру виробників пароконвекційних печей та користувачів про те, що якість та текстура овочів та різних продуктів, які пройшли паротермічну обробку, значно кращі ніж при використанні



традиційних методів термообробки харчової сировини. При цьому якість та текстуру харчових продуктів після обробки в пароконвектоматі контролюють суб'єктивно – за допомогою органолептичної оцінки якості при дегустації. Для того, щоб конкурувати на сучасному ринку продовольчих товарів органолептичної оцінки недостатньо. Потрібні глибокі фундаментальні дослідження.

Однак в науковій літературі відсутні дані щодо впливу технологічної обробки із застосуванням вказаних видів сучасного обладнання на якість сировини при її переробці та отриманні продуктів високої якості. Не виявлені також механізми впливу.

В завдання роботи входило вивчення впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів (пероксидази, поліфенолоксидази), вміст БАР (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук) хлорофілвмісних овочів, порівняння якості за вмістом БАР дрібнодисперсних пюре отриманих із застосуванням паротермічної обробки пюре та за кріогенною технологією, а також розробка рекомендацій щодо використання нових видів дрібнодисперсних пюре при виготовленні «зеленої лінійки» продуктів для здорового харчування.

В зв'язку з цим були проведені комплексні дослідження, які включали:

- вивчення впливу паротермічної обробки в пароконвекційній печі в порівнянні з традиційним варінням на активність окиснювальних ферментів (пероксидази, поліфенолоксидази) та вміст L-аскорбінової кислоти хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату);
- вивчення впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на якість хлорофілвмісних овочів за вмістом біологічно активних речовин (хлорофілу а і b, β -каротину, фенольних сполук) при отриманні з них дрібнодисперсних пюре;
- порівняння якості за вмістом БАР отриманих з використанням паротермічної обробки дрібнодисперсних пюре із хлорофілвмісних овочів (шпинату) з якістю пюре отриманих за новою кріогенною технологією.



STUDY OF THE EFFECT OF STEAM-THERMAL TREATMENT AND FINE GRINDING OF CVO ON THE ACTIVITY OF OXIDATIVE ENZYMES

В завдання роботи входило вивчення впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату), які в раціони харчування входять переважно в переробленому виді (після теплової обробки, подрібнення та ін.).

Теплова обробка сировини є одним із основних технологічних прийомів, що використовується при переробці плодів та овочів в різні види харчових продуктів та напівфабрикатів. Її проводять з метою інактивації окиснювальних ферментів, зменшення кількості вегетативних та спорових форм мікроорганізмів, збільшення клітинної проникності, покращення текстури продукту, розм'якшення тканини рослинної сировини, збільшення або зменшення її об'єму та маси, надання продукту певних органолептичних властивостей. Під час теплової обробки змінюється харчова та біологічна цінність сировини, відбуваються зміни її органолептичних, фізико – хімічних, мікробіологічних та інших показників. Традиційними способами теплової обробки сировини на підприємствах консервної галузі є бланшування (водою або гострою парою), варіння, смаження, підігрівання, уварювання, концентрування та ін. З цією метою використовують різні види апаратів: бланшувачі, варильні котли, вакуумні апарати та ін. Недоліком застосування традиційних видів обладнання для теплової обробки плодоовочевої сировини є застосування жорстких режимів технологічної обробки, які призводять до руйнування та окислення БАР (L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук, хлорофілів, каротиноїдів та ін.). При цьому ступінь руйнування біологічно активних речовин залежить від виду БАР, температури теплової обробки та відбувається переважно за рахунок дії окиснювальних ферментів сировини (пероксидази, поліфенолоксидази, аскорбінооксидази та ін.).

В останні роки на підприємствах харчової галузі, переважно в закладах ресторанної індустрії, їдальнях санаторіїв – профілакторіїв, комбінатів



харчування широко використовується нове покоління теплового обладнання – пароконвекційні печі, що дають змогу об'єднати в одному апараті три процеси - варіння, смаження та приготування на пару. Застосування пароконвекційних печей дає змогу отримати продукти високої якості. Відомими перевагами теплової обробки в пароконвекційній печі є те, що за рахунок конструктивних особливостей апарату, регулювання інтенсивності подачі, температури потоку пари та тиску в середині камери, продукт рівномірно прогрівається і процес кипіння відбувається при температурі від 70°C. Це забезпечує високу якість продукту та значне скорочення терміну виготовлення продукту.

Однак на сьогоднішній день в науковій літературі відсутні дані щодо результатів наукових досліджень вітчизняних та закордонних вчених, які стосуються вивчення процесів, що відбуваються з сировиною при її обробці в пароконвекційній печі, та які дають змогу отримати продукти високої якості.

Виключення складають результати отримані в ДБТУ в межах наукової школи професора Павлюк Р.Ю. Встановлено, що застосування паротермічної обробки каротинвмісних овочів (моркви, гарбуза) спочатку призводить до суттєвого збільшення ферментативної активності, яка у порівнянні з вихідною (свіжою) сировиною збільшується у 4,0...5,5 раз. При подальшій паротермічній обробці відбувається поступова інактивація окиснювальних ферментів. Пояснено механізм. Активація молекул ферментів, що мають білкову природу, відбувається за рахунок збільшення кінетичної енергії молекул при нагріванні продукту. При цьому паралельно відбувається значне руйнування та окислення низькомолекулярних біологічно активних речовин. При подальшому нагріванні продукту поступово відбувається руйнування (деструкція, коагуляція) білкової складової окиснювальних ферментів, руйнування їх активних центрів з подальшою інактивацією ферментів. Після повної інактивації ферментів в продукті зупиняються окиснювальні процеси, що призводять до руйнування біологічно активних речовин та зниження якості продукту.

В завдання роботи входило вивчення впливу паротермічної обробки в сучасних апаратах – пароконвектоматах у порівнянні з варінням у традиційному



обладнанні, а також дрібнодисперсного подрібнення на ферментативні та біохімічні процеси в хлорофілвмісній сировині. Паралельно контролювали вплив зазначених способів теплової обробки та подрібнення ХВО на вміст L-аскорбінової кислоти, яка є найбільш лабільною серед БАР, і зміни вмісту якої в консервній галузі слугують критерієм оцінки якості продуктів при їх переробці. До недоліків та особливостей переробки хлорофілвмісних овочів відноситься побуріння продукту. Це відбувається за рахунок заміщення в молекулах зеленого пігменту хлорофілу комплексно звязаного магнію на водень.

Такі перетворення відбуваються під дією тепла, світла, кисню, рН середовища, традиційних видів теплової обробки ХВО. При цьому утворюється речовина бурого кольору феофітин та суттєво зменшується масова частка хлорофілу. Втрати хлорофілу під дією зазначених факторів становлять від 20 до 100 %. Тому в завдання роботи входило також збереження зеленого кольору та попередження побуріння продуктів із ХВО за рахунок стабілізації хлорофілів а і б.

Дослідження проведені із застосуванням пароконвекційної печі UNOX SPA серії XVC (Італія), що включає 70 програм, які відрізняються температурними режимами, інтенсивністю та кількістю подачі пари, наявністю циркуляції повітря. Для ДД подрібнення використовували Robot Coupe (Франція) (табл. 8).

Проведені модельні дослідження з метою порівняння впливу обробки в пароконвекційній печі та традиційного способу теплової обробки сировини – варіння на ХВО (капусту броколі, брюссельську капусту, шпинат). Порівняння проводили за активністю окиснювальних ферментів (пероксидази, поліфенолоксидази), а також за вмістом масової частки L – аскорбінової кислоти.

Експериментальним шляхом були підібрані оптимальні температурні режими обробки та режим пароутворення. Вони становлять: температура в пароконвектоматі - 105 °С, в продукті – 70...75 °С, режим пароутворення - 100 % (що відповідає максимальній кількості пару). Паротермічну обробку та варіння ХВО проводили протягом 20 хвилин з відбором проб кожну 1 хвилину (в перші 10 хвилин досліджень) та кожні 2 хвилини (протягом наступних 10 хвилин).



Таблиця 8 - Вплив паротермічної обробки, традиційного варіння та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів та L-аскорбінову кислоту хлорофілвісних овочів

Продукт	L-аскорбінова кислота		Окиснювальні ферменти			
	мг в 100 г	% до вихідної сировини	поліфенолоксидаза		пероксидаза	
			мл 0,01 н. І до СР	% до вихідної сировини	мл 0,01 н. І до СР	% до вихідної сировини
капуста броколі						
свіжа	65,0	100,0	108,0	100,0	25,8	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хв.	60,2	90,2	105,8	10,0	2,6	29,8
протягом 10 хв.	52,4	80,9	0	0	0	0
дрібнодисpersне пюре із паротермічно обробленої сировини	102,3	155,0	0	0	0	0
після традиційного варіння протягом 10 хв.	45,6	69,1	50,9	51,0	13,6	51,0
капуста брюссельська						
свіжа	56,8	100,0	42,5	100,0	15,4	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хв.	50,2	89,8	4,2	10,1	5,12	30,0
протягом 10 хв.	46,1	80,5	0	0	0	0
дрібнодисpersне пюре із паротермічно обробленої сировини	98,2	179,5	0	0	0	0
після традиційного варіння протягом 10 хв.	40,3	68,8	20,0	48,5	7,5	50,0
шпинат						
свіжий	75,0	100,0	103,5	100,0	37,5	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хв.	64,0	85,3	0	0	0	0
дрібнодисpersне пюре із паротермічно обробленої сировини	150,0	200,0	0	0	0	0
після традиційного варіння протягом 10 хв.	37,5	50,0	39,4	40,0	18,5	49,2

Встановлено, що ферментативні та біохімічні процеси в хлорофілвмісних овочах під впливом теплової обробки із застосуванням пароконвектомату та під впливом традиційної теплової обробки – варіння відбуваються по-різному.

Встановлено, що окиснювальні ферментативні процеси при обробці



хлорофілвмісних овочів в пароконвектоматі відбуваються із значно меншою інтенсивністю ніж при звичайному варінні (табл. 8).

Так, при паротермічній обробці ХВО протягом 5 хвилин в пароконвектоматі ферментативна активність пероксидази та поліфенолоксидази в капусті броколі та брюссельській зберігається на 10 %, в шпинаті – повністю інактивується. Після обробки ХВО (капусти броколі та брюссельської) в пароконвектоматі протягом 10 хвилин відбувається повна інактивація окиснювальних ферментів.

Що стосується теплової обробки ХВО протягом 10 хвилин в традиційному обладнанні, то повна інактивація окиснювальних ферментів не відбувається. У порівнянні з вихідною сировиною активність ферментів зменшується в 2,0...2,5 рази. Так, активність пероксидази зберігається на 49...51 %, а поліфенолоксидази – на 38,1...47,1 %.

Встановлено, що подальше дрібнодисперсне подрібнення паротермічно оброблених протягом 10 хвилин ХВО до відновлення активності окиснювальних ферментів не призводить.

Показано, що при тепловій обробці ХВО за допомогою обробки в пароконвектоматі та при варінні відбувається зниження вмісту L-аскорбінової кислоти. При пароконвекційній обробці масова частка L-аскорбінової кислоти зменшується до 80,5...85,3 %. При варінні зменшення більш суттєве і становить від 50 % (для шпинату) до 69,1 % (для капусти броколі). Встановлено, що дрібнодисперсне подрібнення паротермічно оброблених протягом 10 хвилин ХВО, під час якого відбувається повна інактивація окиснювальних ферментів, призводить до збільшення масової частки L-аскорбінової кислоти в 1,5...2,0 рази у порівнянні зі свіжою хлорофілвмісною сировиною, що відбувається за рахунок переведення L-аскорбінової кислоти із зв'язаної з біополімерами прихованої форми у вільний стан.

Відсутність дії окиснювальних ферментів в отриманому дрібнодисперсному пюре із ХВО та збільшення масової частки лабільної L-аскорбінової кислоти, на наш погляд, буде сприяти збереженню якості ХВО за вмістом інших БАР та сприятиме стабільності готового продукту.



Головним в роботі було максимально зберегти хлорофіли та інші БАР вихідної (свіжої) сировини при переробці ХВО в оздоровчі нанопродукти, тому наступним завданням було вивчення впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення при отриманні пюре з ХВО на вміст біологічно активних речовин (хлорофілу а і b, β -каротину, фенольних сполук).



STUDY OF THE EFFECT OF STEAM-THERMAL TREATMENT AND FINE GRINDING ON THE QUALITY OF CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES BY THE CONTENT OF BAS WHEN OBTAINING FINELY DISPERSED PUREES FROM THEM

Проведено модельні дослідження щодо вивчення впливу процесів паротермічної обробки хлорофілвмісних овочів на вміст біологічно активних речовин (хлорофілу а і b, β -каротину, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)). Встановлено, що паротермічна обробка хлорофілвмісних овочів із застосуванням режимів, при яких відбувається інактивація ферментів, призводить не тільки до збереження хлорофілів а і b вихідної сировини, а також до більш повного вилучення їх прихованої форми (табл. 9). Показано, що після паротермічної обробки ХВО (капусти броколі, брюссельської капусти) протягом 10 хвилин масова частка хлорофілів а і b у порівнянні з вихідною сировиною (свіжими ХВО) збільшується в 1,4...2,0 рази. Збільшення масової частки хлорофілів а і b після паротермічної обробки шпинату протягом 5 хвилин становить 1,4 рази (табл. 9, рис. 12).

Механізм збільшення пов'язаний з інактивацією окиснювальних ферментів і термодеструкцією (термолізом) водневих та інших зв'язків між прихованими в наноконплєксах з біополімерами (полісахаридами, білками та ін.) формами хлорофілів. При цьому відбувається трансформація хлорофілів із зв'язаного з біополімерами стану у вільну форму, що фіксується хімічними методами.

Встановлено, що аналогічний ефект відбувається з β -каротином.

У порівнянні зі свіжими ХВО при паротермічній обробці протягом 10 хв. (та 5 хв. для шпинату) масова частка β -каротину збільшується у 2 рази (табл. 9, рис. 12). Так, масова частка β -каротину в 100 г свіжого шпинату становить 10,5 мг, а після обробки в пароконвектоматі - 21,2 мг. Для 100 г свіжої та паротермічно обробленої капусти броколі масова частка β -каротину становить відповідно 9 мг та 17,5 мг, для брюссельської – відповідно 6,2 та 15,0 мг.

Показано, що паротермічна обробка хлорофілвмісних овочів, як і обробка в традиційному тепловому обладнанні, призводить до зменшення масової частки



L-аскорбінової кислоти та фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою). Втрати L-аскорбінової кислоти при паротермічній обробці ХВО становлять 14,7...19,5% (табл. 8). Зменшення масової частки фенольних сполук становить в залежності від виду ХВО 19,5...20,6 % (табл. 9).

Таблиця 9 - Вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвмісних овочів на вміст біологічно активних речовин

Продукт	Масова частка БАР							
	хлорофілів				β-каротину		фенольних сполук	
	а		b		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				
капуста броколі								
свіжа	98,0	100,0	195,0	100,0	9,0	100,0	270,0	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хвилин	138,0	140,2	275,3	141,2	17,5	194,5	237,6	88,0
10 хвилин	162,1	165,4	319,2	163,7	20,3	225,6	214,4	79,4
дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	205,0	209,2	390,6	200,1	30,2	333,0	375,0	140,0
капуста брюссельська								
свіжа	60,2	100,0	125,5	100,0	6,2	100,0	210,0	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хвилин	81,4	135,0	175,6	140,2	12,6	200,0	185,0	88,1
10 хвилин	94,2	156,5	202,4	161,3	15,0	241,9	168,4	80,2
дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	121,4	200,1	261,2	208,5	20,6	330,0	315,0	150,0
шпинат								
свіжий	147,4	100,0	280,0	100,0	10,5	100,0	280,4	100,0
після паротермічної обробки протягом 5 хвилин	198,1	140,0	380,5	136,5	21,2	201,1	225,7	80,5
дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	301,8	205,1	565,2	201,5	32,3	302,4	421,8	145,0

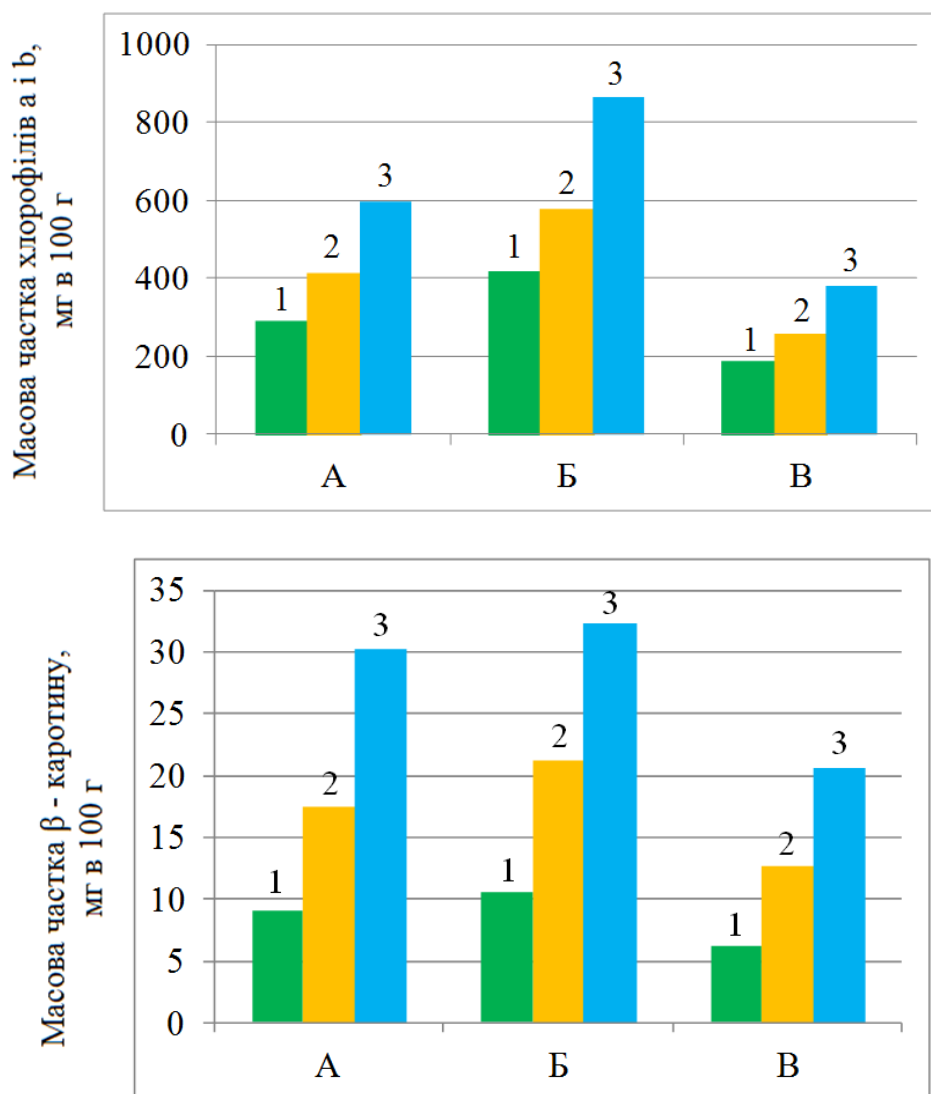


Рисунок 12 - Вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення хлорофілвісних овочів на масову частку хлорофілів а і b та β -каротину; де: 1, 2 – хлорофілвісні овочі свіжі (1), паротермічно оброблені (2), 3 – дрібнодисперсне пюре із паротермічно оброблених ХВО (3); А – капуста броколі, Б – шпинат, В – капуста брюссельська

Вивчено вплив дрібнодисперсної обробки паротермічно оброблених ХВО на масову частку БАР. Встановлено, що при дрібнодисперсному подрібненні паротермічно оброблених ХВО відбувається значно більший ефект вилучення прихованих форм БАР. Слід зазначити, що при дрібнодисперсному подрібненні паротермічно оброблених хлорофілвісних овочів збільшується не тільки масова частка хлорофілів та β -каротину, а і масова частка L-аскорбінової кислоти



та фенольних сполук. Так, у порівнянні з вихідною сировиною збільшення становить: для L - аскорбінової кислоти – 1,2...1,4 раз, для β -каротину – 3,0...3,8 раз (рис. 14), хлорофілів а і b – 2,0...2,1 раз, для фенольних сполук – 1,4...1,5 раз.

Показано, що застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення ХВО дає змогу зберегти хлорофіл вихідної свіжої сировини та запобігти процесам побуріння продукту. Крім того, метод дозволяє вилучити приховані форми хлорофілу та інших БАР і отримати продукти зеленого кольору з високим вмістом хлорофілу та інших біологічно активних речовин.



COMPARISON OF THE QUALITY BY THE CONTENT OF BAS OF FINELY DISPERSED PUREES FROM CVO OBTAINED USING STEAM-THERMAL AND CRYOGENIC TREATMENT

На прикладі шпинату проведено порівняння якості за вмістом БАР (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук) дрібнодисперсних пюре із хлорофілвмісних овочів отриманих з використанням паротермічної обробки з якістю пюре отриманих за новою криогенною технологією, а також з якістю вихідної свіжої сировини (табл. 10).

Таблиця 10 - Порівняльна таблиця якості свіжого шпинату та дрібнодисперсного пюре отриманого із застосуванням паротермічної обробки (або криогенного «шокового» заморожування)

Продукт	Масова частка БАР							
	L-аскорбінової кислоти		хлорофілів а 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 із шпинату паротермічно обробленого	127,2	200,0	980,2	271,0	26,9	302,4	345,3	145,0
криогенно обробленого	143,0	225,0	1213,1	335,0	31,2	350,6	465,0	195,7

Встановлено, що якість дрібнодисперсного пюре із хлорофілвмісних овочів отриманого з використанням паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення наближається до якості пюре отриманого із застосуванням нової криогенної технології заснованої на комплексному впливі криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення та значно перевищує якість вихідної сировини (табл. 10). Крім того, значно перевищує якість пюре-аналогів, що отримані з використанням традиційних методів теплової обробки та подрібнення, при яких втрати БАР



становлять від 20 до 80 %.

Таким чином, комплексне застосування обробки в пароконвектоматі у поєднанні з дрібнодисперсним подрібненням при отриманні пюре можна розглядати як альтернативний кріогенній обробці метод глибокої переробки сировини (без застосування низьких температур), що дає змогу зберегти та максимально використати закладений в свіжій сировині біологічний потенціал.

