

НОВИЙ НАПРЯМОК



ГЛИБОКОЇ ПЕРЕРОБКИ
ПЛОДІВ ТА ОВОЧІВ
В ОЗДОРОВЧІ ПРОДУКТИ

Серія: інновації при
переробці плодів,
овочів і молока

- ✧ інуліновмісні овочі
- ✧ пребіотичні та біологічно активні речовини овочів
- ✧ кріомеханодеструкція інуліну, пектину, білка, целюлози
- ✧ альтернатива обробці ферментними препаратами
- ✧ нове покоління натуральних продуктів для оздоровчого харчування

НОВИЙ НАПРЯМОК ГЛИБОКОЇ ПЕРЕРОБКИ ПЛОДІВ ТА ОВОЧІВ В ОЗДОРОВЧІ ПРОДУКТИ

*Серія: Інновації при переробці
плодів, овочів і молока
в оздоровчі продукти*

Р.Ю. Павлюк
В.В. Погарська
О.С. Бессараб
К.С. Балабай
О.С. Погарський
Т.С. Абрамова
О.О. Юр'єва
Т.В. Кравчук
С.М. Лосєва

Харків
«Факт»
2021

Рецензенти:

Снежкін Юрій Федорович – д-р техн. наук, проф., лауреат Державних премій СРСР та України, академік НАН України, директор Інституту технічної теплофізики НАНУ, зав. відділу тепломасопереносу в теплотехнологіях

Капрельянц Леонід Вікторович – д-р техн. наук, проф., заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, зав. кафедри біохімії, мікробіології та фізіології харчування Одеської національної академії харчових технологій

Божков Анатолій Іванович – д-р біол. наук, проф., директор Науково-дослідного інституту біології Харківського національного університету ім. В.Н. Каразіна, зав. кафедри молекулярної біології і біотехнології

Новий напрямок глибокої переробки плодів та овочів в оздоровчі продукти:
Н 73 монографія / Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, О.С. Бессараб, К.С. Балабай, О.С. Погарський, Т.С. Абрамова, О.О. Юр'єва, Т.В. Кравчук, С.М. Лосєва; Харк. держ. ун-т харчування та торгівлі. Харків; Нац. ун-т харч. технол. Київ; Одеська нац. акад. харч. технол. Одеса; Харк. фахов. коледж харч. пром. Харк. нац. техн. ун-ту сільск. госп. ім. П. Василенка. Харків; Липковат. аграрн. коледж. Х.: Факт. 2021. 253 с. (Серія: *Інновації при переробці плодів, овочів і молока в оздоровчі продукти*).

ISBN 978-617-8072-31-5

Наведено запропонований авторами на основі багаторічних фундаментальних та прикладних досліджень вперше в світовій практиці новий в харчових технологіях напрямок глибокої переробки різних видів рослинної сировини, в тому числі інуліновмісної, з використанням процесів кріомеханохімії та кріомеханодеструкції. Це область досліджень хімічних явищ та хімічних процесів, які виникають під впливом методів дрібнодисперсного подрібнення та кріообробки рослинної сировини з використанням кріогенних рідин (зокрема, рідкого та газоподібного азоту). Застосування нового напрямку глибокої переробки дозволило провести значну кріомеханодеструкцію високомолекулярних біополімерів рослинної сировини (інуліну, пектину, білку, целюлози) та трансформувати їх важкорозчинні форми до окремих мономерів (на 45...70%). Зроблено відкриття прихованих, неактивних форм біополімерів та низькомолекулярних БАР в рослинній сировині та можливість трансформувати їх значну частку (до 70%) у вільну наноформу при отриманні рослинних нанодобавок. Останні мають принципово нові якісні характеристики, яких неможливо досягти, використовуючи традиційні методи переробки сировини. Запропоновано напрям глибокої переробки інуліновмісної рослинної сировини та інших плодів та овочів, розроблено нанотехнології добавок із них та оздоровчих продуктів з їх застосуванням для зміцнення імунітету населення, що засновані на використанні як інновації комплексної дії на сировину кріообробки та механодеструкції. Розроблено нанотехнології отримання добавок із топінамбура та інших плодів та овочів у формі заморожених нанопаст та нанопорошків, які не мають аналогів в світі. На їх основі розроблено нове покоління натуральних оздоровчих продуктів, що призначені для імунопрофілактики та харчової безпеки населення, які отримані без застосування штучних харчових домішок та якості яких за вмістом БАР перевищує відомі аналоги. Представлені авторами нанотехнології добавок та нового покоління натуральних оздоровчих продуктів готові до впровадження у виробництво як засоби для зміцнення імунітету населення України та світу, попередження та профілактики захворювання на COVID-19 та інших негативних факторів довкілля.

УДК 621.926.087:664.8

ISBN 978-617-8072-31-5



© Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Бессараб О.С., Балабай К.С., Погарський О.С., Абрамова Т.С., Юр'єва О.О., Кравчук Т.В. та ін. автори, 2021
© Харківський державний університет харчування та торгівлі, 2021
© Видавництво «Факт», 2021

NEW DIRECTION OF DEEP PROCESSING OF FRUITS AND VEGETABLES INTO HEALTHY PRODUCTS

*Series: Innovations in processing
of fruits, vegetables and milk
while the obtaining of healthy products*

R.Yu. Pavlyuk
V.V. Pogarskaya
A.S. Bessarab
K.S. Balabai
A.S. Pogarskiy
T.S. Abramova
O.O. Yurieva
T.V. Kravchuk
S.M. Loseva

Kharkiv
«Fact»
2021

Reviewers:

Sniezhkin Yuriy Fedorovich – Dr. of Technical Science, Prof., Laureate of State awards of the USSR and Ukraine, Academician of the National Academy of Sciences of Ukraine, Director of the Institute of Technical Thermophysics of the National Academy of Sciences of Ukraine, Head of the Department of Heat and Mass Transfer in Heat Technologies
Kaprelyants Leonid Viktorovich – Dr. of Technical Science, Prof., Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Laureate of the State Prize of Ukraine, Head of the Department of Biochemistry, Microbiology and Physiology of Nutrition, Odessa National Academy of Food Technologies

Bozhkov Anatoliy Ivanovich – Dr. of Biological Science, Prof., Director Science and Research Institute of Biology, V.N. Karazin Kharkiv National University, Head of the Department of molecular biology and biotechnology

New direction of deep processing of fruits and vegetables into healthy products:
H 73 monograph / R. Yu. Pavlyuk, V.V. Pogarskaya, A.S. Bessarab, K.S. Balabai, A.S. Pogarskiy, T.S. Abramova, O.O. Yurieva, T.V. Kravchuk, S.M. Loseva; Kharkiv State University of Food Technologies and Trade. Kharkiv; National University of Food Technologies. Kyiv; Odessa National Academy of Food Technologies. Odessa; Kharkiv Professional College of Food Industry of Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasilenko. Kharkiv, 2021. 253 p. (Series: Innovations in processing of fruits, vegetables and milk while the obtaining of healthy products).