На основі дрібнодисперсних пюре із ХВО розроблено широкий асортимент зелених продуктів для оздоровчого харчування, що знаходяться в легкозасвоюваній нанорозмірній формі. Розроблено: супи-пюре, наносорбети, нанопаї, соуси-дресінги. Вивчено якість, проведено порівняння з аналогами. Встановлено, що нові види нанопродуктів із хлорофілвмісних овочів за вмістом комплексу БАР (хлорофілу, аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук та ін.) перевищують існуючі аналоги. Встановлено, що в 1 порції продуктів міститься від 1/3 до добової потреби людини в зазначених видах БАР. За вмістом БАР нові види продуктів можна віднести до продуктів оздоровчої дії та рекомендувати для імунопрофілактики населення.



STUDY OF THE QUALITY OF HERBAL SUPPLEMENTS - PRESCRIPTION COMPONENTS IN THE DEVELOPMENT OF PRODUCTS FOR HEALTH FOOD WITH THE USE OF CVO AND FROZEN FINELY DISPERSED SUPPLEMENTS FROM THEM

В завдання роботи входила розробка нового покоління оздоровчих продуктів – нанопаїв, плодоовочевого морозива (сорбетів), начинок для кондитерських виробів з використанням заморожених дрібнодисперсних добавок із ХВО. Як інновацію при розробці нанопаїв як натуральну рослинну основу поряд з кріопюре із шпинату використовували комбінацію ще 2 - х видів отриманих в межах наукової школи кафедри добавок: в формі дрібнодисперсних заморожених кріопюре із плодоовочевої сировини (яблук, імбиру, лимону з цедрою) та в формі водно-спиртових фітоекстрактів із натуральних прянощів (майорану, кардамону, естрагону, коріандру).

Вивчено якість дрібнодисперсних заморожених добавок у формі кріопюре за вмістом біологічно активних (L-аскорбінової кислоти, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин) та структуроутворюючих речовин (пектинових речовин, целюлози) (табл. 11-12). Кріогенне заморожування проводили з використанням програмного кріогенного «шокового» заморожувача із застосуванням як холодоагенту та інертного середовища рідкого азоту. Температура в морозильній камері становила -60°C . Плоди та овочі заморожували з різною високою швидкістю до різних кінцевих температур в продукті. Для дрібнодисперсного подрібнення використовували низькотемпературний подрібнювач «РасоJet» (Італія), «Robot Coupe» (Франція).

Показано, що у порівнянні зі свіжою сировиною заморожені кріопюре із яблук, лимонів з цедрою, імбиру відрізняються значно вищим вмістом БАР, що мають імуномодулюючі, антиокиснювальні властивості: L-аскорбінової кислоти - в 2,1...2,3 рази, низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою, за рутином) – в 1,6...1,8 раз, дубильних речовин – в 1,5...1,8 раз (табл. 11-12).

Встановлено, що 100 г кріопюре здатні задовольнити від 1 (кріопюре із



яблук) до 1,5 (кріопюре із лимонів з цедрою) добових потреб людини в L-аскорбіновій кислоті, містять значну кількість низькомолекулярних фенольних сполук (410...720 мг в 100 г), флавонолових глікозидів (65,1...204,1 мг в 100 г) та дубильних речовин (280,1...623,7 мг в 100 г).

Крім того, вивчено вміст в кріопюре пектинових речовин та целюлози – речовин, що мають структуроутворюючі властивості.

Таблиця 11 - Якість дрібнодисперсних заморожених кріопюре із яблук, імбиру, лимонів з цедрою за вмістом БАР та структуроутворюючих речовин у порівнянні зі свіжою сировиною

Продукт	Масова частка, мг в 100 г				Масова частка, %	
	L-аскорбінової кислоти	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавонолових глікозидів (за рутином)	дубильних речовин (за таніном)	пектинових речовин	целюлози
Яблука свіжі	32,2±1,2	410,6±26,1	120,2±5,4	320,3±7,4	1,5±0,1	1,6±0,2
кріопюре	75,4±2,8	670,2±10,5	204,1±12,5	560,2±10,5	7,2±0,3	1,3±0,1
Лимони свіжі	60,2±3,2	305,2±10,2	65,1±5,2	280,1±5,6	1,8±0,1	2,5±0,1
кріопюре	125,6±4,2	550,3±12,5	110,6±4,5	420,0±10,3	7,5±0,4	2,1±0,2
Імбир свіжий	42,0±1,5	395,0±15,2	92,2±4,6	350,0±14,1	0,9±0,1	2,7±0,1
кріопюре	87,7±3,5	720,5±28,8	156,7±6,3	623,7±25,0	2,7±0,1	2,2±0,1

Показано, що кріопюре зі шпинату містить значну кількість пектинових речовин (5,9 %) та целюлози (1,3 %). Встановлено, що заморожені кріопюре відрізняються від вихідної (свіжої) плодоовочевої сировини значно більшим вмістом розчинних пектинових речовин – в 3,0...4,8 раз. Встановлено, що масова частка целюлози зменшується на 20 %.

Показано, що кріопюре із шпинату відрізняється значним вмістом хлорофілів а і b (855,1 мг в 100 г), L-аскорбінової кислоти (75,0 мг в 100 г), містить низькомолекулярні фенольні сполуки, масова частка яких в 100 г



Таблиця 12 - Якість дрібнодисперсного замороженого кріопюре зі шпинату за вмістом БАР та структуроутворюючих речовин в порівнянні зі свіжою сировиною

Продукт	Масова частка, мг в 100 г						Масова частка, %	
	хлорофілів а і б	L-аскорбінової кислоти	β - каротину	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавонолових глікозидів (за рутином)	дубильних речовин (за таніном)	пектинових речовин	целюлози
Шпинат свіжий	427,4	75,0	10,5	280,4	75,5	350,0	1,3	1,9
кріопюре	855,1	168,8	36,8	548,7	220,0	787,5	5,9	1,3

продукта за хлорогеновою кислотою становить 548,7 мг, за рутином – 220,0 мг, а також дубильні речовини – 787,5 мг.

Показано, що всі дослідні зразки заморожених кріопюре зі шпинату, яблук, лимонів з цедрою, імбиру знаходяться в наноструктурованій формі та мають розмір частинок в десятки разів менший, ніж традиційне пюре.

Отримані однокомпонентні кріопюре із плодоовочевої сировини були використані як натуральні збагачувачі БАР та структуроутворювачі при розробці нових видів нанонапоїв, а кріопюре із суміші плодоовочевої сировини – при розробці нових видів морозива.

В завдання роботи також входило вивчення якості другого виду добавок, що використовувались при виготовленні нанонапоїв, - добавок у формі водно - спиртових фітоекстрактів (або настоїв) із пряно-ароматичної рослинної сировини (ПАРС): кардамону (*Elettaria cardamorum* Maton), майорану садового (*Majoran nortensis* Moench), плодів коріандру (*Coriandri fructus*) та естрагону (*Artemisia dracunculus*). Екстракти із ПАРС були виготовлені методом настоювання з використанням як інновації ДД подрібнення на стадії попередньої підготовки сировини до екстракції, що у порівнянні з класичною технологією виготовлення настоїв дає можливість інтенсифікувати процес вилучення в



розчин екстрактивних БАР та суттєво скоротити тривалість процесу екстракції (рис. 13).

Метод настоювання з використанням як інновації дрібнодисперсного подрібнення на стадії попередньої підготовки сировини до екстракції був розроблений в межах наукової школи кафедри та впроваджений у виробництво на підприємствах України, Латвії.

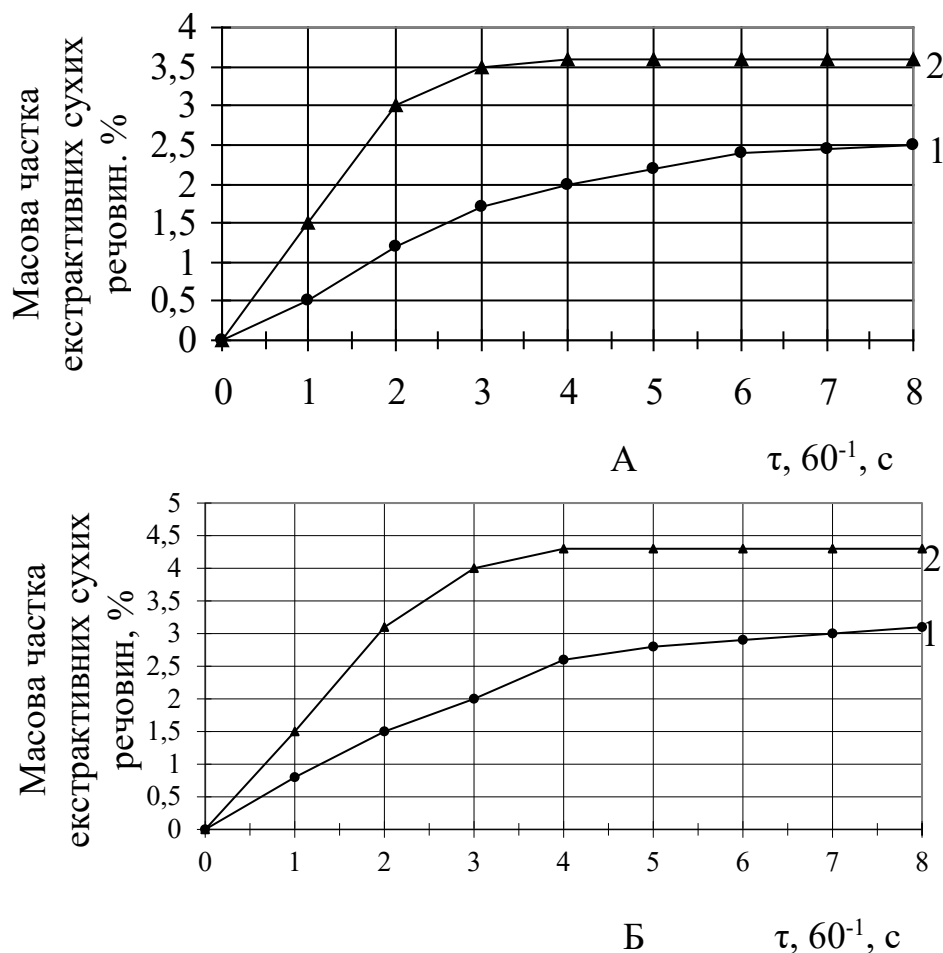


Рисунок 13 - Ступінь вилучення екстрактивних БАР пряно-ароматичної рослинної сировини в залежності від способу подрібнення:

1, 2 – традиційний (1) та дрібнодисперсний (2) спосіб подрібнення; А, Б – пряно – ароматична рослинна сировина: майоран (А), естрагон (Б)

Показано, що у порівнянні з традиційним способом подрібнення ПАРС на стадії попередньої підготовки сировини до екстракції застосування дрібнодисперсного подрібнення пряно-ароматичної рослинної сировини при отриманні водно-спиртових фітоекстрактів збільшує в 1,4...1,5 раз вихід із



сировини екстрактивних сухих речовин і прискорює в 2 рази процес екстракції.

Показано, що вміст сухих речовин в водно - спиртових фітоекстрактах складає від 2,0 до 4,8% в 100 мл. Кількість екстрактивних речовин в фітоекстрактах залежить від хімічного складу вихідної сировини, будови рослинних тканин, клітин сировини та кількості біологічно активних речовин, що знаходяться у зв'язаному стані в асоціатах (або наноконкомплексах) з біополімерами полісахаридів, білків, дубильних речовин та ін.

Показано, що фітоекстракти із досліджуваних зразків ПАРС містять в своєму складі БАР антиоксидантної, консервуючої дії. Встановлено, що масова частка БАР в 100 мл фітоекстрактів становить: низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) - від 320,6 мг (в коріандрі) до 1210,6 мг (в майорані), дубильних речовин (за таніном) – від 302,6 мг (в коріандрі) до 890,8 мг (в кардамоні), вільних катехінів (за d -катехіном) – від 41,2 мг (в коріандрі) до 310,23 мг (в майорані), флавонолових глікозидів (за рутином) – від 115,4 мг (в кардамоні) до 199,4 мг (в коріандрі), ароматичних речовин (за числом аромату) – 82,3 мг $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (в естрагоні) до 168,8 мг $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ (в кардамоні), L-аскорбінової кислоти – від 5,1 мг (в коріандрі) до 10,4 мг (кардамоні) (табл. 13).

Встановлено, що серед досліджуваних зразків ПАРС найбільшим вмістом ароматичних та дубильних речовин відрізняється фітоекстракт із кардамону, масова частка яких в 100 мл екстракту відповідно становить 168,8 мг $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ та 890,8 мг. Крім того, фітоекстракт із кардамону містить також найбільшу кількість L-аскорбінової кислоти (10,4 мг). Найбільшою кількістю низькомолекулярних фенольних сполук відрізняється фітоекстракт із майорану.

Отримані однокомпонентні кріопюре та суміші кріопюре із плодовоовочевої сировини були використані як натуральні збагачувачі БАР та структуроутворювачі при розробці нових видів нанопаїв та морозива. Крім того, при виробництві нанопаїв були використані також фітоекстракти із натуральних прянощів як натуральні ароматизатори та консерванти.



Таблиця 13 - Якість настоїв із пряно-ароматичної рослинної сировини за вмістом БАР та за фізико-хімічними показниками

Найменування показника	Водно-спиртові екстракти із пряно – ароматичної рослинної сировини			
	кардамону	майорану	естрагону	коріандру
Ароматичні речовини (за числом аромату), мл $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ в 100 мл	168,8±5,1	152,4±4,6	82,3±2,5	140,2±4,2
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 мл	540,6±16,2	1210,6±36,3	860,4±25,2	320,6±9,6
Флавонолові глікозиди (за рутином), мг в 100 мл	115,4±3,5	189,2±5,7	145,5±4,4	199,4±6,0
Вільні катехіни (за d -катехіном), мг в 100 мл	156,4±4,7	310,2±9,3	320,6±9,6	41,2±1,2
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 мл	890,8±26,7	505,6±15,2	405,6±12,2	302,6±9,6
L-аскорбінова кислота, мг в 100 мл	10,4±0,3	8,9±0,3	6,5±0,2	5,1±0,2
Сухі речовини, %	3,5±0,1	4,8±0,2	4,3±0,2	2,0±0,1



DEVELOPMENT OF A “GREEN LINE” OF FRUIT AND VEGETABLE NANODRINKS FOR HEALTH FOOD WITH THE USE OF FROZEN FINELY DISPERSED SUPPLEMENTS FROM CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES

Головним при розробці нового покоління нанопоїв для оздоровчого харчування із застосуванням отриманих за кріотехнологією заморожених дрібнодисперсних добавок із хлорофілвмісних овочів (шпинату) було отримати нанопої з м'якоттю натурального зеленого кольору, що не розшаровуються, не містять традиційних харчових домішок (стабілізаторів, барвників, ароматизаторів, консервантів) і синтетичних компонентів та відрізняються від аналогів значною кількістю натуральних БАП, що сприяють зміцненню імунітету людини, мають детоксикуючі, протипухлинні властивості.

В зв'язку з цим як натуральні зелені барвники використовували заморожені кріопюре із шпинату, що є джерелом хлорофілів. Як стабілізатори структури в нанопої були введені заморожені кріопюре із яблук і лимонів з цедрою, що є носіями розчинних пектинових речовин та розчинних білків у формі вільних амінокислот, дипептидів, тритерпеноїдів, які знаходяться в кріопюре в іономолекулярному та колоїдному стані і утворюють з водою та між собою стійкі колоїдні наноконплекси, що забезпечує однорідну консистенцію і стабільну текстуру нанопоїв з м'якоттю, що не розшаровуються.

Як натуральні консерванти та ароматизатори при виробництві нанопоїв використовували фітоекстракти із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру), що є джерелом ненасичених низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних та ароматичних речовин. Крім того, всі види кріопюре та екстрактів використовувались при виробництві нанопоїв з мякоттю як збагачувачі БАП, що сприяють зміцненню імунітету людини та мають детоксикуючі, протипухлинні та інші властивості.

Розроблено технологію, технологічну схему виробництва та 2 рецептури «зеленої лінійки» натуральних нанопоїв «Green Drink» та «Green Tonique» для оздоровчого харчування із застосуванням замороженої дрібнодисперсної



кріодобавки із хлорофілвмісних овочів у формі кріопюре із шпинату. До складу рецептур входять 4 види кріопюре (із яблук, шпинату, лимону з цедрою, імбиру), суміш фітоекстрактів із пряно - ароматичної рослинної сировини (кардамон, майоран, естрагон, коріандр у співвідношенні 1 : 1 : 1 : 1), натуральний ароматизатор «Арома», цукор-пісок та вода (табл. 14).

Таблиця 14 - Рецептури «зеленої лінійки» нанонапоїв для оздоровчого харчування (кг на 1000 л готового продукту)

Найменування компонентів	Назва нанонапою для оздоровчого харчування	
	«Green Drink»	«Green Tonique»
Кріопюре із яблук	300	300
Кріопюре із шпинату	100	100
Кріопюре із лимону з цедрою	50	20
Кріопюре із імбиру	-	30
Суміш фітоекстрактів із пряно - ароматичної рослинної сировини (кардамон, майоран, естрагон, коріандр у співвідношенні 1 : 1 : 1 : 1)	20	20
Натуральний ароматизатор «Арома»	20	20
Цукор – пісок	60	60
Вода питна	450	450
Всього:	1000	1000

Рецептури нанонапоїв відрізняються між собою кількістю кріопюре із лимону з цедрою (50 кг - «Green Drink», 30 кг - «Green Tonique»), а також наявністю в складі нанонапою кріопюре із імбиру (в «Green Tonique» - 30 кг, в «Green Drink» - відсутній).

Визначені та обґрунтовані технологічні режими виробництва нових видів нанонапоїв, розроблено нормативну документацію, проведено апробацію під час участі на міжнародних кулінарних фестивалях. Принципова технологічна схема виробництва «зеленої лінійки» нанонапоїв для оздоровчого харчування представлена на рисунку 14.



Рисунок 14 – Принципова технологічна схема виробництва «зеленої лінійки» нанонапоїв для оздоровчого харчування із застосуванням заморожених дрібнодисперсних кріопюре із хлорофілвісних овочів

Технологія виробництва полягає в отриманні цукрового сиропу, в веденні в нього при безперервному перемішуванні кріопюре із яблук, імбиру, лимону з цедрою, пастеризації отриманої купажної суміші, її охолодженні до кімнатної температури та внесенні в неї 3-х рецептурних компонентів: суміші фітоекстрактів із пряно-ароматичної рослинної сировини (кардамону, майорану, естрагону, коріандру), натурального ароматизатору «Арома» та дрібнодисперсної добавки із ХВО в формі кріопюре із шпинату.

Отримані нанонапої призначені для виробництва на підприємствах ресторанного бізнесу і можуть бути відразу реалізовані або направлені на тимчасове холодильне зберігання до реалізації.

Вивчено якість отриманих нанонапоїв за органолептичними, фізико-хімічними показниками та вмістом БАР (табл. 15).



Таблиця 15 - Якість нових видів «зеленої лінійки» нанонапоїв для оздоровчого харчування за вмістом БАР та структуроутворюючих речовин

Найменування показників	Плодоовочеві нанонапої			
	«Green-Drink»		«Green-Tonique»	
	Масова частка		Масова частка	
	в 100 мл	в 200 мл	в 100 мл	в 200 мл
Хлорофіли а і b, мг в 100 мл	70,2±2,1	140,4±4,2	70,5±2,2	141,0±4,4
β-каротин, мг в 100 мл	3,2±1,0	6,4±2,0	3,2±0,9	6,4±1,8
L-аскорбінова кислота, мг в 100 мл	37,5±1,2	75,0±2,4	36,6±1,1	73,2±2,2
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 мл	244,4±7,3	488,8±14,6	248,6±7,5	497,2±15,0
Флавонолові глікозиди (за рутином), мг в 100 мл	75,4±2,3	150,8±4,6	76,6±2,3	153,2±4,6
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 мл	228,2±6,8	456,4±13,6	233,2±7,0	466,4±14,0
Пектинові речовини, %	2,6±0,1	5,2±0,2	2,4±0,1	4,8±0,2
Целюлоза, %	0,6±0,1	1,2±0,1	0,7±0,1	1,4±0,2
Органічні кислоти, %	2,2±0,1		2,2±0,1	
Сухі речовини, %	12,0±0,5		12,0±0,5	

При вивченні органолептичних показників нових видів нанонапоїв було встановлено, що вони являють собою однорідну гомогенну, рівномірно забарвлену рідину насиченого зеленого кольору, мають кисло – солодкий смак, а також оригінальний аромат з пряним відтінком властивим суміші натуральних прянощів. Нові напої мають стабільну консистенцію, що не розшаровується при зберіганні, та не містять синтетичних компонентів.

Показано, що нові види нанонапоїв, отриманих із використанням заморожених дрібнодисперсних добавок у формі кріопюре із плодовоовочевої сировини (шпинату, яблук, імбиру, лимону з цедрою) та добавок у формі фітоекстрактів із натуральних прянощів (майорану, кардамону, естрагону,



коріандру) відрізняються рекордним вмістом хлорофілів, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин та інших БАР (табл. 15).

Встановлено, що в 100 мл нанонапою міститься $\frac{1}{2}$ добової потреби в β -каротині, L-аскорбінової кислоті, $\frac{1}{3}$ рекомендованої добової потреби в хлорофілі, значна кількість низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою, за рутином), дубильних речовин. В одній порції нових видів нанонапоїв міститься добова потреба в β -каротині (6,4 мг), L-аскорбінової кислоті (73,2...75,0 мг), $\frac{2}{3}$ рекомендованої добової потреби в хлорофілі (140,4...141,0 мг), значна кількість фенольних сполук за хлорогеновою кислотою (488,8...497,2 мг) та за рутином (150,8...153,2 мг), дубильних речовин (456,4...466,4 мг).

Відповідно до рекомендацій МОЗ України, при наявності в 1 порції продукту БАР в кількості, що здатні задовольнити від $\frac{1}{10}$ до добової потреби людини, такі продукти відносяться до продуктів оздоровчої дії.

Високий вміст БАР в нових видах нанонапоїв досягається за рахунок використання як рецептурних компонентів кріодобавок із хлорофілвмісних овочів та кріодобавок із плодоовочевої рослинної сировини, які отримані за інноваційними технологіями, що включають комплексний вплив на сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення. Комплексне застосування зазначених факторів дозволяє більш повно розкрити та зруйнувати не тільки клітини рослинної сировини, а також складні наноасоціати або наноконплекси низькомолекулярних БАР (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук та ін.), дубильних речовин з біополімерами (целюлози, пектину, білку та ін.) та вивільнити і трансформувати зв'язані приховані форми БАР у вільні, що легко засвоюються організмом людини.