ISBN 978-617-8072-31-5

For the first time in the world practice, on the basis of many years of fundamental and applied research the authors have proposed a new direction in food technology of deep processing of various plant raw materials, including inulin-containing materials, using the processes of cryomechanochemistry and cryomechanodestruction. This is a field of research of chemical phenomena and chemical processes that occur under the action of fine-dispersed grinding and cryoprocessing of plant raw materials using cryogenic liquids (particularly liquid and gaseous nitrogen). The application of a new direction of deep processing allowed significant cryomechanodestruction of high molecular weight biopolymers of plant raw materials (inulin, pectin, protein, cellulose) and transformation 45...70% of their hardly soluble forms into individual monomers. In addition, the authors have discovered hidden, inactive forms of biopolymers and low molecular weight BAS in plant raw materials and an ability to transform a significant proportion (up to 70%) of them into a free nanoform when obtaining nanosupplements. The latter have fundamentally new qualitative characteristics that cannot be achieved using traditional methods of raw material processing. A new direction of deep processing of inulin-containing plant raw materials and other fruits and vegetables is proposed. The nanotechnologies of supplements from them and health products with their use for strengthening the population's immunity are developed. They based on the use of complex action of cryoprocessing and mechanical destruction of raw materials as innovations. The nanotechnologies for obtaining the supplements from topinambour and other fruits and vegetables in the form of frozen nanopastes and nanopowders, which have no analogues in the world, have been developed. Based on them, a new generation of natural health products is designed for immunoprophylaxis and food safety of the population. They are obtained without the use of artificial food supplements and their quality in terms of BAS content exceeds known analogues. The nanotechnologies of supplements and a new generation of natural health products which were presented by the authors are ready for introduction into production as a means to strengthen the immunity of the population of Ukraine and the world, prevention and prophylaxis of COVID-19 and other negative environmental factors.

UDC 621.926.087:664.8

ISBN 978-617-8072-31-5

© Pavlyuk R.Yu., Pogarskaya V.V., Bessarab A.S., Balabai K.S.,
Pogarskiy A.S., Abramova T.S., O.O. Yurieva and other, 2021
© Kharkiv State University of Food Technology and Trade, 2021
© Publishing house «Fact», 2021

ВСТУП

Харчування є одним із найважливіших факторів в житті людини, від якого залежить здоров'я, довголіття, час активного функціонування фізіологічних систем організму людини та ін. Поступове збільшення загальної чисельності населення на планеті та обмеженість продовольчих ресурсів призвело до загострення та необхідності вирішення проблеми забезпечення населення продуктами харчування. На сьогоднішній день кожний 8 житель планети голодує та 2/3 людства відчувають постійний дефіцит в продуктах харчування. Особливо не вистачає продуктів з високим вмістом білка, біологічно активних речовин (БАР), зокрема вітамінів, мінеральних речовин та інших фітокомпонентів. Просте збільшення обсягів виробництва та споживання продовольчих ресурсів не може вирішити проблему харчування. Воно повинно бути раціональним, збалансованим за хімічним складом, а також відповідати основним критеріям та положенням науки про харчування, що розроблені Міжнародною організацією здоров'я ФАО/ВООЗ, МОЗ України та Інститутом гігієни харчування МОЗ України. Відповідно до них, особливе місце в харчуванні людини поряд з білками відіграють біологічно активні речовини, зокрема, різні види фітоінгредієнтів, джерелами яких є фрукти, ягоди, овочі, натуральні прянощі, лікарська, пряно-ароматична рослинна сировина. Останні використовуються в харчуванні населення з глибокої давнини. Ще 2300 років тому грецький лікар Гіппократ вважав, що фрукти, ягоди, овочі, різні корені, лікарські, пряно-ароматичні трави є їжею та ліками одночасно. Наприкінці XX століття ситуація суттєво змінилася. Відбувся бурхливий розвиток хімії, який призвів до перевороту в фармакології та до виникнення нової пограничної між харчовою наукою та фармакологією галуззю, що отримала назву фарманутриціології. Були синтезовані, широко розрекламовані та почали використовуватись в раціонах харчування поряд та замість натуральних плодів та овочів різні види штучних вітамінів, мінеральних речовин тощо. Наступним результатом розвитку хімії стала поява широкого асортименту штучних харчових домішок (загусників, структуроутворювачів, підсилювачів смаку, емульгаторів, барвників, ароматизаторів, консервантів тощо), застосування яких дало змогу суттєво зменшити вартість харчових продуктів, оскільки дозволило використовувати сировину низької якості, нетрадиційну сировину або її замінники. Відтоді виготовляти харчові продукти із використанням натуральної плодовоовочевої сировини високої якості,

що має високу вартість, виробникам стало не вигідно. В міжнародній практиці почали виробляти широкий асортимент штучних та імітованих харчових продуктів, зокрема, синтетичні аналоги молока, м'яса, риби, круп, овочів тощо. Отримані продукти за зовнішнім виглядом і смаком майже не відрізняються від натуральних, але мають значно нижчу ціну. Обсяги їх виробництва збільшуються з кожним роком. Розпочалась епоха широкого використання харчових домішок при отриманні майже усіх харчових продуктів. За статистичними даними, річний обсяг споживання харчових домішок з продуктами харчування на душу населення протягом останніх 20 років поступово збільшувався і на сьогоднішній день становить біля 2,5 кг на рік.