Отримані нові види нанонапоїв не мають аналогів та за вмістом БАР можна віднести до продуктів оздоровчої дії.

Технологія виробництва «зеленої лінійки» натуральних нанонапоїв для



оздоровчого харчування Green Drink», «Green Tonique» із застосуванням замороженої дрібнодисперсної добавки із шпинату пройшла апробацію у виробничих умовах на підприємстві м. Харкова (ТОВ «ХПК»). Нові нанонапої пройшли апробацію під час участі в Міжнародного кулінарного фестивалю «Оттоманська кухня». За результатами участі в арт-класі «Оздоровчі продукти ХХІ століття» представлені нанонапої отримали позитивну оцінку міжнародної спільноти біля 30 країн світу та були відзначені золотою медаллю за креативність рішення при отриманні «зеленої лінійки» натуральних нанонапоїв «Green Drink» та «Green Tonique».



DEVELOPMENT OF A “GREEN LINE” OF FRUIT AND VEGETABLE ICE CREAM FOR HEALTH FOOD WITH THE USE OF CHLOROPHYLL-CONTAINING VEGETABLES

Серед оздоровчих продуктів із плодів, ягід, овочів особливе місце займає плодоовочеве морозиво, яке користується популярністю населення різних країн. Його традиційно виробляють без застосування молока на основі плодоовочевих сиропів з використанням як рецептурних компонентів пюре та соків. Заморожування та зберігання проводять при температурі -18°C . Термін зберігання становить 10 місяців. Недоліком традиційних видів плодоовочевого морозива є низький вміст натуральних вітамінів та інших БАР свіжої рослинної сировини, значна кількість яких втрачається під час виробництва пюре та соків – рецептурних компонентів морозива (від 20 до 80 %), а також під час зберігання вже готового морозива (від 20 до 50%). Ще одним недоліком плодоовочевого морозива є застосування при його виробництві різних видів харчових добавок (барвників, структуроутворювачів, загусників, ароматизаторів та ін.), що негативно впливають на організм людини.

Слід зазначити, що протягом останніх 10 років в провідних країнах світу змінилися вимоги споживачів та виробників морозива до його якості за вмістом БАР, джерелом яких є плодоовочева сировина та продукти із неї, а також за наявністю різних видів штучних компонентів (ароматизаторів, барвників, структуроутворювачів та ін.). В провідних країнах світу головною вимогою до якості морозива сьогодні є максимальна натуральність, а також наявність в їх складі компонентів та речовин, що сприяють зміцненню здоров'я [198, 199]. Цього можна досягти за рахунок використання при їх виробництві як рецептурного компоненту плодоовочевої сировини та сучасних методів переробки, що дають змогу максимально зберегти якість вихідної рослинної сировини за вмістом БАР.

На сьогоднішній день одним із перспективних способів переробки плодів, ягід, овочів є кріогенна обробка сировини під час «шокового» заморожування та подрібнення з використанням кріогенних рідин. Кріогенний спосіб обробки



забезпечує найбільш високий ступінь збереження вітамінів та інших БАР вихідної (свіжої) сировини. Встановлено, що чим більша швидкість заморожування продуктів, тим краще зберігаються вітаміни та інші БАР, а також тим менші втрати клітинного соку при розморожуванні. Для різних видів сировини рослинного, тваринного походження актуальним є пошук технологічних прийомів підготовки та режимів заморожування, що дозволяють не тільки зберегти вітаміни та інші компоненти свіжої сировини, а також дають можливість більш повно розкрити та використати закладений в сировині біологічний потенціал.

Так, за даними фахівців німецької фірми VERU, застосування кріогенного «шокового» заморожування із використанням рідкого азоту при виготовленні плодовоовочевого морозива призводить до отримання морозива високої якості без використання будь-яких харчових добавок (ароматизаторів, барвників, структуроутворювачів, загусників, тощо). Розроблені фахівцями німецької фірми VERU види морозива високої якості без синтетичних домішок рекомендовані для здорового харчування VIP-контингенту. Їх ціна у порівнянні з плодовоовочевими видами морозива отриманими за традиційними технологіями є більш високою. Слід зазначити, що розробляючи нові види морозива з використанням рідкого азоту фахівці німецької фірми VERU не ставлять собі за мету виявити механізми впливу та пояснити процеси, що відбуваються в плодовоовочевій сировині під час заморожування та подрібнення із застосуванням кріогенних рідин, що дають можливість отримати морозиво високої якості, стабільного кольору та консистенції без застосування харчових домішок.

В Україні на сьогоднішній день кріогенний спосіб виробництва морозива не знайшов належного застосування. Не розроблені кріотехнології та не вивчені біохімічні, фізико-хімічні процеси при кріозаморожуванні та кріоподрібненні фруктів, ягід, овочів та при виготовленні плодовоовочевого морозива без застосування харчових домішок, синтетичних барвників та ароматизаторів.

В завдання роботи входила розробка технології нового покоління оздоровчих продуктів - плодовоовочевого морозива із суміші свіжих фруктів та



овочів. Як інновацію було запропоновано використовувати кріогенне «шокове» заморожування та низькотемпературне дрібнодисперсне подрібнення свіжої плодоовочевої сировини, що дало змогу отримати нові види морозива в нанорозмірній формі з рекордним вмістом БАР (в 2...3,5 рази більше ніж у вихідній сировині), барвних речовин та виключити необхідність застосування при їх виробництві харчових добавок, які зазвичай входять до складу морозива. Від традиційної технології виробництва плодоовочевого морозива нова технологія відрізняється застосуванням більш низької температури в морозильній камері (-60°C замість -18° С) та заморожуванням продукту з високою швидкістю до більш низької кінцевої температури продукту (-32...-35°C замість -18° С) за рахунок використання рідкого азоту. Крім того, технологія включає застосування низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення замороженої суміші плодів та овочів до частинок, розмір яких в десятки раз менший ніж традиційного морозива та заморожених пюре із плодоовочевої сировини.

Розроблено рецептури, технологію та технологічну схему виробництва 3-х видів «зеленої лінійки» плодоовочевого морозива із використанням як рецептурних компонентів свіжих яблук, лимонів з цедрою, бананів, імбиру та хлорофілвмісного овочу шпинату (табл. 16).

Рецептури нових видів морозива відрізняються між собою кількістю компонентів плодоовочевої сировини (яблук, лимонів, імбиру, бананів). Серед рецептур найбільшою кількістю яблук відрізняється рецептура «Green power», лимонів та імбиру – «Green pleasure», бананів - «Green pro». Як натуральний зелений барвник – збагачувач БАР при розробці нових видів наносорбетів був використаний шпинат, кількість якого в кожній рецептурі становить 10 %.

Технологія заснована на комплексному використанні кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого азоту та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення плодоовочевої сировини як інноваційного методу структуроутворення та отримання морозива з



**Таблиця 16 - Рецептури «зеленої лінійки» морозива- сорбетів для
оздоровчого харчування (кг на 1000 л готового продукту)**

Найменування компонентів	Назва наноморозива для оздоровчого харчування		
	«Green pleasure»	«Green power»	«Green pro»
Яблука	650	675	640
Шпинат	100	100	100
Лимон	70	50	60
Імбир	30	25	20
Банан	50	50	80
Цукор – пісок	50	50	50
Вода питна	50	50	50
Всього:	1000	1000	1000

рекордним вмістом натуральних БАР, барвних та ароматичних речовин, що дає змогу виключити необхідність використання при виробництві морозива традиційних харчових добавок (структуроутворювачів, барвників, ароматизаторів, збагачувачів вітамінами). Натуральна плодоовочева сировина при виготовленні морозива виступає як чотири в одному: натуральний збагачувач БАР, структуроутворювач, барвник і ароматизатор (рис. 15).

Відпрацьовано технологічні режими виробництва нових видів плодоовочевого морозива на стендовому напівпромисловому обладнанні, розроблено нормативну документацію (ТУ), проведено апробацію у виробничих умовах.

Технологія виробництва плодоовочевого морозива полягає в паралельному виготовленні і охолодженні цукрового сиропу та попередній обробці свіжої плодоовочевої сировини перед кріогенним «шоковим» заморожуванням, що включає сортування, миття, інспекцію, очищення, нарізання на шматочки товщиною 0,5...1 см та грубе подрібнення шпинату. Потім відбувається складання, змішування рецептурної суміші підготовленої плодоовочевої сировини з охолодженим цукровим сиропом та кріогенне «шокове» заморожування з використанням рідкого азоту отриманої суміші в морозильній камері, що має температуру -60°C до досягнення температури в продукті -32...-35°C. Отриману заморожену суміш спрямовують на низькотемпературне



Рисунок 15 - Принципова технологічна схема виробництва «зеленої лінійки» плодовоовочевого морозива-наносорбетів з використанням кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення

дрібнодисперсне подрібнення, фрізерування, фасування, пакування, загартування та зберігання готового продукту при температурі -18°C . При цьому витрати рідкого азоту на заморожування 1 кг рецептурної суміші морозива становлять від 0,5 до 1,0 л. Отримані нові види плодовоовочевого морозива виготовлені виключно із натуральних інгредієнтів (фруктів, овочів) та не містять в своєму складі різних видів харчових добавок (стабілізаторів, загущувачів, емульгаторів, барвників та ін.).

Досліджено якість 3-х нових видів «зеленої лінійки» плодовоовочевого морозива, що отримали назви «Green pleasure», «Green power», «Green pro» за вмістом БАР (хлорофілів а і b, L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук, дубильних речовин), пектинових речовин, целюлози, за органолептичними, фізико-хімічними, структурно-механічними показниками (швидкістю танення, збитістю) у порівнянні з аналогом. Як аналог



використовували зелене морозиво – сорбет «Melona» (ТМ «Хладик»).

Показано, що нові види морозива відрізняються високим вмістом біологічно активних речовин, поліпшеними структурно-механічними характеристиками, оригінальним натуральним кольором, смаком, ароматом і відсутністю в їх складі синтетичних компонентів.

Показано, що всі нові види морозива-сорбетів отримані із плодовоовочевої сировини у порівнянні з аналогом містять рекордну кількість натуральної L-аскорбінової кислоти, β -каротину, хлорофілів а і b. Так, 100 г нових видів морозива здатні задовольнити добову потребу людини в L-аскорбіновій кислоті, 1/2 добової потреби в β -каротині та хлорофілах а і b (табл. 17).

Таблиця 17 - Вміст БАР та фізико-хімічні показники «зеленої лінійки» нових видів плодовоовочевого морозива-сорбетів з використанням хлорофілвмісного овочу шпинату у порівнянні з аналогом

Найменування показника, мг в 100 г	Найменування плодовоовочевого морозива-сорбетів			
	«Green pleasure»	«Green power»	«Green pro»	«Melona» (Аналог)
Хлорофіли а і b	85,0 $\pm$ 2,6	85,0 $\pm$ 2,6	85,0 $\pm$ 2,6	0
β -каротин	3,7 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	3,7 $\pm$ 0,1	0
L-аскорбінова кислота	77,1 $\pm$ 2,3	76,0 $\pm$ 2,2	74,2 $\pm$ 2,2	13,0 $\pm$ 0,4
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	355,1 $\pm$ 10,7	357,3 $\pm$ 10,7	344,8 $\pm$ 10,3	20,2 $\pm$ 0,5
Флавонолові глікозиди (за рутином)	167,0 $\pm$ 5,0	169,1 $\pm$ 5,1	162,3 $\pm$ 4,9	25,1 $\pm$ 0,8
Дубильні речовини	491,0 $\pm$ 14,7	493,5 $\pm$ 14,8	475,0 $\pm$ 14,3	35,3 $\pm$ 1,4
Розчинні пектинові речовини, %	5,9 $\pm$ 0,2	5,9 $\pm$ 0,2	5,8 $\pm$ 0,2	0,1 $\pm$ 0,01
Целюлоза, %	1,4 $\pm$ 0,1	1,3 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,0 $\pm$ 0,01
Органічні кислоти, %	1,8 $\pm$ 0,1	1,4 $\pm$ 0,1	1,5 $\pm$ 0,1	1,6 $\pm$ 0,1
Загальний цукор, %	12,3 $\pm$ 0,5	12,8 $\pm$ 0,5	12,7 $\pm$ 0,5	18,3 $\pm$ 0,7
Сухі речовини, %	20,6 $\pm$ 0,5	21,4 $\pm$ 0,5	20,9 $\pm$ 0,5	22,0 $\pm$ 0,9

Встановлено, що масова частка L-аскорбінової кислоти в 100 г морозива



становить від 74,2 («Green pro») до 77,1 мг («Green pleasure»), тобто 100 г кожного з нових видів «зеленої лінійки» морозива здатні задовольнити добову потребу дорослої людини в L-аскорбіновій кислоті, яка становить 70...100 мг. Масова частка β -каротину в 100 г всіх видів морозива становить 3,7 мг (при добовій потребі від 3 до 8 мг). В 100 г нових видів плодоовочевого морозива-сорбетів міститься 85,0 мг хлорофілів а і b (при рекомендованій добовій потребі 200 мг). Тобто, 100 г всіх нових видів «зеленої лінійки» плодоовочевого морозива здатні також задовольнити біля 1/2 добових потреб дорослої людини в β -каротині та хлорофілах а і b.

Показано, що всі нові види плодоовочевого морозива-сорбетів містять значну кількість фітокомпонентів, зокрема, в 100 г морозива масова частка низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) становить від 344,8 до 357,3 мг, флавонолових глікозидів (за рутином) – від 162,3 до 169,1 мг, а масова частка високомолекулярних фенольних сполук - дубильних речовин становить від 475,0 мг до 493,5 мг.

Встановлена рекордна кількість БАР, що містяться в нових видах плодоовочевого морозива-сорбетів пов'язана з використанням кріогенної обробки сировини при їх отриманні. При кріогенній обробці плодоовочевої сировини відбувається вилучення прихованих зв'язаних неактивних форм БАР, масова частка яких у порівнянні зі свіжою (вихідною) сировиною збільшується в 2,5...3,5 рази, що контролюється традиційними хімічними методами.

Показано, що в нових видах морозива-сорбетів масова частка розчинних пектинових речовин - натуральних структуроутворювачів - становить 5,8...5,9 %, тобто, у порівнянні зі свіжою плодоовочевою сировиною збільшується при отриманні морозива в 3,0...5,0 раз. Встановлено, що зазначена кількість розчинних пектинових речовин у поєднанні з целюлозою, що міститься в отриманих нових видах морозива забезпечує текстуру сорбетів високої якості, сприяє гелеутворенню в отриманій полідисперсній системі морозива та дає можливість виключити необхідність застосування при їх виробництві традиційних структуроутворювачів.



Таким чином, розроблені нові види плодоовочевого морозива - сорбетів, від традиційних відрізняються відсутністю при виробництві синтетичних харчових добавок, застосуванням як сировини суміші плодів та овочів, кріообробка яких із використанням рідкого азоту дозволяють отримати продукти в нанорозмірній формі з рекордним вмістом БАР, які, відповідно до рекомендацій МОЗ України, можна віднести до оздоровчих продуктів для імунпрофілактики населення України.

Вивчено структурно-механічні властивості нових видів морозива у порівнянні з аналогом. Дослідження проведено за швидкістю танення та збитістю.

Показано, що застосування кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення при виробництві нових видів плодоовочевого морозива-сорбетів призводить до зменшення швидкості танення морозива в 2...3 рази у порівнянні з аналогом (рис. 16).

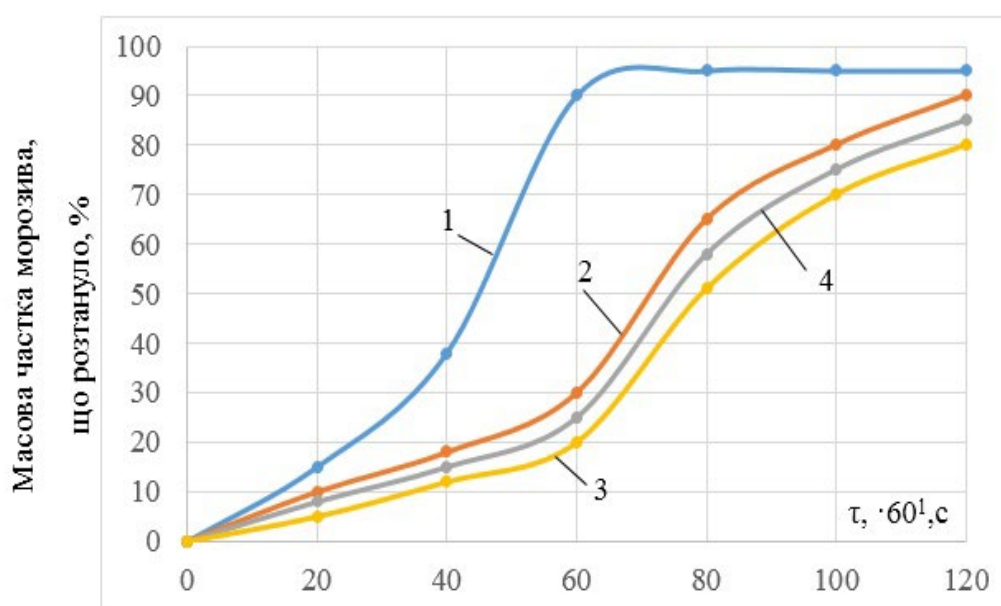


Рисунок 16 - Швидкість танення нових видів «зеленої лінійки» плодоовочевого морозива, отриманого з використанням кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення в порівнянні з аналогом, де: 1 – морозиво - Аналог, 2-4 - нові види плодоовочевого морозива «Green pro» (2), «Green pleasure» (3), «Green power» (4)



Показано, що нові види морозива-сорбетів, при виробництві яких не використовуються штучні структуроутворювачі, мають більш високі показники збитості в порівнянні з аналогом, при виготовленні якого використовуються різні види харчових добавок (рис. 17).

Так, збитість зразка морозива - аналога становить – 65...67%, в той час як показник збитості нових видів плодовоовочевого морозива-сорбетів вищий та складає від 72...79%. Слід зазначити, що високі показники збитості та процес структуроутворення та стабілізації структури дрібнодисперсних плодовоовочевих сумішей відбувається виключно за рахунок використання компонентів плодовоовочевої сировини, таких як пектин, целюлоза, білок із застосуванням таких технологічних прийомів, як кріогенне «шокове» заморожування та дрібнодисперсне низькотемпературне подрібнення.

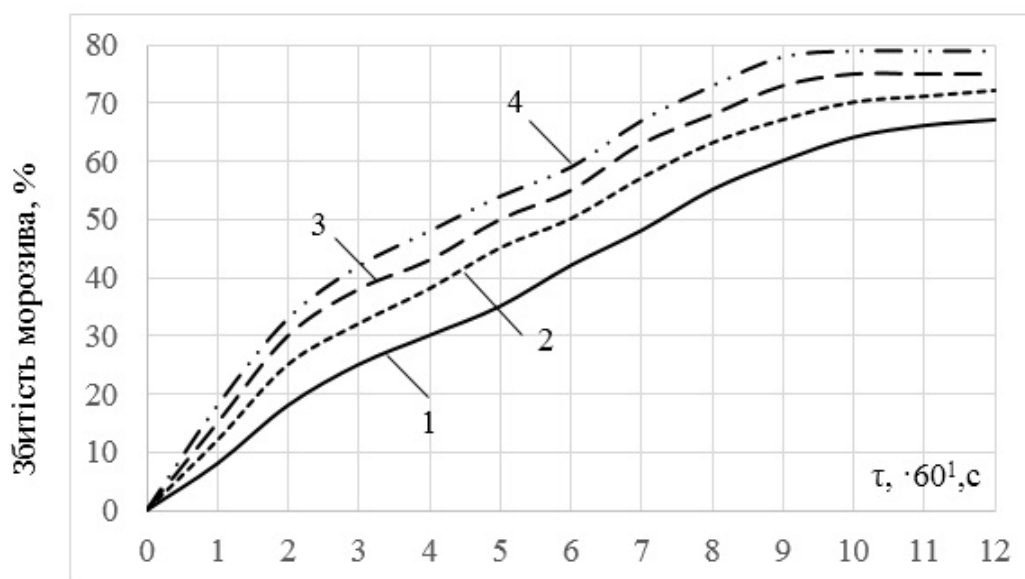


Рисунок 17 - Збитість нових видів «зеленої лінійки» плодовоовочевого морозива, отриманих з використанням кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення в порівнянні з аналогом, де: 1 – морозиво - Аналог, 2-4 - нові види плодовоовочевого морозива «Green pro» (2), «Green pleasure» (3), «Green power» (4)

Стабілізуюча дія неактивних (прихованих) форм пектинових речовин плодів та овочів, які під час кріообробки та дрібнодисперсного подрібнення



трансформуються в активну форму (розчинний пектин) на формування текстури нових видів плодоовочевого морозива-сорбетів була підтверджена методом ІЧ - спектроскопії (рис. 18).

Виявлено збільшення інтенсивності ІЧ-спектрів дослідних зразків сорбетів в області частот від 3000 см^{-1} до 3600 см^{-1} , характерних для валентних коливань функціональних груп $-\text{OH}$, які приймають участь в утворенні водневих зв'язків. Збільшення інтенсивності свідчить про підвищену здатність до зв'язування води шляхом утворення водневих зв'язків полісахаридів, зокрема, пектинових речовин плодоовочевих сорбетів. Утворення водневих зв'язків відбувається за рахунок вилучення в значній кількості і трансформування пектинових речовин плодів та овочів із неактивної у активну (високометоксильовану) форму. Отримані дані корелюють з текстурою нових видів плодоовочевих сорбетів, більш густою в порівнянні з аналогом консистенцією продукту, а також з їх структурно - механічними властивостями (ступенем збитості, швидкістю танення).