Суттєвим недоліком таких продуктів, на думку академіка РАМН Волгарєва М.Н. – авторитетного вченого та фахівця в галузі харчування, біологічно активних та харчових добавок є той факт, що «хімічні харчові домішки», які використовуються при виготовленні харчових продуктів (барвники, загусники, структуроутворювачі, підсилювачі смаку, консерванти тощо) в організмі людини є антагоністами вітамінів, мінералів, що блокують їх корисний ефект. Слід зазначити, що з кожним роком в науковій літературі збільшується кількість результатів досліджень, які підтверджують шкідливу дію на організм людини наявності в складі широкого асортименту продуктів для масового споживання штучних хімічних, синтетичних та модифікованих харчових домішок. Встановлено, що наслідком вживання продуктів, до складу яких входять харчові домішки є виникнення різних форм алергії, серцево-судинних, онкологічних захворювань тощо, тобто погіршення здоров'я населення. Паралельно сучасні дієтологи, лікарі, вчені в галузі харчових технологій та здорового харчування звертають увагу на колосальну оздоровчу дію на організм людини фітокомпонентів із різних видів плодів та овочів, лікарських трав, натуральних прянощів та ін.

Тому сьогодні в міжнародній практиці змінюються вимоги до харчових продуктів, як у споживачів, так і у компаній, що займаються їх виробництвом та реалізацією. Головною вимогою до харчових продуктів стає максимальна натуральність, наявність у складі продуктів компонентів і речовин, що сприяють зміцненню здоров'я, а також відсутність у складі продуктів, ставших традиційними, харчових домішок і синтетичних компонентів. Розробкою технологій саме таких оздоровчих продуктів із плодів, овочів, прянощів та натуральних добавок із них для підприємств харчової промисловості та страв для закладів ресторанного бізнесу займаються автори роботи.

Монографія присвячена розробці нанотехнологій та нового напрямку глибокої переробки інулінорослинної сировини (зокрема, бульб топінамбура) та інших плодів і овочів в нанодобавки та харчові продукти для здорового харчування. Останній заснований на використанні як інновації комплексної дії на сировину кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення, які супроводжуються процесами кріомеханодеструкції, кріомеханохімії та кріомеханоактивації. Новий спосіб інтенсифікації технологічних процесів при переробці інулінорослинної сировини – топінамбура дозволяє в значній мірі провести кріомеханодеструкцію важкоперетравлюваного біополімеру – інуліну (на 45...55%) до окремих мономерів – фруктози та фруктозанів, тобто трансформувати в легкозасвоювану форму. Крім того, зроблено відкриття прихованих неактивних форм біополімерів, зокрема, пектину та різних БАР, значну частину яких вдалося трансформувати у вільну легкозасвоювану наноформу.

Актуальність роботи пов'язана з необхідністю вирішення глобальної проблеми зміцнення імунітету населення, зниження якого є наслідком незбалансованого харчування, дефіциту в раціонах харчування вітамінів, мінеральних речовин, фітокомпонентів, білку та інших БАР, загального погіршення екологічної ситуації в країні і в світі та пандемією, яка пов'язана із захворюванням COVID-19. Підвищити імунітет можна шляхом регулярного споживання натуральних функціональних оздоровчих добавок та продуктів, які відрізняються значним вмістом біологічно активних фітокомпонентів рослинної сировини, що сприяють зміцненню захисних сил організму. До числа таких речовин, крім вітамінів, мінеральних речовин, відносять каротиноїди, фенольні сполуки, хлорофіли, дубильні та ароматичні речовини та інші фітокомпоненти рослинної сировини, зокрема інулін, пектинові речовини, харчові волокна та ін., які є неперетравлювальними компонентами їжі, що виконують в шлунково-кишковому тракті організму людини дві захисні функції. По-перше, вони виступають в ролі комплексоутворювачів та детоксикантів, що утворюють в ШКТ з іонами важких металів та іншими видами шкідливих речовин нерозчинні комплекси, сприяють їх виведенню із організму людини. Це важливо в теперішній час, коли змінилась структура харчування і переважну більшість харчових продуктів виробляють з використанням значної кількості харчових добавок, наявність яких в продуктах може спричинити шкоду організму людини. По-друге, виконують функцію пребіотичних речовин – неперетравлювальних компонентів їжі, що

стимулюють в організмі людини ріст і метаболічну активність однієї або декількох груп власних бактерій та сприяють підтриманню в ШКТ рівноваги різних видів кишкової мікрофлори. Від останньої, за даними провідних медичних установ, залежить стан здоров'я слизової оболонки кишечника та на 80% залежить імунітет людини.

Перспективною сировиною для отримання функціональних оздоровчих продуктів та добавок, що мають пребіотичні властивості та сприяють зміцненню захисних сил організму, є топінамбур. Останній в таких країнах, як США, Канада, Бразилія, Франція, Білорусь та інші входить до числа основних сільськогосподарських культур, що використовується в харчовій, фармацевтичній та інших галузях промисловості. Це пов'язано з тим, що топінамбур є сировиною для отримання продуктів оздоровчого та дієтичного харчування, фітопрепаратів, біоетанолу та інших видів продукції, що користується попитом на внутрішньому та зовнішніх ринках.

Цінність топінамбура для харчової промисловості визначається, насамперед, його вуглеводним складом, оскільки сухі речовини бульб топінамбура на 80% представлені пребіотиком інуліном, що є єдиним натуральним полісахаридом, який на 95% складається із нешкідливого для діабетиків цукру фруктози. Крім того, за вмістом вітамінів С, В₁, В₂, а також заліза, кремнію, цинку топінамбур перевищує моркву та буряк в 3 рази. Труднощі при переробці топінамбура полягають в тому, що в присутності кисню повітря під дією ферментів поліфенолоксидази та пероксидази відбувається окиснення фенольних сполук з утворенням темно забарвлених речовин, що значно псує колір готового продукту. Крім того, існуючі технології переробки топінамбура в різні добавки у формі порошків, паст з використанням паротермічної обробки, сушіння, не дозволяють частину інуліну трансформувати в легкозасвоювану фруктозу. Обробка ферментними препаратами дозволяє трансформувати близько 10% інуліну до фруктози. У зв'язку з цим, актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка технологій, які дозволяють отримати добавки та продукти з топінамбура високої якості.

Серед харчових технологій, які використовуються при виготовленні оздоровчих продуктів із плодів, овочів та іншої харчової сировини особливе місце займають високі технології з використанням інновацій, які максимально зберігають біологічно активні речовини (БАР) свіжої сировини. Сьогодні у всьому світі в різних галузях промисловості, в тому числі і харчовій, спостерігається буквально «бум» зі створення нанотехнологій. В харчовій промисловості розробки на-