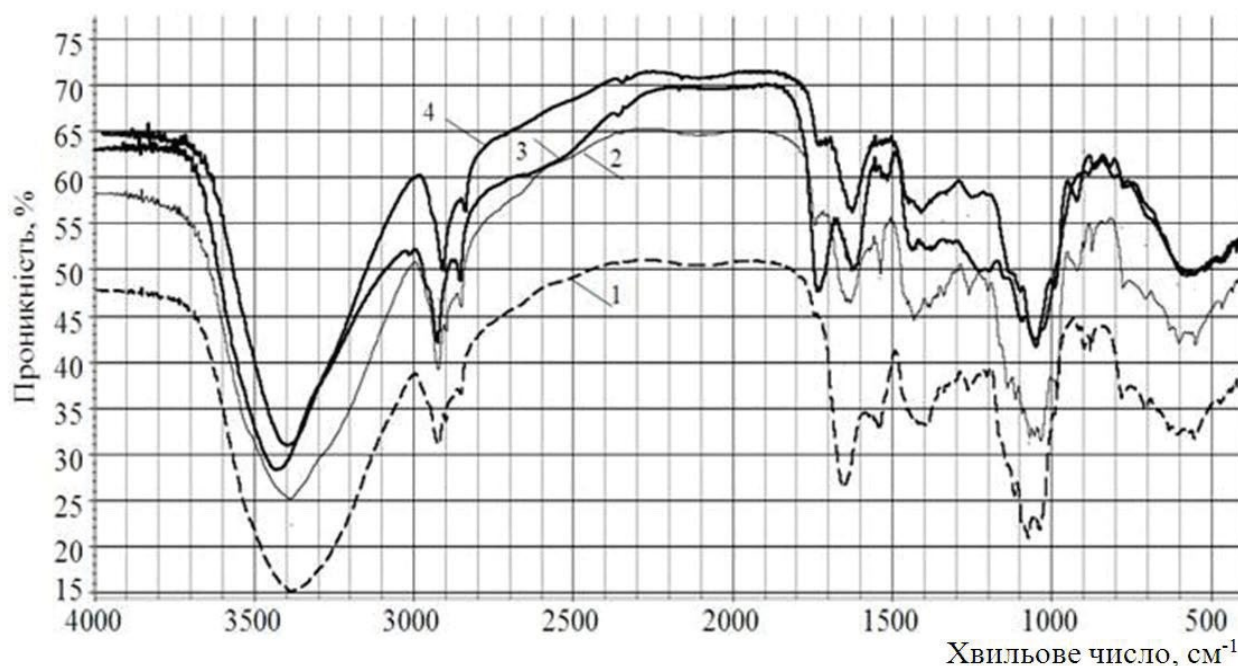


Рисунок 18 - ІЧ-спектри нових видів плодоовочевого морозива-сорбетів отриманих з використанням кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення в порівнянні з аналогом, де 1 – морозиво - Аналог, 2-4 - нові види плодоовочевого морозива «Green pro» (2), «Green pleasure» (3), «Green power» (4)



Встановлено також збільшення інтенсивності ІЧ-спектрів в області частот від 1800 см^{-1} до 3000 см^{-1} . Це свідчить про міжмолекулярну перебудову та комплексоутворення асоциатів і різних комплексів сполук (органічних кислот, зокрема, галактуронової кислоти, білків, α -амінокислот, спиртів, цукрів, кетонів та ін.) за рахунок біополімерів (пектину, білків), значна частина яких знаходиться в сорбетах в нанорозмірній формі, та які здатні до структуроутворення та гелеутворення.

Вказане збільшення інтенсивності свідчить про стабілізуючу дію компонентів плодоовочевої сировини, що виконують роль натуральних рослинних структуроутворювачів при отриманні плодоовочевих сорбетів із застосуванням процесів кріобробки та дрібнодисперсного подрібнення сировини. Комплексне застосування кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення сировини дає змогу отримати нові види плодоовочевих сорбетів без додаткового застосування штучних стабілізаторів структури.

Показано, що нові види плодоовочевого морозива - сорбетів зберігаються при температурі -18°C протягом 12 місяців без втрат БАР, що забезпечується повною інактивацією окиснювальних ферментів при їх виробництві.

Нові види наноморозива - сорбетів пройшли апробацію під час участі в Міжнародному кулінарному фестивалі «Kazan Fire Fest». За результатами участі в арт-класі «Нове покоління оздоровчих продуктів» та Майстер-класі з молекулярної кулінарії по виготовленню натуральних наносорбетів з плодів та овочів для здорового харчування представлена «зелена лінійка» нових видів наноморозива - сорбетів отримала позитивну оцінку міжнародної спільноти та відзначена золотою медаллю.

Технологія виробництва «зеленої лінійки» плодоовочевого морозива-сорбетів пройшла апробацію у виробничих умовах на підприємствах м. Харкова (НПП «КРІАС ПЛЮС», ТОВ «ФМ Хладопром»).

Крім того, із застосуванням дрібнодисперсних добавок зі шпинату розроблені рецептури та технології виробництва «зеленої лінійки» оздоровчих



продуктів, що включає сиркові десерти, а також начинки для кондитерських виробів панкейків. Нові види продуктів пройшли апробацію у виробничих умовах на підприємствах м. Харкова та м. Богодухів.

Так, в ТОВ «Богодухівський молзавод» вироблена дослідно-промислова партія «зеленої лінійки» плодоовочевих сиркових десертів «Green greeting», «Green curd», «Curd pro» на основі кисломолочного сиру з використанням замороженої дрібнодисперсної добавки зі шпинату. В 100 г нових видів сиркових десертів міститься добова потреба в хлорофілі, L-аскорбіновій кислоті, фенольних сполуках, а також $\frac{1}{4}$ добової потреби в повноцінному білку.

Крім того, проведено виробничі випробування рецептури і технології оздоровчих начинок із плодоовочевої сировини (із застосуванням дрібнодисперсних добавок із яблук та шпинату) для панкейків в ТОВ ВКГ «Лісова казка». Розроблено проект нормативної документації на оздоровчі начинки отримані із застосуванням дрібнодисперсної добавки із шпинату.



PLAN FOR CONDUCTING EXPERIMENTAL RESEARCH IN THE DEVELOPMENT OF INNOVATIVE TECHNOLOGIES FOR POWDERED SUPPLEMENTS FROM CHLOROPHYLL-CONTAINING LEAFY VEGETABLES AND HEALTH PRODUCTS USING THEM

В завдання роботи входила розробка інноваційних технологій порошкоподібних дрібнодисперсних добавок із хлорофілвмісних листових овочів (зелені петрушки та кропу), які відрізняються високим вмістом БАР, що сприяють зміцненню імунітету (хлорофілів а і b, аскорбінової кислоти, каротиноїдів, фенольних сполук з Р - вітамінною активністю та ін.), а також розробці з їх використанням як збагачувачів – барвників різних видів продуктів для оздоровчого харчування.

Як відомо, зелень петрушки та кропу є у харчуванні населення традиційним джерелом хлорофілу. Однак у свіжому вигляді вона погано зберігається. Тому актуальною є розробка технологій консервованих продуктів із неї, що дозволяють максимально зберегти біологічний потенціал сировини, насамперед, за вмістом хлорофілу та інших біологічно активних речовин. За традиційних способів переробки різних видів плодоовочевої сировини в консервовані продукти втрати БАР (вітамінів, хлорофілів, фенольних сполук та ін.) становлять від 20 до 80%, що призводить до значного зниження якості готових продуктів порівняно з якістю свіжої сировини.

Труднощі при переробці хлорофілвмісних овочів в консервовані продукти супроводжуються потемнінням продукту. Під впливом різних технологічних чинників (теплової обробки, рН-середовища, присутності кисню, наявності світла) у складі молекул хлорофілу відбувається реакція заміщення комплексно зв'язаного магнію на водень з утворенням речовини бурого кольору, що призводить до потемніння продукту. У зв'язку з цим актуальною є розробка інноваційних технологій консервованих продуктів із хлорофілвмісних листових овочів (зелені петрушки і кропу), що дозволяють максимально зберегти хлорофіли та інші БАР вихідної сировини.

Проведений огляд даних літератури показав, що на сьогоднішній день



одним із прогресивних напрямів переробки, який дозволяє зберегти якість (вітаміни та інші БАР) вихідної рослинної сировини, є одержання порошків. Найкращу якість мають порошки, отримані з використанням сублімаційного сушіння (СС) та кріогенного подрібнення (КП). Однак застосування зазначених способів обробки в Україні стримується відсутністю необхідного обладнання і вимагає наявності рідкого азоту. У зв'язку з цим актуальним є пошук альтернативних способів обробки, що дозволяють зберегти якість вихідної сировини. Як альтернативу СС в роботі запропоновано використовувати вакуумне сушіння при температурі 45...55°C, а як альтернативу КП – подрібнення у вібраційно-кульовому млині (без застосування рідкого азоту). Крім того, для попередження руйнування та стабілізації БАР під час вакуумного сушіння запропоновано використовувати попередню обробку нарізаної зелені петрушки та кропу шляхом витримування в розчині лимонної кислоти.

Аналіз літературних джерел показав, що у науковій літературі практично відсутні дані вчених, що стосуються вивчення впливу вакуумного сушіння та ДД подрібнення (без застосування холоду як альтернативи кріогенному методу), комплексне використання яких забезпечує збереження якості хлорофілвмісних листових овочів (зелені петрушки та кропу) за вмістом хлорофілів а та b, вітамінів та інших БАР при їх переробці та розробці технології добавок у вигляді ДД порошків. Крім того, немає систематизованих даних впливу попередньої обробки перед сушінням різними хімічними речовинами зелені петрушки та кропу на процеси окиснення аскорбінової кислоти, каротиноїдів, хлорофілів, інших БАР при отриманні ДД порошків із хлорофілвмісних листових овочів.

Робота включала проведення комплексних досліджень з виявлення закономірностей впливу попередньої обробки подрібнених хлорофілвмісних листових овочів (ХВ ЛО) - свіжої зелені петрушки та кропу - розчином лимонної кислоти на збереження аскорбінової кислоти та каротиноїдів та їх стабілізацію перед сушінням, а також впливу вакуумного сушіння та альтернативного кріогенному способу дрібнодисперсного подрібнення (без застосування холоду) на збереження БАР хлорофілвмісних листових овочів при розробці інноваційної



технології отримання з них хлорофілвмісних добавок у формі ДД порошків, вивчення їх гранулометричного складу, а також засвоюваності у порівнянні із засвоюваністю традиційно подрібнених порошків. Отримані добавки є джерелом хлорофілу а та b та інших БАР, що сприяють зміцненню захисних сил організму, та призначені для введення у різні продукти харчування з метою надання їм оздоровчих властивостей.

З використанням нових видів ХВ добавок, а також рослинних добавок із натуральних прянощів (НП) у формі порошків та екстрактів розроблено рецептури, технології та вивчено якість двох видів оздоровчих продуктів: вітамінні смакові приправи та плавлені сири.



STUDY OF THE EFFECT OF PRE-TREATMENT OF FRESH PARSLEY AND DILL GREENS BEFORE DRYING ON THE CONTENT OF ASCORBIC ACID AND CAROTENOIDS

Проведений огляд даних літератури з підготовки рослинної сировини до сушіння показав, що плоди та овочі перед сушінням нарізають на шматочки, після чого з метою інактивації окиснювальних ферментів (аскорбінатоксидази, поліфенолоксидази, каротиноксидази та ін.) піддають технологічній обробці. З цією метою застосовують: бланшування гострою парою, витримку в розчинах кухонної солі або розчинах кислот, сульфитацію тощо. Необхідність застосування зазначених способів обробки пов'язана з тим, що процес сушіння, як правило, є тривалим за часом. У пошкодженій при нарізанні плодовоовочевій сировині при доступі кисню повітря активізуються окиснювальні процеси, насамперед, пов'язані з дією окисних ферментів, що призводить до суттєвих втрат БАР. Так, наприклад, відомо, що при пошкодженні та нарізанні листя зелених овочів відбувається зниження вмісту каротину та вітаміну С. Проте систематизованих даних літератури щодо цього питання немає.

У зв'язку з цим завдання роботи входило проведення модельних експериментів з вивчення впливу попередньої обробки свіжої зелені петрушки і кропу перед сушінням на вміст аскорбінової кислоти і каротину, а також пошук способів їх стабілізації за рахунок додаткової технологічної обробки перед сушінням. При цьому враховувалося, що при підготовці зелені петрушки та кропу до сушіння бланшування використовувати не слід, оскільки гідротермічна обробка, як відомо, призводить до швидкого окиснення хлорофілу, в молекулах якого відбуваються реакції заміщення комплексно зв'язаного магнію на водень. В результаті з хлорофілу утворюється феофітин, що можна помітити візуально за зміною забарвлення зелені петрушки та кропу. Їх колір змінюється із зеленого на бурий. Тому як додаткову технологічну обробку нарізаних ХВ ЛО перед сушінням використовували витримку в розчині лимонної кислоти.

У роботі було проведено 2 серії модельних експериментів. Перша із них була присвячена вивченню впливу подрібнення як попередньої обробки



сировини перед сушінням на збереження аскорбінової кислоти та каротину. Для цього підготовлену зелень петрушки та кропу нарізали на шматочки розміром 5...10 см і витримували в такому стані при кімнатній температурі (+18...+22° C) на світлі протягом 15 хвилин. При цьому контролювали масову частку аскорбінової кислоти та каротину. Показано, що вже через 5 ... 6 хвилин після нарізання та витримки зелені петрушки та кропу при кімнатній температурі руйнується 28,8... 40,5% аскорбінової кислоти та 18... 25% каротину. Через 15 хвилин втрати аскорбінової кислоти та каротину відповідно становлять 47,5... 50,0% і 50,0 ... 60% (рис. 19). На підставі отриманих результатів досліджень можна зробити висновок про необхідність додаткової технологічної обробки зелені петрушки та кропу перед сушінням з метою інактивації ферментів та попередження значних втрат аскорбінової кислоти та каротину.

У зв'язку з цим було проведено другу серію модельних експериментів з виявлення концентрації та тривалості витримки нарізаних листових овочів у розчині лимонної кислоти для запобігання ферментативному окисненню аскорбінової кислоти та каротину та інактивації окиснювальних ферментів. Для цього підготовлену зелень нарізали на шматочки розміром 5 ...10 см, витримували в розчинах лимонної кислоти різної концентрації (0,3%; 0,5%; 1,0% і 2,0%) протягом 30 хвилин при кімнатній температурі та контролювали масову частку аскорбінової кислоти та каротину (рис. 20).

Модельними експериментами встановлено, що витримування нарізаної свіжої зелені ЛО в розчині лимонної кислоти концентрацією 0,5 та 1,0% сприяє збереженню L-аскорбінової кислоти та каротину, що свідчить про інактивацію окиснювальних ферментів. Встановлено, що використання розчину слабшої або сильнішої концентрації призводить до руйнування аскорбінової кислоти. Так, наприклад, концентрація 0,3% є недостатньою для інактивації ферментів. Через 30 хвилин витримування L-аскорбінова кислота руйнується на 1/4. Показано, що витримування в 2% розчині лимонної кислоти також призводить до зменшення масової частки L-аскорбінової кислоти. Зменшення масової частки при більш високій концентрації лимонної кислоти може свідчити про перетворення

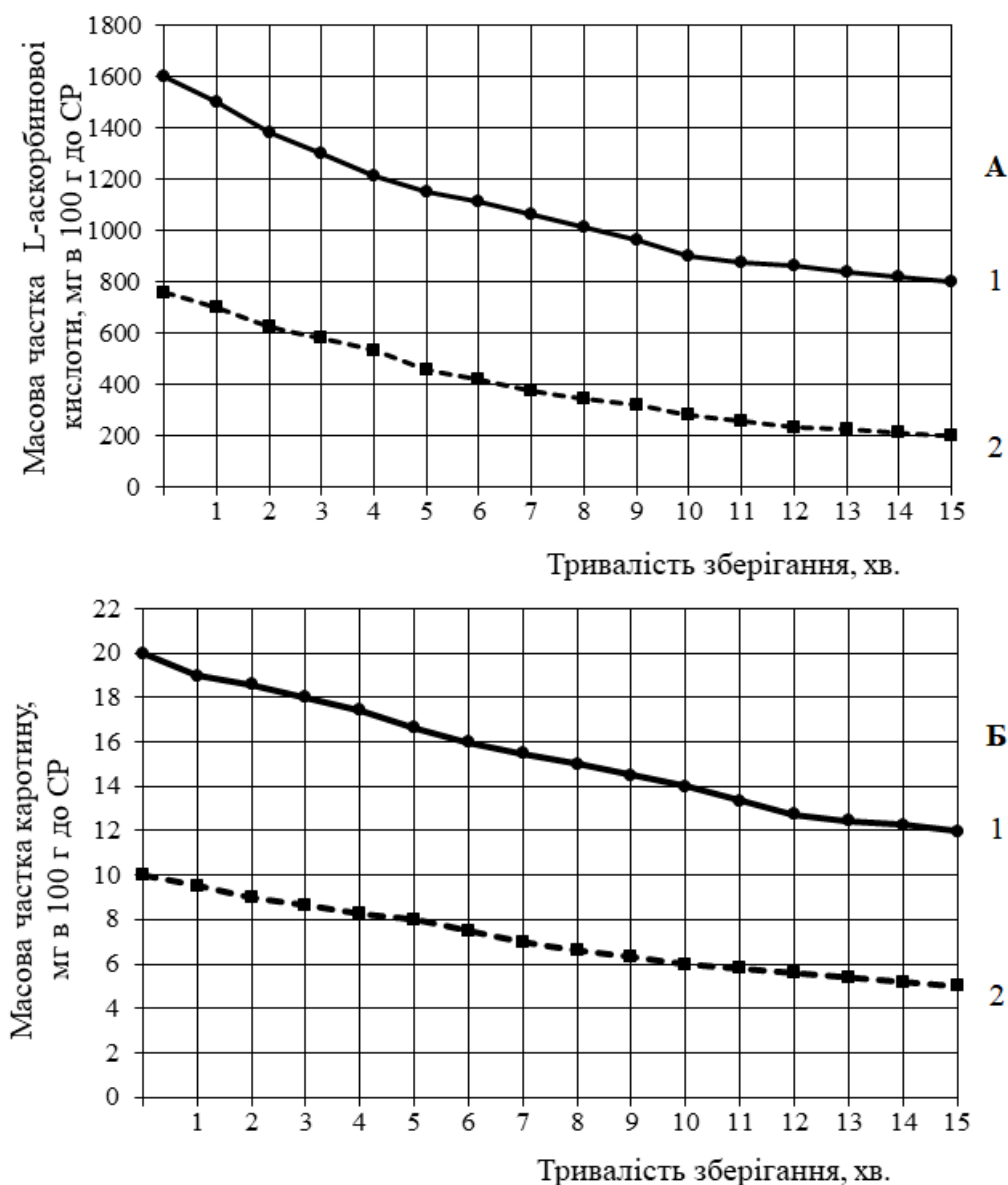


Рисунок 19 - Вплив тривалості зберігання при кімнатній температурі (+18...+22°C) подрібненої зелені петрушки (1) та кропу (2) на вміст L – аскорбінової кислоти (А) та каротину (Б).

частини L-аскорбінової кислоти на дегідроаскорбінову та редуکتони. Таким чином, встановлено, що для інактивації окиснювальних ферментів перед сушінням свіжу нарізану зелень хлорофілвмісних ЛО достатньо витримати протягом 10...15 хв у розчині 0,5...1% концентрації лимонної кислоти.

Досліджено вплив вакуумного сушіння (ВС) на якість попереднє оброблених лимонною кислотою ХВ ЛО за масовою БАР (рис. 21).

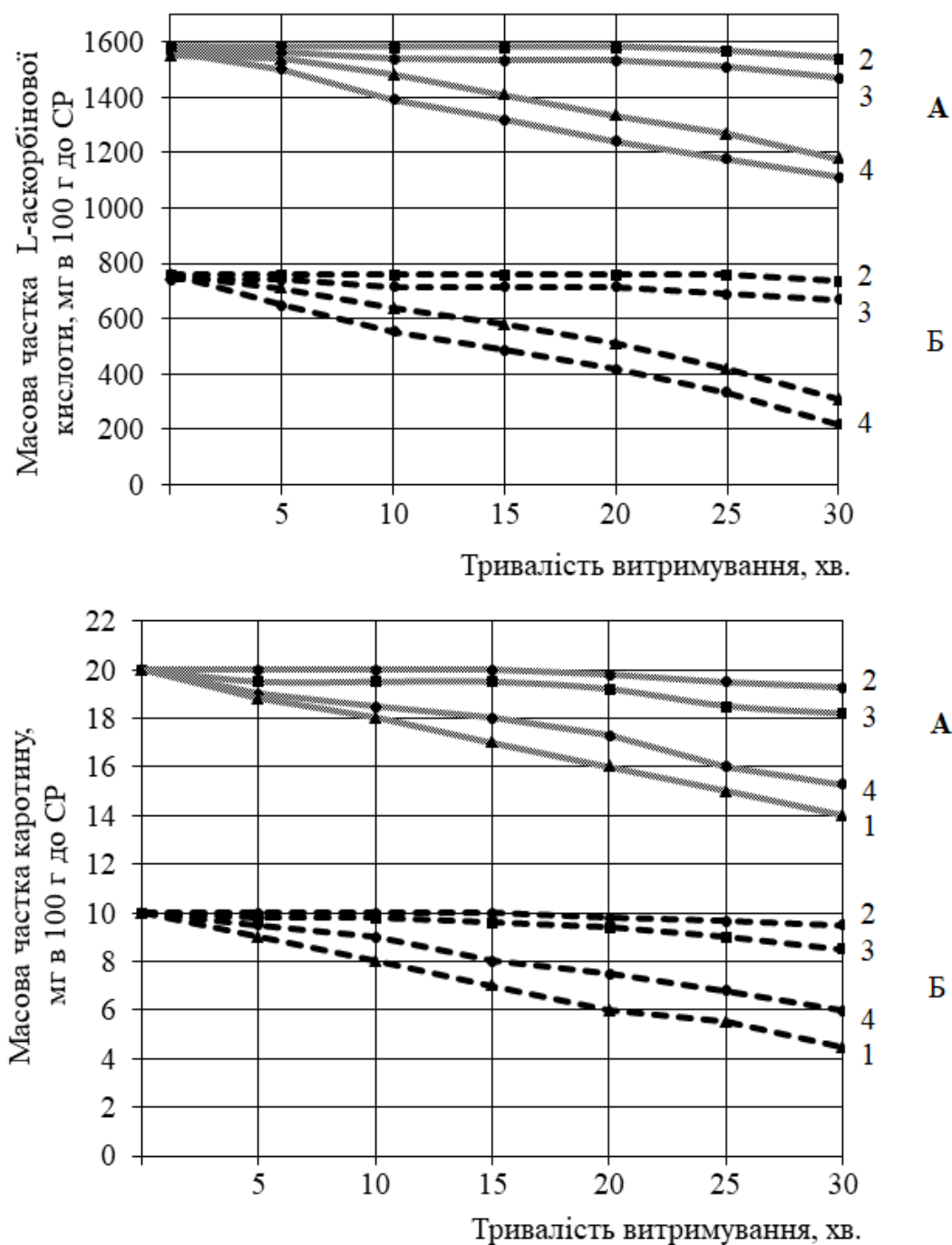


Рисунок 20 - Вплив концентрації розчину лимонної кислоти та тривалості витримки при кімнатній температурі подрібненої зелені петрушки (А) та кропу (Б) на збереження L-аскорбінової кислоти та каротину, де: 1 – 4 – концентрації розчину лимонної кислоти: 0,3 % (1), 0,5 % (2), 1,0 % (3), 2,0 % (4).

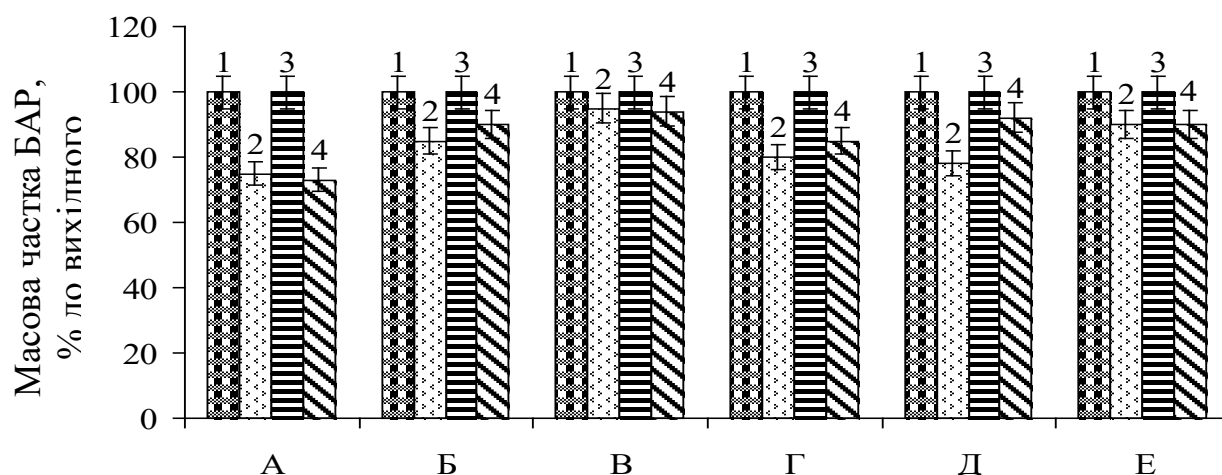


Рисунок 21 - Вплив вакуумного сушіння зелені петрушки (1, 2) та кропу (3,4) на БАР: аскорбінову кислоту (А), хлорофіли а та b (Б), каротин (В); загальну кількість фенольних сполук (Г), флавонолові глікозиди (Д), вільні катехіни (Е): 1, 3 - вихідна свіжа сировина; 2,4 - висушена ВС сировина

ВС здійснювали на експериментальній вакуумній сушарці в НВФ «ФІПАР» при температурі $+50...+55^{\circ}\text{C}$, а також на кафедрі харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк ДБТУ на лабораторній установці. Якість хлорофілвмісних листових овочів контролювали за масовою часткою хлорофілів а і b, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю.

Показано, що при вакуумному сушінні попереднє підготовлених листових овочів відбувається зменшення вмісту БАР. Так, масова частка аскорбінової кислоти зменшується на 25...27%, хлорофілів а і b - на 10...15%, каротиноїдів - на 4...5%, низькомолекулярних фенольних сполук - на 10...22%. Отримані результати досліджень були використані при розробці технології ХВ рослинних добавок з ЛО (зелені петрушки і кропу) у формі дрібнодисперсних порошків.



COMPREHENSIVE STUDIES OF THE EFFECT OF THE PROCESSES OF FINE GRINDING OF DRIED CHLOROPHYLL-CONTAINING LEAFY VEGETABLES ON THE FORMS OF BAS BOUND TO BIOPOLYMERS

В завдання роботи входила розробка інноваційної технології порошкоподібних хлорофілвмісних добавок з листових овочів (зелені петрушки і кропу) призначених для використання як джерела хлорофілів а та b та інших БАР у різні продукти харчування з метою надання продуктам оздоровчих властивостей. Нова технологія включає дрібнодисперсне подрібнення до частинок розміром 5...30 мкм висушених вакуумним сушінням ХВ ЛО. Як альтернативу кріогенному способу подрібнення висушених вакуумним сушінням ХВ ЛО в роботі запропоновано використовувати дрібнодисперсне подрібнення в вібраційно-кульовому млині.

Проведені комплексні дослідження щодо вивчення впливу ДД подрібнення на формування якості порошкоподібних ХВ рослинних добавок із зелені петрушки та кропу за вмістом БАР. Дослідження полягали в паралельному вивченні хімічними та спектроскопічними методами кількісних та якісних змін БАР (хлорофілів а та b, каротиноїдів, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю, включаючи: суму фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), флавонолові глікозиди, катехіни (за d-катехіном) при ДД подрібненні висушених вакуумним сушінням до вмісту вологи 5... 8% хлорофілвмісних листових овочів.

Дрібнодисперсне подрібнення здійснювали у два етапи. На першому етапі проводили грубе подрібнення в дисмембраторі до частинок розміром 50...250 мкм, на другому – дрібнодисперсне подрібнення у вібраційно-кульовому млині без застосування рідкого азоту до частинок розміром 5...30 мкм. ДД подрібнення проводили на базі науково-виробничих підприємств «ФІПАР» та «Кріас-1», а також на кафедрі харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ім. Р.Ю. Павлюк ДБТУ. Вібраційно-кульовий млин працював у періодичному режимі. Як подрібнювальні органи млинів використовували кулі з нержавіючої сталі.

Встановлено, що при ДД подрібненні (без застосування холоду) до часток



розміром 5...30 мкм висушених ВС листових овочів відбувається більш суттєве вилучення та збільшення масової частки низькомолекулярних БАР, яке контролюється при використанні традиційних хімічних та спектроскопічних методів досліджень (табл. 18-19).

Таблиця 18 - Вплив дрібнодисперсного подрібнення на вміст хлорофілів, каротину, аскорбінової кислоти при отриманні порошкоподібних добавок із зелені петрушки та кропу

Найменування зразка	Масова частка					
	хлорофілів а та b		каротину		аскорбінової кислоти	
	% до СР	% до вихідн.	% до СР	% до вихідн.	% до СР	% до вихідн.
Зелень петрушки ВС	4,8	100,0	22,1	100,0	1600,2	100,0
ДД порошок із зелені петрушки вакуумного сушіння	6,2	129,2	33,4	151,1	2080,2	130,0
Зелень кропу ВС	5,4	100,0	9,5	100,0	710,8	100,0
ДД порошок із зелені кропу вакуумного сушіння	8,0	148,1	13,8	145,3	867,2	122,0

Таблиця 19 - Вплив дрібнодисперсного подрібнення на вміст фенольних сполук, флавонолових глікозидів, вільних катехінів при отриманні порошкоподібних добавок із зелені петрушки та кропу (n=3, P≥0,95)

Найменування зразка	Масова частка					
	фенольних сполук (за хлорог. кислотою)		флавонолови х глікозидів (за рутином)		вільних катехінів (за d-катехіном)	
	% до СР	% до вихідн.	% до СР	% до вихідн.	% до СР	% до вихідн.
Зелень петрушки ВС	938,1	100,0	379,6	100,0	486,7	100,0
ДД порошок із зелені петрушки вакуумного сушіння	1641,6	175,0	715,7	188,5	856,9	176,1
Зелень кропу ВС	3156,6	100,0	2195,2	100,0	724,1	100,0
ДД порошок із зелені кропу вакуумного сушіння	5113,7	162,6	3775,5	172,0	1129,6	156,0

Збільшення масової частки низькомолекулярних БАР при ДД подрібненні (без застосування рідкого азоту) порівняно з вихідною сировиною (висушеними



ВС ХВ ЛО) становить від 22 до 80 %, зокрема: хлорофілів а та b – 48...51%, каротину – 45...55%, аскорбінової кислоти – 22...30%, низькомолекулярних фенольних сполук – 56...80%.

Таке збільшення вмісту БАР при дрібнодисперсному подрібненні пов'язано зі значним пошкодженням тканин, клітин та збільшенням активної поверхні продукту, що сприяє більш повному вилученню БАР. Крім того, збільшення пов'язане з переходом частини низькомолекулярних БАР із зв'язаного з біополімерами стану у вільний, а саме з деградацією та руйнуванням водневих зв'язків між біополімерами та низькомолекулярними сполуками з відщепленням останніх. Таким чином, на прикладі висушених ВС хлорофілвмісних ЛО (зелені петрушки та кропу) знайдено альтернативний кріогенному метод подрібнення (без застосування холоду), який призводить до процесів механодеструкції та механоактивації, що дозволяє отримати дрібнодисперсні порошки з новими споживчими властивостями, масова частка в яких низькомолекулярних БАР в порівнянні з вихідною сировиною вище в 1,2...1,8 раз.

Отримані результати підвищеного вилучення низькомолекулярних БАР (хлорофілів а і b, каротиноїдів, фенольних сполук) при ДД подрібненні в порівнянні з вихідною сировиною ВС, а також у порівнянні з традиційним подрібненням порошків до частинок розміром 50...250 мкм, були підтверджені та доповнені методом спектрального аналізу.

Вивчено сумарні спектри поглинання каротиноїдів ($\lambda=447...480$ нм), хлорофілів а та b ($\lambda=644...662$ нм) (рис. 22), а також низькомолекулярних фенольних сполук - катехінів ($\lambda=270...280$ нм) $\lambda=350...390$ нм) (рис. 23) у 70% етанолі (при однаковій концентрації всіх зразків на абсолютно суху речовину). Дослідження було проведено на базі Харківського інституту кріобіології та кріомедицини НАН України у відділі біофізики на спектрофотометрі «Pye Unicam Sp 8000» (Англія).

Показано, що спектральні криві сумарного спектра поглинання каротиноїдів, хлорофілів а та b, низькомолекулярних фенольних сполук вихідної зелені петрушки та кропу та порошків з них, подрібнених до традиційного



розміру (50...250 мкм) та ДД подрібнені (у вібраційно-кульовому млині до частинок розміром 5...30 мкм) мають однакову форму та відрізняються між собою інтенсивністю поглинання (рис. 22-23). Найбільша інтенсивність характерна для спектрів поглинання екстрактів з дрібнодисперсних порошків. Нижчу інтенсивність оптичної щільності мають спектральні криві порошків подрібнених до традиційного розміру частинок. Найменша інтенсивність характерна для спектрів екстрактів із вихідної висушеної за допомогою вакуумного сушіння сировини, подрібненої до частинок розміром 0,5...1,0 см. Збільшення в порівнянні з вихідною висушеною сировиною інтенсивності поглинання сумарних спектрів поглинання каротиноїдів, хлорофілів а та b, низькомолекулярних фенольних сполук при традиційному і, більшою мірою, при ДД подрібненні висушених ВС ХВ ЛО пов'язано зі збільшенням концентрації низькомолекулярних БАР у розчиннику (етанолі). Із застосуванням методу спектрального аналізу було встановлено, що ДД подрібнення висушених ВС хлорофілвмісних ЛО збільшує вихід (або екстракцію) низькомолекулярних БАР, що містяться в них.

Отримані дані дозволяють по-новому трактувати механізм впливу різних видів подрібнення рослинної сировини на збереження та вихід БАР. Підвищена концентрація БАР при ДД подрібненні в порівнянні з вихідною висушеною сировиною, а також порошками, подрібненими до традиційного розміру частинок, пов'язана з процесами механоактивації, при яких відбувається суттєва деструкція рослинних тканин, клітин і деградація ослаблених водневих зв'язків між біополімерами і низькомолекулярними речовинами. В результаті кількість БАР, що знаходяться у вільній формі, збільшується, підвищується екстракція БАР у розчинник, що призводить до збільшення інтенсивності відповідних спектрів поглинання та підтверджує результати, одержані хімічними методами досліджень.

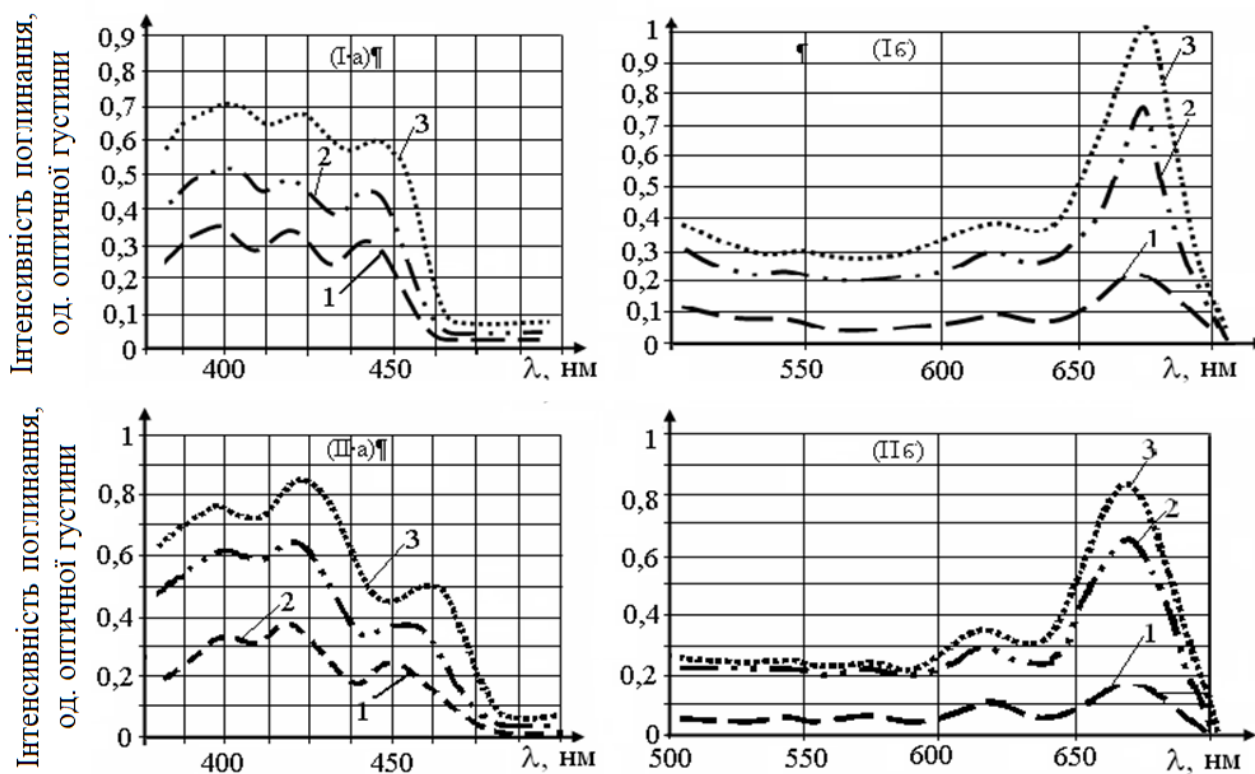


Рисунок 22 - Сумарні спектри поглинання каротиноїдів та хлорофілів а і б порошоків із зелені петрушки (I) та кропу (II) вакуумного сушіння в етанолі: 1 - вихідна висушена ВС сировина; 2 - традиційно подрібнений порошок (50...250 мкм); 3 - дрібнодисперсний порошок (5...30 мкм).

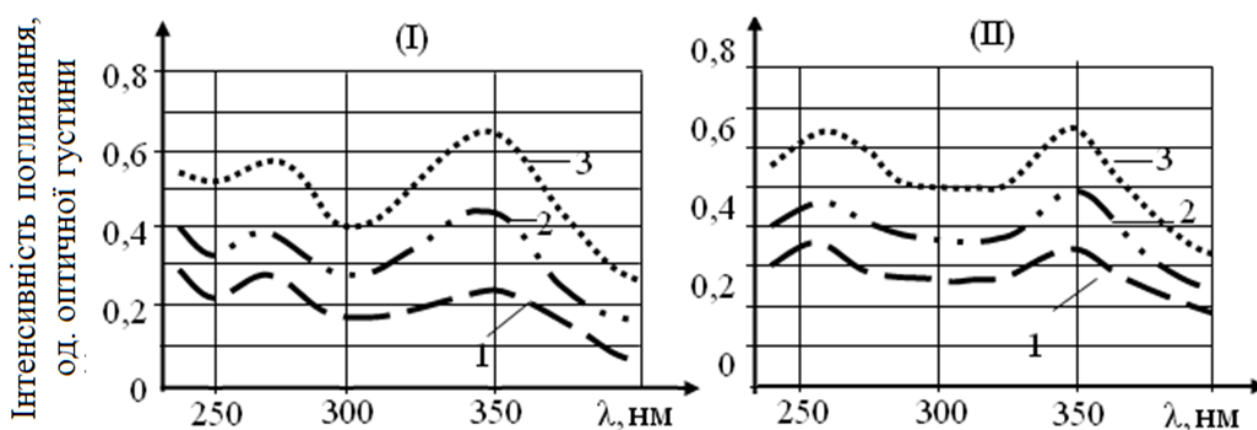


Рисунок 23 - Сумарні спектри поглинання низькомолекулярних фенольних сполук порошоків із зелені петрушки (I) та кропу (II) вакуумного сушіння в етанолі: 1 - вихідна висушена ВС сировина; 2 - традиційно подрібнений порошок (50...250 мкм); 3 - ДД порошок (5...30 мкм).



Таким чином, методом спектрального аналізу були підтверджені результати хімічних досліджень про те, що при дрібнодисперсному подрібненні висушених ВС хлорофілвмісних листових овочів і отриманні порошків з розміром частинок 5... 30 мкм порівняно з вихідною сировиною, а також порошками, що мають більший розмір частинок – 50... 250 мкм, відбувається підвищене вилучення та збагачення готового ДД порошкоподібного продукту БАР (хлорофілами а та b, каротиноїдами, фенольними сполуками та ін.).



STUDIES ON THE BIOTEST CULTURES OF PARAMECIA OF THE EFFECT OF THE DEGREE OF GRINDING ON THE BIOLOGICAL ACTIVITY (DEGREE OF DIGESTIBILITY) OF POWDERS FROM PARSLEY AND DILL GREENS

При розробці технології хлорофілвмісних рослинних добавок, яка включає дрібнодисперсне подрібнення висушених за допомогою вакуумного сушіння хлорофілвмісних листових овочів (зелені петрушки та кропу) витриманих перед сушінням в розчині лимонної кислоти було встановлено, що дрібнодисперсне подрібнення порошкоподібних рослинних систем із ХВ ЛО призводить в порівнянні з вихідною сировиною до збагачення продуктів БАР (хлорофілами і b, каротиноїдами, фенольними сполуками з Р-вітамінною активністю), тобто дозволяє більш повно розкрити біологічний потенціал сировини і перевести продукт, що обробляється, в більш біодоступну легкозасвоювану форму.

У зв'язку з цим в завдання роботи входило порівняння ступеня засвоюваності дрібнодисперсних порошків із ХВ ЛО і порошків подрібнених до традиційних розмірів. Ступінь засвоюваності (або біологічну активність) визначали за допомогою методу біотестування (за генеративною активністю тест-культур). Як тест-культури використовували 2-3-тижневі чисті культури інфузорій (*Paramecium caudatum*). При цьому паралельно зі ступенем засвоюваності контролювали вміст в інкубаційних системах розчинних і нерозчинних поживних і біологічно активних речовин методом висушування.

Як об'єкти досліджень використовували:

- дрібнодисперсні порошки із зелені петрушки та кропу з розміром частинок 5...30 мкм;
- порошки із зелені петрушки та кропу традиційно подрібнені до частинок розміром 50...250 мкм.

Про біологічну активність (ступінь засвоюваності) досліджуваних об'єктів, що мають різний ступінь подрібнення, судили за генеративною активністю чистих культур інфузорій (*Paramecium caudatum*).

Показано, що генеративна активність інфузорій у тест системах з



використанням ДД порошоків із зелені петрушки та кропу з розміром частинок 5...30 мкм, майже в 2 рази вище, ніж у системах, в які були введені подрібнені порошки з частинками розміром 5...250 мкм. (рис. 24).

Так, приріст молодих форм парамецій після двох годин інкубації в системах з грубо подрібненими порошками із зелені петрушки та кропу становив відповідно 35...40 % та 42...46 %. При введенні в інкубаційну систему ДД порошоків із зелені петрушки та кропу приріст відповідно становив 75...82 % та 80...85 %. Більший ступінь засвоюваності (приріст молодих форм інфузорій) дрібнодисперсних порошоків у порівнянні з порошками грубого подрібнення свідчить про перехід в інкубаційну систему більшої кількості розчинних поживних і біологічно активних речовин, ніж при використанні грубоподрібнених порошоків, що було підтверджено експериментально (рис. 24).