нотехнологій, в основному, стосуються імітованої та штучної харчової продукції із застосуванням хімічних, синтетичних компонентів та модифікованих продуктів. Що стосується розробки нанотехнологій виготовлення продуктів із натуральної сировини, як рослинної, так і тваринної, то в міжнародній практиці такі дані відсутні. Автори монографії вже багато років працюють в галузі створення різних нанотехнологій харчових продуктів із натуральної сировини без харчових домішок та синтетичних компонентів. Це пов'язано з тим, що в кінці ХХ століття з'явилась можливість цілеспрямовано отримувати дрібнодисперсні системи з частинками у діапазоні (1-100 нм) з використанням криогенної обробки сировини та нового покоління різних механічних активаторів-подрібнювачів, кутерів, екструдерів та ін. При цьому, з'явилась можливість проводити дослідження та розробки на молекулярному, атомному та мікромолекулярному рівні, що дозволило отримати матеріали, системи, структури, продукцію і т.п. з принципово новими споживчими властивостями. Цей напрямок інтенсифікації технологічних процесів при глибокій переробці сировини з використанням в якості інновацій технологічного прийому – дрібнодисперсного подрібнення спочатку з застосуванням низьких (криогенних) температур отримав назву «кріомеханодеструкції» «механоактивації», «кріомеханохімії», «механохімії». При цьому, при переробці сировини, в ній відбуваються процеси механо- та кріодеструкції, механоактивації, кріомеханохімії, механохімії, застосування яких дозволяє процес обробки сировини зробити більш ефективним та глибоким і отримати продукцію в нанорозмірній формі, що має якісно нові за хімічним складом та технологічними показниками характеристики. Останні неможливо досягти з використанням традиційних способів і технологій переробки.

Слід відмітити, що кріомеханохімія та механохімія, як галузь досліджень хімічних явищ і хімічних процесів, що виникають під дією механічного впливу, зокрема, при дрібнодисперсному подрібненні та при кріообробці сировини та матеріалів на хімічні речовини в різних галузях промисловості є перспективним напрямком досліджень і впроваджень в багатьох країнах світу. В їх число входить Японія, США, Німеччина, Казахстан та ін. Сьогодні встановлені перспективні способи кріогенного механічного подрібнення та їм альтернативні без застосування холоду. Застосування останніх призводить до збільшення ступеня дисперсності подрібнювальних матеріалів за рахунок про-

цесів кріо- та механодеструкції, механоактивації, кріо- та механохімії речовин і матеріалів. Це дозволяє отримати якісно новий продукт.

Перспективні способи дрібнодисперсного подрібнення вже знайшли широке застосування в металургійній, текстильній, хімічній, авіаційній, будівельній промисловості та ін. Так, наприклад, вдалося отримати нанопорошки тугоплавких металів, включення яких до складу металів і сплавів призводить до збільшення в 2,0...3,0 рази їх міцності і зносостійкості. Використання перспективних способів подрібнення дозволило розробити технології порошкової металургії, технології пластмас з поверхнею, що не дряпається, технологію текстильної продукції з водо- і брудовідштовхуючими властивостями та ін. Механізми механохімічних процесів, що відбуваються з неорганічними полімерними матеріалами під впливом механодеструкції, механічної активації, описані в класичній монографії Н.К. Барамбойма «Механохімія високомолекулярних сполук».

Аналіз періодичної науково-технічної літератури показав, що в харчовій промисловості перспективні способи дрібнодисперсного подрібнення, які призводять до процесів механодеструкції (в тому числі кріодеструкції), механоактивації, кріо- та механохімії в харчовій сировині мало вивчені. Виключення становлять наукові дослідження, що виконуються в науково-дослідній лабораторії «Інноваційних кріо- і нанотехнологій рослинних добавок і оздоровчих продуктів» кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ХДУХТ в рамках наукової школи професорів Павлюк Р.Ю. та Погарської В.В. – авторів монографії.