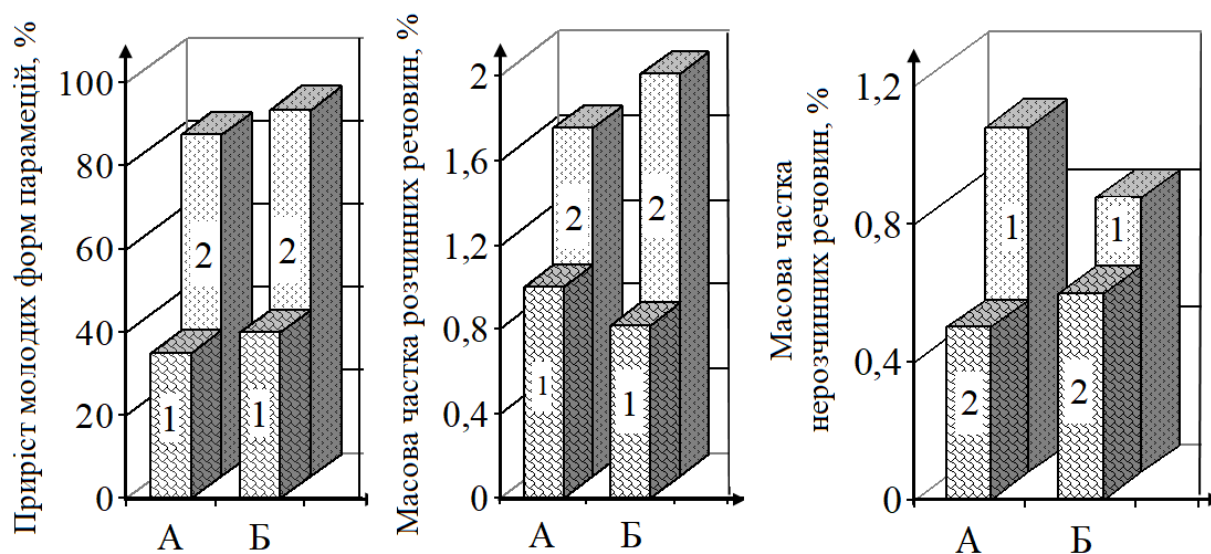


Рисунок 24 - Вплив ступеня подрібнення висушених вакуумним сушінням зелені петрушки (А) та кропу (Б) на біологічну активність парамецій (приріст молодих форм) і концентрацію розчинних і нерозчинних речовин в біотест - системах: 1 - 2 - порошки з ХВ ЛО подрібнені до частинок розміром 50 ... 250 мкм (1) і 5..30 мкм (2)

Показано, що при внесенні дрібнодисперсних порошоків із зелені петрушки та кропу до рідкої інкубаційної системи переходить розчинних речовин



(1,60...1,19 %) у 2 рази більше, ніж при введенні грубо подрібнених порошків (0,7...0,8 %). При цьому масова частка нерозчинних речовин, що перейшли в інкубаційну систему із ДД порошків у 2 рази менша, ніж із грубо подрібнених і становить відповідно 0,5...6 % та 0,8...1,0 %. Таким чином, отримані за допомогою методу біотестування дані свідчать про те, що ДД порошки (5...30 мкм) з листових овочів у порівнянні з традиційно грубо подрібненими порошками (50...250 мкм) мають у 2 рази більшу біологічну активність і перебувають у легкозасвоюваній формі, що пов'язано з більш високим вилученням розчинних біологічно активних і поживних речовин при ДД подрібненні в рідке живильне середовище – інкубаційну систему, де відбувається розвиток парамецій. Отримані дані були використані під час розробки технології хлорофілвмісних добавок із ЛО та при розробці з їх використанням оздоровчих продуктів.



DEVELOPMENT OF AN INNOVATIVE TECHNOLOGY OF FINELY DISPERSED POWDERED CHLOROPHYLL-CONTAINING SUPPLEMENTS FROM LEAFY VEGETABLES

На підставі отриманих результатів експериментальних досліджень, розроблена інноваційна технологія хлорофілвмісних рослинних добавок з листових овочів (зелені петрушки та кропу), які відрізняються високим вмістом БАР, що сприяють зміцненню імунітету (хлорофілів а і b, каротиноїдів, фенольних сполук з Р - вітамінної активністю та ін.) у формі дрібнодисперсних порошків з розміром частинок 5...30 мкм, що призначені для використання населенням України як засіб імунопрофілактики. Від традиційних нова технологія відрізняється інактивацією окиснювальних ферментів шляхом витримування нарізаної зелені петрушки та кропу в розчині лимонної кислоти, використанням вакуумного сушіння та альтернативного кріогенному помелу дрібнодисперсного подрібнення у вібраційно-кульовому млині (без застосування рідкого азоту), що дозволяє отримати «збагачений» порівняно з вихідною сировиною продукт. Проблема інактивації окиснювальних ферментів у листових овочах перед сушінням була вирішена за допомогою витримування нарізаних ХВ ЛО в 0,5...1% розчині лимонної кислоти протягом 10...15 хв, оскільки бланшування призводить до заміщення в молекулах хлорофілу комплексно зв'язаного магнію на водень, що супроводжується утворенням речовини феофітин бурого кольору, наявність якого в продукті призводить до зміни кольору та втрати товарного вигляду готового продукту.

Нова технологія включає: приймання зелені петрушки та кропу, первинну інспекцію, миття, вторинну інспекцію, нарізання листових овочів на шматочки розміром 5...10 см, витримування у 0,5...1 % розчині лимонної кислоти протягом 10...15 хв, вакуумне сушіння при температурі +50...+55 °С та тиску 0,1 атм до вмісту вологи 5...8 %, потім двоступеневе подрібнення висушеної сировини: у дисмембраторі (до частинок 50..500 мкм) та альтернативне кріогенному дрібнодисперсне подрібнення у вібраційно-кульовому млині до частинок розміром 5...30 мкм без застосування холоду. Отриманий продукт фасують,



упаковують у газовологосвітлонепроникну упаковку і зберігають при кімнатній температурі (+18...+22° C) та відносній вологості повітря 75%. (рис. 25).

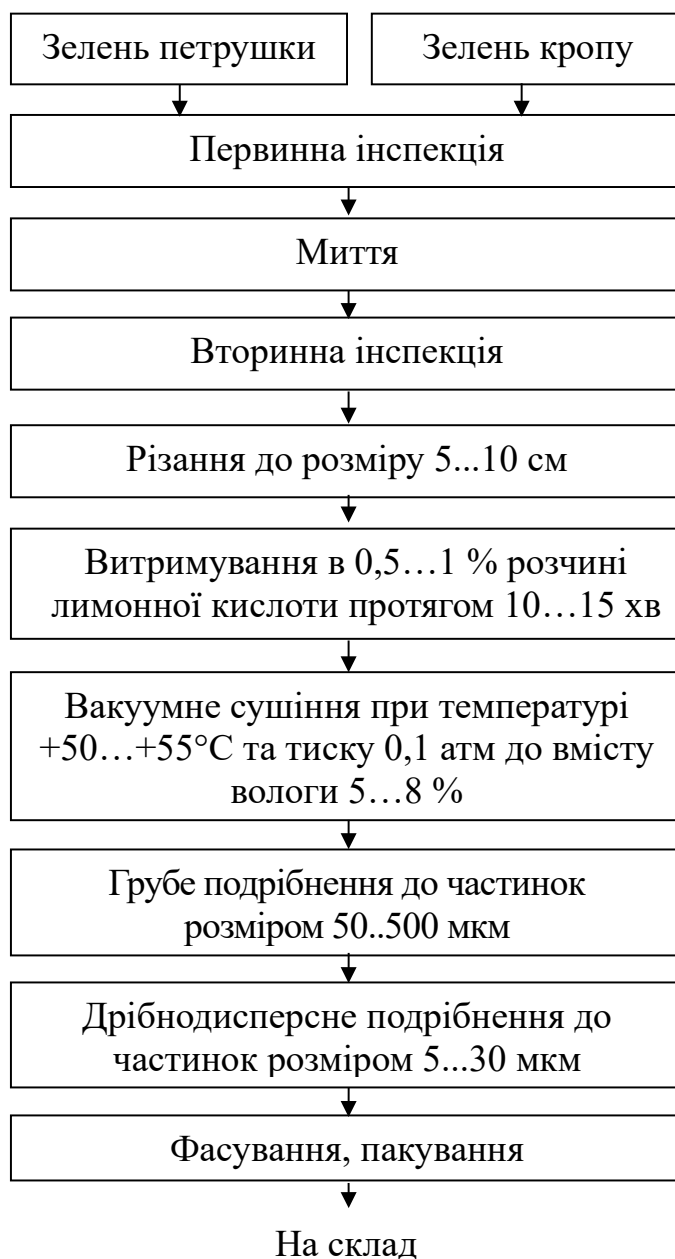


Рисунок 25 - Принципова технологічна схема виробництва хлорофілвмісних добавок із листових овочів (зелені петрушки та кропу) у формі дрібнодисперсних порошків

За новою технологією розроблено та затверджено на рівні МОЗ України нормативну документацію. Наведені на технологічній схемі технологічні параметри були обґрунтовані експериментально та відображені у технологічній інструкції. Так, бланшування, що традиційно застосовується для інактивації



ферментів перед сушінням рослинної сировини, для листових овочів було замінено витримкою нарізаної зелені в розчині лимонної кислоти, оскільки бланшування призводить до переходу хлорофілу у феофітин, зміни з зеленого кольору продукту на бурий та зниження біологічної цінності продукту за змістом хлорофілів. Як температура вакуумного сушіння була обрана температура +50 ... +55 °С, перевищення якої, відповідно аналізу даних літератури та накопиченого у рамках наукових шкіл ДБТУ досвіду сушіння різних видів плодоовочевої, вітамінної та пряно-ароматичної рослинної сировини, призводить до окислення та руйнування аскорбінової кислоти, фенольних сполук, хлорофілів а та б. Крім того, технологія включає альтернативне кріогенному дрібнодисперсне подрібнення у вібраційно-кульовому млині (без застосування холоду) до частинок розміром 5...30 мкм.

За новою технологією отримано лабораторні зразки хлорофілвмісних рослинних добавок із зелені петрушки та кропу у формі дрібнодисперсних порошків і вироблені дослідні партії в промислових умовах (НВФ «ФІПАР»; НВП «Кріас-1», ДП «Імпульс»).



STUDY OF THE QUALITY OF CHLOROPHYLL-CONTAINING SUPPLEMENTS FROM PARSLEY AND DILL GREENS IN THE FORM OF FINELY DISPERSED POWDERS

Вивчено якість хлорофілвмісних рослинних добавок з листових овочів (зелені петрушки та кропу) у формі дрібнодисперсних порошків, отриманих за новою технологією. Оцінку якості проводили за хімічним складом, включаючи вміст біологічно активних речовин (хлорофілів а і b, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), флавонолових глікозидів (за рутином), вільних катехінів (за d-катехіном), дубильних речовин), за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками. Крім того, контролювали тривалість відновлення порошку.

Дослідження хімічного складу за вмістом БАР нових ХВ добавок із зелені петрушки та кропу показало, що вони відрізняються високим вмістом біологічно активних речовин, що сприяють зміцненню імунітету, масова частка яких у 100 г нових добавок становить: хлорофілів а та b - 3,6...4,6 %, каротиноїдів - 6,8...19,7 мг, аскорбінової кислоти - 578,6...1442 мг, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) - 638,6...2808,6 мг, флавонолових глікозидів - 220,8 ... 1892,3 мг, вільних катехінів- 280,9...645,9 мг, дубильних речовин- 728,8 ... 862,7 мг (табл. 20).

Таблиця 20 - Вміст хлорофілів а та b, каротиноїдів та інших БАР у хлорофілвмісних добавках у формі дрібнодисперсних порошків із зелені петрушки та кропу

Хлоро-філи а та b, %	Каротин, мг у 100 г	Аскорбінова кислота, мг у 100 г	Фенольні сполуки (за хлорог. к-ою), мг у 100 г	Флавонолові глікозиди (за рутином), мг у 100 г	Вільні катехіни (за d-катехіном), мг у 100 г	Дубильні речовини, мг у 100 г
ХВ добавки із зелені петрушки						
3,8±0,1	18,0±0,5	1392,8±41,8	757,4±22,7	317,3±6,4	384,2±11,5	816,3±20,4
ХВ добавки із зелені кропу						
4,4±0,1	7,8±0,2	624,6 ± 12,5	2694,5±53,9	1800,2±36,8	624,4±15,6	812,0±19,7

Порівняння якості нових дрібнодисперсних добавок із зелені петрушки та



кропу за вмістом БАР показало, що масова частка в них хлорофілів а та b, а також дубильних речовин знаходиться приблизно на однаковому рівні: хлорофілів а та b – відповідно 3,6...4,8 % та 4,0...4,6%; дубильних речовин – 0,73... 0,85% та 0,76... 0,85%. Дрібнодисперсні ХВ добавки із зелені петрушки відрізняються приблизно в два рази більш високим вмістом каротиноїдів та аскорбінової кислоти. У свою чергу ХВ добавки із зелені кропу містять значно більше фенольних сполук з Р – вітамінною активністю. Так, загальний вміст у них фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) вище приблизно в 3 рази, флавонолових глікозидів (за рутином) – приблизно у 6 разів, вільних катехінів (за d-катехіном) – вище в 1,5 рази, ніж у нових добавках із петрушки (табл. 20).

Вивчення хімічного складу нових добавок показало, що вміст вологи в ДД порошкоподібних добавках з ЛО становить 7,5...8 %, органічних кислот - 1,5...1,9%, розмір частинок порошку - 5...30 мкм, тривалість відновлення порошку - 5,6...6,0 хвилин. Основну частину сухих речовин становлять цукри, масова частка яких у добавках із зелені петрушки та кропу відповідно становить 40,8...42,1% та 29,6...31,1 %, а також білки – відповідно 21,0...22,2 % та 20,3...21,3 %. Вміст баластних речовин у нових добавках з листових овочів становить: пектинових речовин – 3,5...7,2% (які представлені переважно протопектином 2,9...6,2 %), целюлози – 6,5...8,8 %. Масова частка органічних кислот - від 1,4 до 1,9%. Вміст мінеральних речовин становить 9,8...14,5%. Особливо багато в дрібнодисперсних ХВ добавках калію (3430...4465 мг на 100 г). Масова частка окремих мінеральних речовин у 100 г нових добавок із зелені петрушки та кропу становить: кальцію - 969... 1057 мг, магнію - 444...566 мг, фосфору - 430...565 мг, натрію - 238...423 мг.

Встановлено, що за мікробіологічними показниками нові ХВ добавки відповідають вимогам ДСТУ на аналогічні продукти («Порошки овочеві»). Так, загальна кількість мезофільних аеробних і факультативно- анаеробних мікроорганізмів в хлорофілвмісних БАД із зелені петрушки і кропу складає відповідно від $2,4 \times 10^3$ до $3,2 \times 10^3$, а також від $2,5 \times 10^3$ до $3,5 \times 10^3$ КУО в 1 г.

Як було зазначено вище, нові ХВ добавки містять значну кількість білка



(20,3...22,2 %), за вмістом якого вони знаходяться на рівні м'яса яловичини 1 категорії або борошна з гороху (або квасолі) і в 2 рази перевищують вміст білка в борошні пшеничному 1 гатунку (табл. 21).

Таблиця 21 - Амінокислотний склад хлорофілвмісних добавок у формі ДД порошоків із зелені петрушки та кропу в порівнянні з борошном з гороху, квасолі та пшениці I гатунку (г в 100 г продукту)

Найменування амінокислот	ДД ХВ добавка		Борошно		
	із зелені петрушки	із зелені кропу	з гороху	з квасолі	пшеничне I гатунку
Протеїн	21,50	21,24	23,2	22,35	10,82
Лізін	2,21	1,62	1,68	1,62	0,30
Лейцин	1,45	1,28	1,62	1,78	0,90
Ізолейцин	0,78	0,66	1,32	1,30	0,62
Фенілаланін	0,95	0,92	1,14	1,15	0,59
Валін	1,07	0,91	1,12	1,14	0,52
Метіонін	0,24	0,28	0,26	0,29	0,17
Тирозін	0,57	0,53	0,35	0,65	0,31
Гістидін	0,48	0,43	0,28	0,64	0,25
Аргінін	2,58	1,91	0,60	1,32	0,52
Пролін	0,49	0,51	1,00	0,99	1,10
Аспарагінова к-та	2,32	2,72	0,58	2,64	0,49
Глутамінова к-та	2,34	2,31	3,31	3,32	3,40
Треонін	1,10	1,12	0,92	1,08	0,35
Серін	0,98	0,91	1,00	1,10	0,60
Гліцин + аланін	3,58	2,62	1,92	1,84	0,81

Більш детальне вивчення амінокислотного складу хлорофілвмісних добавок з листових овочів у формі ДД порошоків показало, що за кількістю незамінних амінокислот нові добавки знаходяться на рівні борошна з гороху та квасолі та наближаються до повноцінного білка м'яса яловичини 1 категорії.

Таким чином, нові хлорофілвмісні добавки з ЛО (зелені петрушки та кропу) у формі дрібнодисперсних порошоків є натуральними концентратами БАР (хлорофілів а та b, каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю та ін.), що сприяють зміцненню імунітету, які можуть



бути введені в різні продукти харчування для надання їм профілактичних захисних властивостей. Крім того, отримані порошкоподібні дрібнодисперсні хлорофілвмісні добавки є джерелом незамінних амінокислот, за кількістю яких вони знаходяться на рівні борошна з гороху та квасолі та наближаються до повноцінного білка м'яса яловичини 1 категорії



STUDY OF THE GRANULOMETRIC COMPOSITION OF FINELY DISPERSED POWDERED CHLOROPHYLL-CONTAINING SUPPLEMENTS FROM LEAFY VEGETABLES

Проведений огляд даних літератури показав, що в дійсний час універсального методу для визначення дисперсного складу порошкоподібних продуктів поки немає, але існують прямі та непрямі методи аналізу дисперсного (гранулометричного) складу порошкоподібних продуктів з урахуванням конкретних фізико-хімічних властивостей. До прямих методів відноситься безпосереднє вимірювання частинок досліджуваного порошкоподібного продукту за допомогою мікроскопа, а також ситовий аналіз, який проводять шляхом відсіву порошку через набір сит з осередками певного розміру. До непрямих методів відноситься визначення відносної швидкості розчинення порошкоподібних продуктів.

В роботі було проведено вивчення гранулометричного складу нових продуктів прямим та непрямим методами.

При використанні прямого методу визначення гранулометричного складу порошкоподібних продуктів, що містять, в основному, частинки з розміром менше 50 мкм, застосовують електронні та оптичні мікроскопи з використанням лічильної камери Тома або Горяєва глибиною 0,1 мм з мікрометричною окулярною лінійкою, при збільшенні в 100 і 600 разів. Даний метод дозволяє визначити кількість частинок певного розміру та їх відсоткове співвідношення між собою. Проведений в роботі аналіз гранулометричного складу розроблених дрібнодисперсних ХВ добавок з ЛО з використанням прямого методу показав, що основну масу дрібнодисперсних порошоків із зелені петрушки та кропу складають частинки розміром в інтервалі від 15 до 20 мкм – біля 35% (у добавках із зелені петрушки) та 32% (у добавках із зелені кропу).

Використання непрямого методу визначення гранулометричного складу з урахуванням конкретних фізико-хімічних властивостей порошоків ґрунтується на визначенні показника відносної швидкості розчинення. Класичний метод визначення відносної швидкості розчинення був розроблений для молочного



порошку і полягає в контролі масової частки розчинних речовин, що перейшли в розчин, який був витриманий (при температурі 20°C при перемішуванні), а потім відфільтрований через скляний пористий фільтр або сита з різними розмірами осередків. Порошок вважають швидко розчинним, якщо відносна швидкість розчинення становить не менше ніж 70 %. Але даний метод не може бути використаний для аналізу овочевих порошків, що є полікомпонентними системами легко розчинних компонентів, які проходять крізь фільтр, і слабо розчинних компонентів, таких як клітковина, пектинові речовини, білок і ін., які через фільтр не проходять.

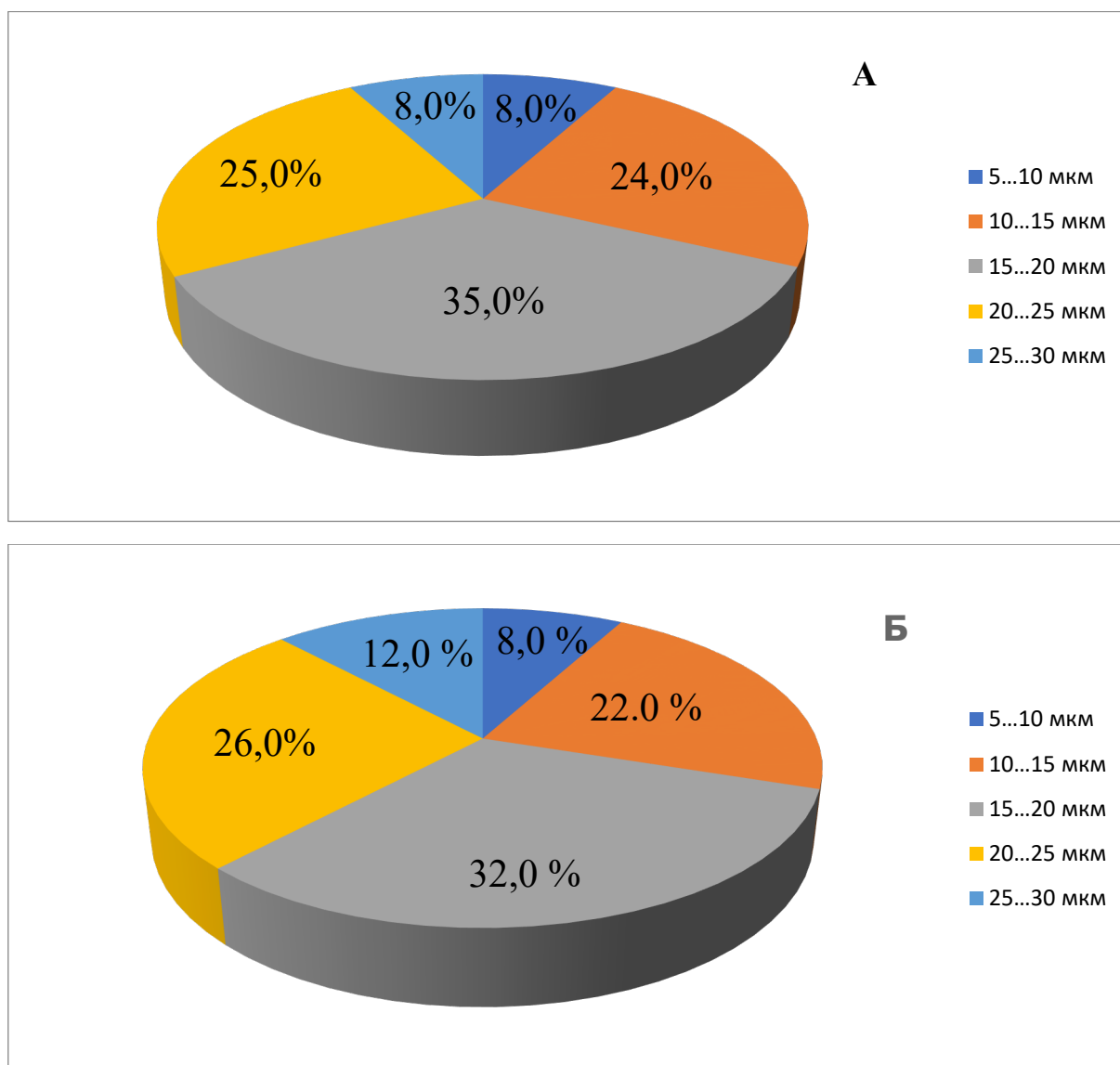


Рисунок 26 - Гранулометричний склад дрібнодисперсних хлорофілвмісних добавок із зелені петрушки (А) і кропу (Б)



Контроль гранулометричного складу нових ДД порошкоподібних ХВ добавок із ЛО під час виконання роботи проводився з використанням методики визначення відносної розчинності плодово-ягідних та овочевих порошків, розробленої проф. Павлюк Р.Ю., в якій за основу було взято метод визначення відносної швидкості розчинення для сухого молока. Сутність методики полягає в змішуванні 5 г порошку (плодово - ягідного або овочевого) і 45 мл дистильованої води температурою 20°C в змішувальній склянці мікроподрібнювача тканин РТ-2, перемішуванні суміші при 3000 об/хв протягом 30 с, швидкому фільтруванні отриманої суспензії з використанням вакуумного насосу через фільтрувальну воронку покриту ситовою тканиною з розміром осередків 150 мкм, висушуванні отриманого фільтрату в сушильній шафі при температурі 105°C до постійної маси та визначенні вмісту сухих речовин і відносної швидкості розчинення порошку.