Протягом останніх 30 років авторами проводяться широкомасштабні фундаментальні та прикладні дослідження присвячені розробці методів кріогенного дрібнодисперсного подрібнення, пошуку альтернативних (без застосування низьких температур) методів подрібнення та розробці технологій дрібнодисперсних добавок у формі нанопорошків, нанопаст, заморожених нанопюре, екстрактів із різних видів харчової сировини (плодів, овочів, нетрадиційної лікарської та пряно-ароматичної сировини, грибів, продуктів бджільництва, висівки зерна, лушпиння гречки тощо). На основі багаторічних наукових досліджень вперше в світовій практиці запропоновано новий напрямок глибокої переробки харчової сировини та розроблені нанотехнології рослинних добавок і оздоровчих продуктів з унікальними характеристиками, які не мають аналогів. Напрямок заснований на використанні як інновації дрібнодисперсного подрібнення, в тому числі, із застосуванням низьких

(кріогенних) температур, що супроводжується процесами кріо- та механодеструкції, механоактивації, кріо- і механохімії. Застосування дрібнодисперсного подрібнення дозволяє процес обробки сировини зробити більш ефективним та глибоким і отримати продукцію в нанорозмірній формі, що має якісно нові за хімічним складом та технологічними показниками характеристики, які неможливо досягти з використанням традиційних способів та технологій переробки. Отримані продукти знаходяться в нанорозмірній формі та відрізняються від аналогів рекордним вмістом біологічно активних речовин, що мають антиоксидантну, детоксикуючу, імуномодуючу, протипухлинну дію. Встановлено існування в рослинній сировині (плодах, овочах, грибах, продуктах бджільництва, прянощах, лікарській сировині) «прихованих» форм низькомолекулярних біологічно активних речовин, які неможливо вилучити і визначити, використовуючи традиційні хімічні методи досліджень. Доведено, що під впливом процесів кріо- і механодеструкції, кріомеханохімії, механоактивації в рослинній сировині відбувається збільшення вилучення (екстракції) масової частки низькомолекулярних БАР за рахунок переходу їх частини з прихованого, зв'язаного з біополімерами стану, в активну вільну форму. Так, наприклад, встановлено в порівнянні зі свіжою сировиною, що в отриманих за нанотехнологіями плодовоовочевих кріопастах вміст вітаміну С в 3,0...4,0 рази вище. Аналогічне збільшення вмісту було встановлено для каротиноїдів, фенольних сполук та інших БАР. Отримані результати багаторічних фундаментальних та прикладних досліджень дозволили авторам зробити приголомшливий висновок: причина голодування частини населення на Землі полягає в неповному використанні біологічного потенціалу харчової рослинної сировини. Під час переробки в готовий для споживання продукт та під час засвоєння організмом людини біологічний потенціал сировини використовується не більше як на 30...50%. Тому доцільним є впровадження нанотехнологій отримання харчових продуктів та нанодобавок із використанням дрібнодисперсного подрібнення, в тому числі, з використанням кріогенної обробки, що супроводжуються процесами кріо- і механохімії, механоактивації, кріо- і механодеструкції і дають змогу не тільки зберегти, а також більш повно розкрити та використати закладений природою біологічний потенціал сировини за вмістом БАР та біополімерів, що рівноцінно збільшенню врожайності в декілька раз.

Автори роботи ставили собі за мету привернути увагу науковців, дослідників, технологів до важливої ролі в біохімічних, хімічних та ферментативних процесах при глибокій переробці інулінвмісної сировини