Проведено аналіз гранулометричного складу дрібнодисперсних порошкоподібних ХВ добавок із зелені петрушки та кропу з використанням непрямого методу (за відотною швидкістю розчинення). Як аналог був використаний яблучний порошок з розміром частинок 5... 20 мкм. Результати досліджень представлено на рисунку 27.

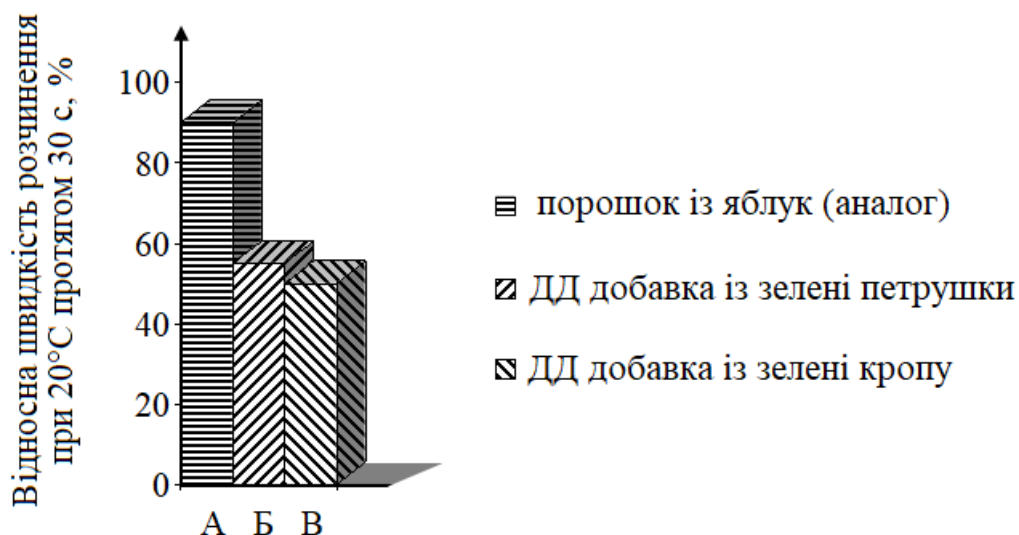


Рисунок 27 - Відносна швидкість розчинення хлорофілвмісних добавок із зелені петрушки (Б) і кропу (В) порівняно з аналогом – порошком з яблук (А)



Встановлено, що дрібнодисперсні порошкоподібні добавки із листових овочів складаються з частинок розміром 5...30 мкм, що мають форму багатогранників з краями неправильної форми. Показано, що відносна швидкість розчинення яблучного порошку (аналогу), який має розміри частинок 5... 20 мкм, становить 90 %, що вище, ніж відносна швидкість розчинення дрібнодисперсних порошків (з розміром частинок 5 ... 30 мкм) із зелені петрушки та кропу, яка становить 50 і 55 % відповідно. Нижча відносна швидкість розчинення, на наш погляд, пов'язана з більш високим порівняно з порошком - аналогом з яблук вмістом у нових добавках практично нерозчинних компонентів (пектинових речовин, клітковини, білків), які утворюють колоїдну систему, та з нижчим вмістом легкорозчинних компонентів (цукрів, оргкислот).

Визначено коефіцієнти кореляції між відносною швидкістю розчинення дрібнодисперсних порошків із хлорофілвмісних листових овочів та їх хімічним складом, які становлять 0,93-0,98 і свідчать про тісну кореляцію показників.



DEVELOPMENT OF POWDERED VITAMIN FLAVORINGS USING FINELY DISPERSED POWDERED CHLOROPHYLL-CONTAINING ADDITIVES AND ADDITIVES FROM NATURAL SPICES

Розроблено рецептури, технологію, проведено оцінку якості порошкоподібних вітамінних смакових приправ, виготовлених з використанням як рецептурних компонентів ДД порошкоподібних хлорофілвмісних добавок з ЛО (зелені петрушки та кропу) та рослинних добавок із натуральних прянощів у формі ДД порошків. Нові смакові приправи відрізняються високим вмістом БАР, що сприяють зміцненню імунітету (хлорофілу, каротину, аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю, дубильних речовин).

Проведений огляд даних літератури свідчить про те, що в Україні, країнах ближнього та далекого зарубіжжя випускають широкий асортимент порошкоподібних прянощів та смакових приправ. Відомими виробниками є: австрійська фірма Dragoco; швейцарська Knorr, англійські Schwaric Spicer Co; Spicev Easy; Bush Bocke Zen Ztd; East Anglian Food; фінська Meiru, німецька – Hermami Zane; американські Mc Cormicks Co, Famous Foods, Kalsee Ingr Co та ін. В Україні виробництвом приправ та прянощів займаються: ТМ «Мрія» (ТОВ «Кондитерпромторг-1» м. Львів), ТМ «Еко» (ЗАТ «Екотехніка» м. Київ), ТМ «Мівіна» (ТОВ «Техноком» м. Харків), ТМ «Приправка» (ПП «Парфум» м. Харків) та інші. Основними недоліками приправ та прянощів вітчизняного та закордонного виробництва, що реалізуються в Україні, є: наявність у їх складі синтетичних ароматизаторів, консервантів, підсилювачів смаку, які, як відомо, шкідливо впливають на організм людини. З іншого боку, для більшості із них характерний низький вміст натуральних рослинних БАР. У зв'язку з цим розробка нових видів смакових приправ, що відрізняються високим вмістом таких натуральних рослинних БАР, як хлорофіл, каротин, аскорбінова кислота, фенольні сполуки з Р-вітамінною активністю, дубильні речовини є актуальним завданням.

При розробці нових видів смакових приправ як основа були використані виготовлені за новою технологією ДД ХВ добавки з ЛО, в які були введені як



рецептурні компоненти порошкоподібні добавки з натуральних прянощів (фенхелю, лаврового листа, майорану, тархуна, перцю духмяного, перцю чорного), отримані шляхом подрібнення до частинок розміром 5...50 мкм (на вібраційно-кульовому млині без застосування холоду).

При розробці рецептур та технології смакових приправ вивчено якості порошкоподібних добавок з натуральних прянощів за вмістом біологічно активних речовин (табл. 22), а також за органолептичними, фізико-хімічними та мікробіологічними показниками.

Таблиця 22 - Вміст біологічно активних речовин у порошкоподібних рослинних добавках із натуральних прянощів

Найменування показника	Порошкоподібна рослинна добавка з натуральних прянощів					
	фенхелю	майорана	тархуна	лаврового листа	перцю духмяного	перцю чорного
Масова частка, %						
ефірних олій	3,21±0,06	1,92±0,07	0,90±0,01	1,79±0,04	6,01±0,05	4,83±0,12
дубильних речовин	0,87±0,02	1,08±0,02	0,93±0,02	0,75±0,02	5,00±0,04	1,21±0,01
фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	1,20±0,02	2,73±0,03	1,8±0,03	4,20±0,03	5,52±0,04	4,83±0,02
вільних катехінів (за d – катехіном)	0,65±0,01	0,67±0,01	0,86±0,02	1,85±0,02	0,88±0,02	0,89±0,01
Масова частка, мг 100 г:						
флавонолових глікозидів (за рутином)	350,0±7,4	385,0±5,2	286,0±5,6	850,0±19,3	180,0±12,1	185,0±5,6
вітаміну С	5,8±0,1	17,3±1,5	19,2±0,6	19,0±0,8	6,8±0,9	9,2±0,5
каротину	0,3±0,1	1,9±0,1	2,5±0,1	2,0±0,1	0,3±0,1	0,3±0,1

Показано, що порошкоподібні рослинні добавки з натуральних прянощів містять значну кількість ефірних олій – 0,90...6,01 %, дубильних речовин – 0,75...5,00 %, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) – 1,20...5, 52%, вільних катехінів (за d – катехіном) – 0,65...1,85 %, флавонолових глікозидів (за рутином) - 0,18... 0,35%, а також невелику кількість аскорбінової кислоти



(5,8...19,2 мг на 100 г) і каротину (0,3...2,5 мг на 100 г). Найбільшим вмістом БАР відрізняються порошкоподібні рослинні добавки з духмяного перцю і перцю чорного, низьким – добавки з майорану та тархуна.

Зазначені біологічно активні речовини, як відомо, є ненасиченими та реакційно здатними сполуками, які мають консервуючу дію, а також антиоксидантні, геропротекторні, імуномодулюючі властивості.

Отримані порошкоподібні добавки з натуральних прянощів (фенхеля, лаврового листа, майорану, тархуна, перцю духмяного, перцю чорного), були використані при створенні нових вітамінних приправ.

Розроблено 3 рецептури та інноваційна технологія отримання вітамінних смакових приправ. Нові приправи, що отримали назву «Вітамінна», «Смарагд» та «Фантазія» на 60% складаються із ХВ добавок з ЛО і відрізняються між собою співвідношенням добавок із зелені петрушки та кропу. Так, співвідношення між ХВ добавками із зелені петрушки та кропу в приправі «Фантазія» становить 1:1, у приправі «Вітамінна» – 5:1, у приправі «Смарагд» – 1:5. Нові смакові приправи на 40 % складаються з порошкоподібних добавок із натуральних прянощів, які входять до складу всіх приправ у рівній кількості: по 10% добавок з майорану та лаврового листа та по 5% добавок з фенхелю, тархуну, перцю чорного та перцю духмяного.

Від традиційних технологій отримання порошкоподібних приправ нова технологія відрізняється використанням як основи нових дрібнодисперсних порошкоподібних добавок із хлорофілвмісних листових овочів і застосуванням дрібнодисперсного подрібнення натуральних прянощів до частинок розміром 5...50 мкм за допомогою вібраційно-кульового млина. Це дало можливість отримати збагачений низькомолекулярними БАР і більш біодоступний продукт.

Вивчено якість отриманих порошкоподібних вітамінних смакових приправ «Вітамінна», «Смарагд» та «Фантазія» за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками та за вмістом БАР. Показано, що нові смакові приправи є ДД порошками зеленого кольору з сірувато-коричневими включеннями прянощів, мають яскраво виражений оригінальний гармонійний



аромат, властивий букету натуральних прянощів, що входять до складу добавок. При вивченні фізико-хімічних показників встановлено, що вміст вологи становить 5,1...5,3%, золи - 7,6...8,3%, клітковини 7,4...8,7%, загального цукру 9,6...10,3%. За мікробіологічними показниками нові смакові приправи відповідають вимогам ДСТУ на приправи Так, загальна кількість в них мікроорганізмів становить $3,9 \times 10^3 \dots 4,5 \times 10^4$ КУО в 1 г.

Під час дослідження якості вітамінних смакових приправ за масовою часткою БАР показано, що вони містять значну кількість БАР, які, за даними літератури, мають антиоксидантні властивості. Так, у 100 г нових приправ міститься значна кількість хлорофілів а та b (2,4...3,1 %), фенольних сполук (2,3...3,0 %), флавонолових глікозидів (486,2...1083,4 мг), аскорбінової кислоти (769,3...771,4 мг), вільних катехінів (598,4...697,3 мг), дубильних речовин (510,3...517,2 мг), а також міститься каротин (9,8...10,4 мг) (табл. 23).

**Таблиця 23 - Вміст БАР у вітамінних смакових приправах
«Вітамінна», «Смарагд», «Фантазія» (n=3, P≥0,95)**

Найменування вітамінних смакових приправ	Хлорофіла а та b, %	Масова частка, мг 100 г					
		L-аскорбінової кислоти	каротину	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавонолових глікозидів (за рутином)	вільних катехінів (за d-катехіном)	дубильних речовин
«Вітамінна»	2,4	771,4	10,4	2277,5	486,2	598,4	517,2
«Смарагд»	3,1	406,8	5,4	2980,3	1083,4	697,3	510,3
«Фантазія»	2,6	603,2	8,0	2628,7	784,8	646,8	513,9

Нові вітамінні смакові приправи «Вітамінна», «Смарагд», «Фантазія», отримані на основі дрібнодисперсних порошкоподібних хлорофілвмісних добавок із листових овочів (зелені петрушки та кропу) із застосуванням як рецептурних компонентів порошкоподібних добавок з натуральних прянощів (фенхелю, майорану, тархуну, лаврового листа, духмяного перцю, перцю



чорного) можна рекомендувати для широкого використання в харчовій промисловості, а також при виготовленні перших та других страв в індивідуальному та масовому харчуванні з метою їх збагачення натуральними біологічно активними речовинами, що надають продуктам антиоксидантні, імуномодулюючі, оздоровчі властивості.



DEVELOPMENT OF PROCESSED CHEESES USING CHLOROPHYLL-CONTAINING ADDITIVES FROM PARSLEY AND DILL AND ANTIOXIDANT HERBAL ADDITIVES FROM NATURAL SPICES IN THE FORM OF EXTRACTS AND POWDERS

Розроблено рецептури, інноваційну технологію та вивчено якість плавлених сирів збагачених хлорофілвмісними добавками у формі дрібнодисперсних порошків із зелені петрушки та кропу, а також рослинними добавками з натуральних прянощів (лаврового листа, перцю духмяного, перцю чорного майорану, тархуну) у формі порошків та екстрактів, що були введені у плавлені сири як антиоксидантні та консервуючі добавки з метою збільшення їх термінів зберігання, а також для збагачення біологічно активними речовинами, що сприяють зміцненню захисних сил організму людини.

Як відомо, плавлені сири, виготовлені на основі сичужних та кисломолочних сирів, відрізняються високим вмістом повноцінного білка і відносяться до високожирних продуктів, які швидко псуються під час зберігання, що спричинено перебігом в них окисних, гідролітичних та мікробіологічних процесів. Зберігання плавлених сирів супроводжується процесами окислення та гідролізу жирів, у результаті яких утворюються вільні жирні кислоти, перекиси та гідроперекиси, кетони, альдегіди та інші продукти розпаду, які призводять до псування плавлених сирів. Паралельно внаслідок зростання та розвитку мікроорганізмів відбувається мікробіологічне псування продукту, при якому утворюються органічні кислоти та інші продукти розпаду. Відбувається погіршення органолептичних показників якості. Плавлені сири набувають прогорклого смаку, в них з'являється неприємний присмак та запах.

Для запобігання мікробіологічного, окисного та гідролітичного псування плавлених сирів та продовження термінів зберігання у світовій практиці при їх виробництві застосовують різні синтетичні речовини, що мають консервуючу та антиоксидантну дію, але які, як відомо, чинять на організм людини несприятливий вплив. Для збільшення термінів зберігання у плавлені сири вводять сорбінову, бензойну кислоти та їх похідні, альгінат натрію та інші.



Натуральні антиоксиданти в Україні практично не застосовують. У зв'язку з цим актуальною є розробка натуральних добавок з рослинної сировини, до складу яких входять БАР, що мають консервуючу та антиоксидантну дію, а також розробка з їх використанням плавлених сирів, які відрізняються високим вмістом натуральних рослинних БАР (хлорофілу а і b, каротину, аскорбінової кислоти, фенольних сполук з Р-вітамінною активністю, дубильних речовин), мають високі споживчі властивості та підвищену стійкість при зберіганні.

Розроблено рецептури та інноваційну технологію плавлених сирів, що містять в своєму складі як збагачувачі БАР отримані за новою технологією дрібнодисперсні порошкоподібні хлорофілвмісні добавки із листових овочів, а як антиоксидантні добавки - рослинні добавки з шести видів натуральних прянощів (лаврового листа, перцю духмяного, перцю чорного, фенхелю, майорану, тархуну) в формі порошків та 40 % водно-спиртових екстрактів, отриманих методом двократного настоювання.

При розробці рецептур та технології плавлених сирів були додатково вивчені антиоксидантні властивості, вміст БАР (ароматичних речовин, низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин, каротину, вітамінів С та Е), фітонцидна активність, а також органолептичні, фізико-хімічні та мікробіологічні показники добавок із натуральних прянощів у формі екстрактів.

Дослідження антиоксидантних властивостей проводили у модельній системі шляхом вивчення впливу рослинних добавок у формі екстрактів на швидкість окислення олеїнової кислоти при вільному доступі кисню. Кількість екстрактів, що вводились, становила 0,03 % у перерахунку на суху речовину (у кількості, яка закладалася в нові продукти). Паралельно було проведено порівняння антиоксидантної активності (АОА) добавок із НП у формі екстрактів та класичного антиоксиданту α -токоферолу, введенного в модельну систему також у кількості 0,03% у перерахунку на суху речовину.

Показано, що введення в субстрат олеїнової кислоти добавок у формі екстрактів із натуральних прянощів призводить до зменшення швидкості її окислення. Отже, всі досліджувані екстракти виявляють властивості



антиоксидантів – інгібіторів окиснення. Показано, що АОА досліджуваних добавок із НП в 1,7...2,2 рази вище за активність класичного антиоксиданту α -токоферолу, введеного в модельну систему в еквівалентній дозі. Встановлено, що найбільшу АОА виявляють добавки із фенхелю (табл. 24).

Таблиця 24 – Антиоксидантна активність (за швидкістю окислення олеїнової кислоти) та вміст БАР рослинних добавок у формі екстрактів із натуральних прянощів (n=3, P $\geq$ 0,95)

Найменування показника	Рослинна добавка у формі екстракту з НП		
	фенхелю	майорана	тархуна
Швидкість окислення олеїнової кислоти*, $V \cdot 10^3$, моль/дм ³ · с	0,45 $\pm$ 0,01	0,57 $\pm$ 0,01	0,59 $\pm$ 0,01
Масова частка, мг 100 мл: дубильних речовин	280 $\pm$ 3	250 $\pm$ 3	135 $\pm$ 4
фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	228,6 $\pm$ 6,9	220,3 $\pm$ 5,8	185,3 $\pm$ 7,1
флавонолових глікозидів (за рутином)	84,6 $\pm$ 3,8	78,3 $\pm$ 2,9	65,2 $\pm$ 2,7
вільних катехінів (за d-катехіном)	95,0 $\pm$ 1,9	55,0 $\pm$ 2,1	28,4 $\pm$ 1,3
вітаміну С	1,50 $\pm$ 0,05	2,52 $\pm$ 0,04	1,94 $\pm$ 0,01
Масова частка ароматичних речовин (за числом аромату), мл тіосульфату Na	152,8 $\pm$ 5,8	124,3 $\pm$ 4,2	112,0 $\pm$ 3,9
Масова частка, мкмоль в 100 мл: вітаміну Е	80,1 $\pm$ 1,2	88,4 $\pm$ 1,4	58,5 $\pm$ 1,0
каротину	7,3 $\pm$ 0,1	15,2 $\pm$ 0,2	6,1 $\pm$ 0,1
Масова частка сухих речовин, %	1,8 $\pm$ 0,1	3,5 $\pm$ 0,1	3,8 $\pm$ 0,1

Примітка*: швидкість окислення олеїнової кислоти при введенні в модельну систему α -токоферолу становить 0,98.

Показано, що рослинні добавки з натуральних прянощів у формі водно-спиртових екстрактів містять значну кількість ненасичених БАР (ароматичних, фенольних, дубильних речовин), що мають антиоксидантні та консервуючі властивості. Так, в 100 мл екстрактів з НП (фенхелю, майорану, тархуну) міститься: дубильних речовин (135,0...280,0 мг), фенольних сполук (185,3...228,6 мг), флавонолових глікозидів (65,2...84,6 мг), вільних катехінів (28,4...95,0 мг), а також ароматичних речовин (112,0...152,8 мл тіосульфату натрію). Крім того, екстракти містять невелику кількість вітаміну С (1,5...2,5 мг), вітаміну Е,



каротину. Встановлена пряма залежність між АОА добавок із НП в формі екстрактів та вмістом в них перерахованих БАР.

Досліджено фітонцидну активність рослинних добавок у формі водно-спиртових екстрактів із натуральних прянощів з метою обґрунтування доцільності їх подальшого використання при виготовленні плавлених сирів для збільшення термінів зберігання та надання продуктам оздоровчих властивостей.

Фітонцидну активність рослинних добавок вивчали методом біотестування на чистих культурах бактерій *Escherichia coli*, *Bacillus subtilis* (при визначенні антибактеріальної активності) та цвілевих грибів *Fusarium sp.* та *Alternaria tenuis* (при визначенні фунгіцидної активності). Вивчення впливу фітонцидів (летких та нелетких компонентів) рослинних добавок у формі екстрактів з НП при концентрації в живильне середовище 0,03 % сухої речовини проводили у чашках Петрі лунковим методом з м'ясо-пептонним агаром (МПА) для бактерій та в середовищі Чапека для грибів. Для цього дослідні зразки рослинних добавок у формі екстрактів вносили в лунки агарового живильного середовища, яке потім засівали чистими культурами досліджуваних мікроорганізмів.

Про фітонцидний (антибактеріальний та фунгіцидний) ефект рослинних добавок у формі екстрактів з НП судили за діаметром утворених мікроорганізмами зон лізису (табл. 25).

Встановлено, що всі досліджені добавки у формі екстрактів з НП мають антибактеріальну активність. Спільний вплив летких і нелетких компонентів екстрактів з консервуючою дією призводить до гальмування росту бактерій (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*) і меншою мірою до гальмування розвитку цвілевих грибів (*Alternaria tenuis*, *Penicillium chrysogenum*), що свідчить про їх антибактеріальну дію і про слабку фунгіцидну.

Встановлено, що найбільш високу антибактеріальну активність має добавка з фенхелю, який відрізняється значним вмістом ароматичних речовин (152,8 мг тіосульфату Na), загальних фенольних сполук (152,8 мг у 100 мл), дубильних речовин (280,0 мг у 100 мл). Встановлену пряму залежність антибактеріальних властивостей екстрактів від вмісту в них фенольних сполук, ароматичних



Таблиця 25 - Антибактеріальна та фунгіцидна активність рослинних добавок у формі водно-спиртових екстрактів з натуральних прянощів (n=3, P≥0,95)

Рослинна добавка у формі екстракту з НП	Зона затримки зростання, мм			
	Esherichia coli	Bacillus subtilis	Altarnaria tenuis	Penicillum chrysogenum
фенхелю	12,2±0,5	10,5±0,4	9,5±0,5	10,0±0,5
майорана	9,5±0,4	10,5±0,5	7,5±0,5	7,0±0,5
тархуна	8,5±0,5	8,2±0,7	5,5±0,2	6,5±0,5

речовин, дубильних речовин.

За фізико-хімічними показниками екстракти відрізняються невисоким вмістом сухих речовин від 1,8 до 3,8%. Загальне обсіменіння мікроорганізмами в 1 г екстрактів становить $2,0 \times 10^2 \dots 3,0 \times 10^2$ КУО.

Таким чином, встановлено, що всі досліджені рослинні добавки у формі водно-спиртових екстрактів із натуральних прянощів містять значну кількість ненасичених БАР (ароматичних, фенольних, дубильних речовин), виявляють антиоксидантні та фітонцидні властивості. Добавки із НП були використані при виробництві нових плавлених сирів з метою збільшення термінів зберігання, збагачення БАР, а також для надання продуктам оригінального смаку та аромату.

Науково обґрунтовані, розроблені та апробовані в промислових умовах рецептури та технологія 2-х видів плавлених сирів «Богатир», «Апетитний», які мають потенційну імуномодулюючу оздоровчу дію. Як аналог був використаний плавлений сир «Янтар». При складанні рецептур та підборі дози внесення добавок із натуральних прянощів та хлорофілвмісних листових овочів керувалися результатами органолептичної оцінки зразків.

Розроблені рецептури відрізняються між собою кількістю та співвідношенням хлорофілвмісних добавок із листових овочів. Так, у рецептуру плавленого сиру «Богатир» введено сумарно 5% добавок із зелені петрушки та кропу у співвідношенні 1,5 : 1. Сумарна кількість добавок із ЛО, що введена в плавлений сир «Апетитний» складає 3 %. При цьому співвідношення добавок із



зелені петрушки та кропу становить 2 : 1. Також рецептури різняться між собою дозою введення композиції добавок у формі екстрактів із НП (лаврового листа, перцю духмяного, перцю чорного, фенхелю, майорану, тархуну у співвідношенні 1:1:1:1:1:1), які становлять: «Богатир» - 2 %, «Апетитний» - 2,5 %.

Крім екстрактів в нові рецептури входять добавки у формі порошків з натуральних прянощів, сумарна кількість яких однакова і становить 1,3%, а співвідношення компонентів перцю чорного, духмяного, тархуна, лаврового листа, фенхелю, майорану становить: 3 : 2 : 2 : 2 : 2 : 2 (у рецептурі «Богатир») та 5:3:1:1:1:1 (в рецептурі «Апетитний»). Крім того, до нових рецептур входить паста з часнику в кількості 3% («Богатир») та 5% («Апетитний»).

При розробці технології нових видів плавленого сиру за основу була використана традиційна технологія виробництва плавленого сиру «Янтар». Від традиційної нова технологія відрізняється внесенням у готову розплавлену гомогенізовану сирну масу пасти з часнику та добавок із зелені петрушки та кропу у формі ДД порошків, а також введенням рослинних добавок із натуральних прянощів (лаврового листа, перцю чорного, перцю духмяного, майорану, тархуну). у формі порошків та композиції екстрактів.

Технологія виробництва нових видів плавленого сиру включає інспекцію, підготовку, обробку сировини, потім здійснюють дроблення і складання відповідно до рецептури сирної суміші, в неї вводять 20% розчин солей - плавителів, після чого здійснюють перше плавлення подрібненої сировини при температурі 70...75 °С протягом 10...15 хв. Паралельно готують молочно-жирову емульсію, яка є сумішшю сухого молока, вершків і вершкового масла. Розплавлену сирну масу змішують з молочно-жировою емульсією і проводять друге плавлення при температурі 85...95°С протягом 3...5 хв. (рис. 28)

Після цього проводять фільтрування сирної маси при температурі 80...90 °С та її гомогенізацію. У готову розплавлену гомогенізовану сирну масу вносять при безперервному перемішуванні рецептурні кількості: попередньо підготовленої пасти з часнику (для чого часник чистять і подрібнюють до часток



Рисунок 28 - Принципова технологічна схема виробництва плавлених сирів «Богатир» та «Апетитний» з використанням хлорофілсвімісних добавок у формі ДД порошків із зелені петрушки та кропу та рослинних добавок із НП у формі екстрактів та порошків

розміром 50...250 мкм), просіяні крізь шовкове сито № 25 добавки із зелені петрушки та кропу у формі ДД порошків, а також порошкоподібні добавки з НП (лаврового листа, перцю чорного, духмяного перцю, майорану, тархуну, фенхелю) та композиції добавок з НП у формі екстрактів.

Перемішування здійснюють до досягнення продуктом однорідної



консистенції. Готовий плавленим сир розфасовують у полімерну тару (стаканчики, коробочки), пакети з фольги. Слід зазначити, що виробництво плавлених сирів за розробленою схемою можна здійснювати на традиційному обладнанні з виробництва плавлених сирів, що не вимагає додаткових витрат на переобладнання технологічної лінії.

Проведено оцінку якості отриманих видів плавленого сиру за органолептичними, фізико-хімічними, мікробіологічними показниками, а також порівняння якості за вмістом БАР (хлорофілу, каротину, фенольних сполук, дубильних речовин, аскорбінової кислоти) з якістю контрольного зразка та сиру – аналогу. Показано, що нові види плавленого сиру мають оригінальний смак і аромат, властивий внесеним прянощам, добавкам із зелені петрушки та кропу, а також добавки з часнику, ніжну пластичну консистенцією, кремовий колір з вкрапленнями частинок внесених порошкоподібних добавок із хлорофілвмісних листових овочів та натуральних прянощів. Вміст вологи становить 50,1...50,5%, жиру - 25,0...25,3%, білка - 10,6...11,2%, рН - 5,7...5,8. Загальна кількість мікроорганізмів в 1 г продуктів становить $4,1 \times 10^3 \dots 4,7 \times 10^3$ КУО, що не перевищує допустимі ДСТУ норми для такого роду продуктів. Показано, що нові плавлені сири «Богатир» та «Апетитний» відрізняються від контрольного зразка (без добавок) та сиру – аналога – традиційного сиру «Янтар» високим вмістом БАР. Так, у 100 г розроблених двох видів плавленого сиру міститься: 0,2...0,3 % хлорофілу а та б, 0,7...0,9 мг каротину, 8,4...10,6 мг L-аскорбінової кислоти, 48,9...53,6 мг фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), 39,8...40,1 мг флавонолових глікозидів, 21,3...26,1 мг катехінів, 19,7...22,3 мг дубильних речовин (табл. 26).

Таким чином, нові плавлені сири «Богатир» та «Апетитний» у порівнянні з контролем (без добавок) і традиційним плавленим сиром «Янтар» відрізняються підвищеним вмістом БАР, що сприяють зміцненню імунітету (хлорофілу, каротину, L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук, дубильних речовин) і їх можна віднести до продуктів, що мають оздоровчі властивості.



Таблиця 26 - Вміст БАР у нових видах плавлених сирів у порівнянні з контролем та аналогом

Найменування плавленого сиру	Масова частка, мг 100 г						
	хлорофілу а та b	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавонолових глікозидів (за рутином)	вільних катехінів (за d-катехіном)	дубильних речовин	вітаміну С	каротину
«Богатир»	302,0	48,9	40,1	21,3	19,7	10,6	0,9
«Апетитний»	211,0	53,6	39,8	26,1	22,1	8,4	0,7
Контроль (без добавок)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
«Янтар» (аналог)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Показано, що нові плавлені сири, отримані з використанням ХВ добавок у формі дрібнодисперсних порошків із зелені петрушки та кропу, рослинних добавок із натуральних прянощів у формі порошків та екстрактів зберігаються у 2 рази довше, ніж контроль (плавлений сир без добавок).

Встановлено, що введення в плавлені сири рослинних добавок із зелені петрушки та кропу та натуральних прянощів у формі порошків та екстрактів призводить до уповільнення швидкості окислювальних та гідролітичних процесів та дозволяє збільшити термін зберігання плавлених сирів без введення синтетичних консервантів у 2 рази. Плавлені сири «Богатир» та «Апетитний» пройшли апробацію у промислових умовах НВФ «Фіторія».



CONCLUSIONS

На основі комплексного підходу з урахуванням теоретичних узагальнень та отриманих експериментальних даних запропоновано, науково обґрунтовано та розроблено інноваційні кріотехнології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської, шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату, що 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 в них 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).

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.

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 $0,5...10^{\circ}\text{C} / \text{хв}$) до температури в продукті $-32...-35^{\circ}\text{C}$ із застосуванням рідкого та газоподібного азоту дає змогу додатково вилучити та трансформувати із прихованої у вільну легкозасвоювану форму біологічно активні речовини, масова частка яких в кріозаморожених ХВО в 2,2...2,5 рази більша ніж у свіжих, розкрито механізм впливу кріозаморожування.

Показано, що використання комплексної дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування до $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та дрібнодисперсного подрібнення призводять 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 хлорофілвмісних овочів, 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.



Науково обґрунтовано та розроблено інноваційні технології заморожених хлорофілвмісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти та шпинату) та дрібнодисперсної добавки зі шпинату з використанням як інновації під час виготовлення перших кріогенного «шокового» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту та у процесі виготовлення добавок додаткової дії дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення. Це дає можливість отримати кріозаморожені 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, 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 комплексне застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення дозволяє отримати добавки в формі пюре із ХВО, якість яких наближається до якості продукції, виготовленої з використанням кріогенної обробки. Так, за вмістом хлорофілів а і b якість дрібнодисперсних добавок в формі пюре паротермічної та кріообробки 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 %.

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

Виявлено закономірності окислення та руйнування L-аскорбінової кислоти та каротиноїдів при подрібненні свіжої зелені петрушки та кропу та їх стабілізації лимонною кислотою перед вакуумним сушінням. Модельними експериментами встановлено, що для інактивації окислювальних ферментів перед сушінням свіжу нарізану зелень хлорофілвмісних листових овочів достатньо витримати у розчині 0,5...1% концентрації розчину лимонної кислоти протягом 10...15 хвилин.

Комплексними дослідженнями хімічними та спектроскопічними методами встановлено закономірності впливу дрібнодисперсного подрібнення до частинок розміром 5... 30 мкм висушеної за допомогою вакуумного сушіння зелені петрушки та кропу на вміст низькомолекулярних БАР (хлорофілів а та б, каротиноїдів, фенольних сполук). Показано, що при дрібнодисперсному подрібненні висушених ВС листових овочів відбувається більш повне вилучення з сировини та суттєве збільшення концентрації низькомолекулярних БАР, яке контролюється хімічними та спектроскопічними методами досліджень. При дрібнодисперсному подрібненні спостерігається збільшення масової частки продукту низькомолекулярними БАР в 1,2...1,8 разів у порівнянні з вихідною сировиною - висушеними ВС ХВ ЛО. Таке збільшення при ДД подрібнення відбувається за рахунок суттєвої деструкції рослинної тканини, руйнування клітин і збільшення активної поверхні продукту, що призводить до більш повного вилучення БАР, а також до їх переходу із зв'язаного з біополімерами стану у вільний.

Розроблено інноваційну технологію хлорофілвмісних добавок із листових овочів (зелені петрушки та кропу) у формі дрібнодисперсних порошків з розміром частинок 5...30 мкм. Від традиційних технологій порошків нова технологія відрізняється інактивацією окисних ферментів шляхом витримування нарізаної зелені петрушки та кропу в розчині лимонної кислоти перед сушінням, використанням вакуумного сушіння та альтернативного криогенному помелу



дрібнодисперсного подрібнення у вібраційно-кульовому млині (без застосування рідкого азоту), що дозволяє отримати продукт, масова частка у якому низькомолекулярних БАР вище 1,2...1,8 раз в порівнянні з вихідною сировиною. Проблема інактивації окислювальних ферментів у листових овочах перед сушінням була вирішена за допомогою витримування нарізаних ХВ ЛО в 0,5...1% розчині лимонної кислоти протягом 10...15 хв, оскільки бланшування призводить до заміщення в молекулах хлорофілу комплексно пов'язаного магнію на водень, що супроводжується утворенням речовини феофітин бурого кольору, наявність якого в продукті призводить до зміни кольору та втрати товарного вигляду готового продукту. На нові види дрібнодисперсних порошкоподібних хлорофілвмісних добавок розроблено та затверджено нормативну документацію (ТУ), проведено апробацію у виробничих умовах НВФ «ФІПАР», НВП «Кріас-1», ДП «Імпульс».

Показано, що нові хлорофілвмісні добавки із зелені петрушки та кропу у формі дрібнодисперсних порошків відрізняються високим вмістом біологічно активних речовин, що сприяють зміцненню імунітету, масова частка яких у 100 г нових добавок становить: хлорофілів а та b - 3,6...4,6 %, каротиноїдів - 6,8...19,7 мг, L-аскорбінової кислоти - 578,6...1442,8 мг, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) – 638,6...2808,6 мг, флаванолових глікозидів – 220,8...1892,3 мг, дубильних речовин – 728,8...862,7 мг. Нові ХВ добавки містять значну кількість білка (20,3...22,2 %), за вмістом якого вони знаходяться на рівні м'яса яловичини 1 категорії або борошна з гороху (або квасолі) і в 2 рази перевищують вміст білка в борошні пшеничному 1 гатунку. Встановлено, що за вмістом незамінних амінокислот ХВ добавки знаходяться на рівні горохового та квасолевого борошна та наближаються до повноцінного білка м'яса яловичини 1 категорії.

Методом біотестування на біологічних тест-об'єктах показано, що дрібнодисперсні порошки (5...30 мкм) з листових овочів (зелені петрушки та кропу) у порівнянні з традиційно грубо подрібненими порошками (50...250 мкм) мають у 2 рази більш високу біологічну активність і знаходяться у більш



легкозасвоюваній формі, що пов'язано з більш високим вивільненням розчинних біологічно активних і поживних речовин при ДД подрібненні в рідке живильне середовище - інкубаційну систему, де відбувається розвиток парамецій.

Показано, що порошкоподібні рослинні добавки з натуральних прянощів (фенхелю, лаврового листа, майорану, тархуну, перцю духмяного, перцю чорного) містять значну кількість ефірних олій – 0,90...6,01 %, дубильних речовин – 0,75...5,00 %, фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) – 1,20...5,52%, вільних катехінів (за d – катехіном) – 0,65...1,85 %, флавонолових глікозидів (за рутином) – 0,18...0,35 %, а також невелику кількість аскорбінової кислоти (5,8...19,2 мг на 100 г) та каротину (0,3 ...2,5 мг на 100 г). Найбільшим вмістом БАР відрізняються добавки з перцю духмяного і чорного, низьким – добавки з майорану і тархуна. Зазначені біологічно активні речовини, як відомо, є ненасиченими та реакційно здатними сполуками, які мають консервуючу дію, а також антиоксидантні, геропротекторні, імуномодулюючі властивості.

Розроблено рецептури та технологію отримання вітамінних смакових приправ, які на 60 % складаються з ХВ добавок із ЛО та на 40 % із порошкоподібних добавок з НП (фенхелю, лаврового листа, майорану, тархуну, перцю духмяного, перцю чорного). Нові смакові приправи містять значну кількість БАР: хлорофілів а та b (2,4...3,1 %), фенольних сполук (2,3...3,0 %), флавонолових глікозидів (486,2...1083,4 мг), аскорбінової кислоти (769,3...771,4 мг), вільних катехінів (598,4...697,3 мг), дубильних речовин (510,3...517,2 мг), каротин (9,8...10,4 мг). Розроблені приправи пройшли апробацію в промислових умовах ТОВ «Фіторія» та рекомендовані до впровадження та використання у різні продукти харчування як збагачувачі натуральними БАР.

Показано, що екстракти з НП (фенхелю, майорану, тархуну) виявляють властивості антиоксидантів – інгібіторів окиснення. Показано, що АОА досліджуваних добавок з НП в 1,7...2,2 рази вище за активність класичного антиоксиданту α -токоферолу, введенного в модельну систему в еквівалентній дозі. Показано, що добавки з НП у формі водно-спиртових екстрактів містять значну кількість ненасичених БАР (дубильних речовин - 135,0...280,0 мг на 100



мл, фенольних сполук - 185,3...228, 6 мг на 100 мл, флавонолових глікозидів - 65,2...84,6 мг у 100 мл, вільних катехінів – 28,4...95,0 мг у 100 мл, ароматичних речовин – 112,0...152,8 мл тіосульфату натрію), що володіють антиоксидантними та консервуючими властивостями. Встановлено пряму залежність між АОА екстрактів з НП та вмістом перерахованих ненасичених БАР.

Встановлено, що добавки у формі екстрактів із натуральних прянощів (фенхелю, майорану, тархуну) мають антибактеріальну активність і слабку фунгіцидну дію. Спільний вплив летких і нелетких компонентів екстрактів з консервуючою дією призводить до гальмування росту бактерій (*Bacillus subtilis*, *Escherichia coli*) і меншою мірою до гальмування розвитку цвілевих грибів (*Alternaria tenuis*, *Penicillium chrysogenum*), що свідчить про їх антибактеріальну і слабку фунгіцидну дію. Встановлено пряму залежність антибактеріальних властивостей екстрактів (добавок з НП) від вмісту в них фенольних сполук, ароматичних речовин, дубильних речовин.

Науково обґрунтовано та реалізовано можливість використання хлорофілвмісних добавок у формі дрібнодисперсних порошків із зелені петрушки та кропу та рослинних добавок з натуральних прянощів (фенхелю, майорану, тархуну, лаврового листа, перцю духмяного, перцю чорного) у формі порошків та екстрактів як антиоксидантних та консервуючих добавок у плавлені сири з метою підвищення їхньої біологічної цінності за вмістом БАР рослинної сировини, поліпшення органолептичних показників, збільшення термінів зберігання, надання продуктам потенційної оздоровчої дії. Показано, що нові плавлені сири, отримані з використанням добавок у формі дрібнодисперсних порошків із зелені петрушки та кропу, рослинних добавок із натуральних прянощів у формі порошків та екстрактів зберігаються у 2 рази довше, ніж контроль (плавлений сир без добавок). Рецептури та технологія нових видів плавлених сирів пройшли апробацію у промислових умовах ТОВ «Фіторія».



Verweise / References

1. FAO/WHO/UNU. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health [Text]. – Resolution WHA.55.23 accepted session of World Health Assembly (WHA), World Health Organization, Geneva, 2013.
2. Глобальна стратегія ВООЗ по харчуванню, фізичній активності та здоров'ю: Керівництво для країн по моніторингу та оцінці здійснення. Женева: ВООЗ, 2009. 47 с.
3. 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»).
4. 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»).
5. Заморожені продукти в Україні (ринок, тенденції, упаковка) / В. В. Халайджі // Упаковка. - 2015. - № 4. - С. 14-16.
6. FAO/WHO/UNU. Dietary protein quality evalution in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation [Text] // Food and agriculture organization of the united nations Rome. – 2013. – Vol. 92–57.
7. Энциклопедия питания. Т.5 Биологически активные добавки / Под общ. ред. Р. Ю. Павлюк; Сост.: Павлюк Р.Ю., Погарская 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.
8. Павлюк Р. Ю. Розробка кріогенної технології заморожування хлорофілвмісних 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.
9. 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.
10. 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.
11. Павлюк Р.Ю. Визначення комплексу БАР хлорофіловмісних 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.
12. 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.
13. 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.
14. Pavluk R., Pogarskiy A., Kaplun O., Borysova A., Loseva S. The new in freezing technology of chlorophyll-containing vegetables with record characteristics // Progressive engineering and technology of food production enterprises, catering business and trade. Kharkiv: KhDUKhT, 2015. Ed. 2 (22). P. 29–39.
15. Pavlyuk R., Pogarskaya V., Mykhaylov V., Bessarab O., Radchenko L., Pogarskiy A., Telenkov O., Radchenko A. The study of BAS complex in chlorophyll-containing vegetables and development of health-improving nanoproducts by a deep processing method // Eastern-European Journal of



Enterprise Technologies. 2018. №2/11 (92). P. 48–56.

16. Pavlyuk R. Development of a new method of storage and maximum separation of chlorophils from chlorophylcontaining vegetables at reception of healthfull nanoproducs / R. Pavlyuk, V. Pogarska, V. Mikhaylov, A. Bessarab, L. Radchenko, A. Pogarskiy, O. Telenkov, A. Radchenko // Eureka: Life Sciences. - 2018. - №. 2, P. 47–54.



SCIENTIFIC EDITION

MONOGRAPH
**ENTWICKLUNG DES WISSENSCHAFTLICHEN DENKENS
INNOVATIVE TECHNOLOGIEN FÜR TIEFKÜHLPRODUKTE UND FEIN VERTEILTE
ZUSATZSTOFFE AUS CHLOROPHYLHALTIGEM GEMÜSE FÜR EINE GESUNDE
ERNÄHRUNG**

SCIENTIFIC THOUGHT DEVELOPMENT
INNOVATIVE TECHNOLOGIES OF FROZEN PRODUCTS AND FINE-DISPERSED
ADDITIVES FROM CHLOROPHYL-CONTAINING VEGETABLES FOR HEALTHY
NUTRITION
MONOGRAPHIC SERIES «EUROPEAN SCIENCE»
BOOK 41. PART 10

Authors:

Pogarskiy O.S., Pogarskaya V.V., Mykhailov V.M., Yurieva O.O.

The scientific achievements of the authors of the monograph were also reviewed and recommended for publication at the international scientific symposium
«Entwicklung des wissenschaftlichen Denkens /
Scientific thought development '2025»
(June 30, 2025)

Monograph published in the author's edition

The monograph is included in
International scientometric databases

500 copies
June, 2025

Published:
ScientificWorld -Net Akhat AV
Lußstr 13,
Karlsruhe, Germany



e-mail: editor@promonograph.org
<https://desymp.promonograph.org>



<https://desymp.promonograph.org>

e-mail: editor@promonograph.org