в оздоровчі добавки та продукти комплексної дії кріогенного «шокового» заморожування та механічного дрібнодисперсного подрібнення. Зазначені процеси, на думку авторів, будуть перебігати інакше, ніж з використанням існуючих традиційних технологій. Під час глибокої переробки інулінвмісної сировини відбуваються складні процеси кріомеханодеструкції, кріомеханохімії, дезагрегації, механокрекінгу (руйнування зв'язків) не тільки низькомолекулярних БАР з біополімерами, а і високомолекулярних сполук (інуліну, пектину, целюлози, білків тощо), а також наноконкомплексів біополімер – БАР, які дозволять більш повно вилучити БАР із зв'язаних форм, що фіксується хімічними методами. Була поставлена задача: привернути увагу до важливої проблеми, яка відіграє значну роль в більш повному використанні біологічного потенціалу рослинної інулінвмісної сировини, її натуральних цілющих біологічно активних речовин, які закладені природою в рослинній клітині і знаходяться в ній у прихованій, зв'язаній формі і при традиційних способах переробки використовуються людством всього на 1/3, а останні 2/3 йдуть у відходи. Відомо, що частина цінних рослинних БАР важко засвоюється організмом людини (на 30...50 %) та спостерігаються значні втрати БАР (від 20 до 80 %) при традиційних методах переробки та зберігання рослинної сировини. При цьому, при переробці плодів, овочів, в тому числі бульб топінамбуру в різні види добавок та продукти в міжнародній практиці прийнято керуватись тим, щоб максимально зберегти всі вітаміни та інші хімічні речовини, що закладені природою в рослинних клітинах свіжої сировини. На прикладі топінамбуру авторами монографії запропоновано новий, відмінний прийнятому в світі, підхід щодо збереження біологічного потенціалу рослинної сировини при глибокій переробці. Його відмінність полягає в тому, щоб не тільки зберегти вітаміни та інші біологічно активні та поживні речовини, що містяться в клітині свіжої рослинної сировини. Задачею роботи є також максимально розкрити рослинні клітини та вилучити з них не тільки вільні форми низькомолекулярних речовин, а також вивільнити їх зв'язані (приховані, до цього часу невідомі) форми з біополімерами, мінеральними речовинами, які з'єднані в наноконкомплекси та наноасоціати з іншими речовинами. Крім того, запропонований метод глибокої переробки дозволяє провести значну кріодеструкцію високомолекулярних біополімерів – інуліну, пектину, білку, целюлози із важкозасвоюваної форми у легкозасвоювану форму до окремих мономерів. Кінцева мета глибокої переробки топінамбура –максимально повно розкрити біологічний поте-

нціал рослинної клітини, вивільнити приховані форми низькомолекулярних БАР без їх ускладнення (тобто щоб не утворювались окислювальні радикали та нові речовини) і частково трансформувати (зруйнувати) біополімери (інулін, пектин, білок, целюлозу) до окремих мономерів в легкозасвоювану організмом людини форму.

Основна ідея, яка розвивається в монографії, полягає в тому, що клітини різних видів рослинної сировини представляють собою біохімічну кладову (або пласт) різних натуральних біологічно активних та поживних речовин. В одній клітині може міститись від сотень до тисячі різних хімічних речовин, з яких побудовані клітини. Слід зазначити, що плоди і овочі є дихаючими продуктами – складною гетерогенною біосистемою, в якій знаходяться й безперервно діють різні ферменти. Особливу роль відіграють окиснювальні ферменти (пероксидаза, поліфенолоксидаза, каталаза, аскорбіна-токсидаза, ліпооксидаза тощо), які сприяють окисненню та руйнуванню в клітинах вітамінів та інших БАР. Крім того, містяться гідролітичні ферменти, які викликають руйнування біополімерів і наноконкомплексів клітинних оболонок, біомембран, внутрішньо - клітинних включень тощо. В рослинних клітинах та в міжклітинному просторі безперервно відбуваються ферментативні, біохімічні, хімічні та мікробіологічні процеси, якими потрібно навчитись вірно керувати, щоб не тільки максимально зберегти, а й вилучити з клітини біологічний потенціал різних хімічних речовин, який закладений в ній природою. Для того, щоб відбувалися зазначені процеси, необхідно щоб відбувався рух, взаємодія хімічних речовин, необхідна енергія. На думку авторів, в рослинній клітині частина хімічних речовин знаходиться у вільній формі, а частина в неактивній (прихованій), зв'язаній з біополімерами в наноконкомплекси та наноасоціати, формі. Для того, щоб їх вилучити (екстрагувати), необхідно надати енергію (низькотемпературну, механічну, електrolітичну, паротермічну, енергію тиску тощо).

При розробці нового напрямку глибокої переробки інулінвмісної рослинної сировини використовували комплексну дію різних енергій, зокрема, низьких температур (кріообробки) та енергію механічного дрібнодисперсного руйнування.

Слід підкреслити, що одним із найбільш значних досягнень на початку XXI століття в галузі науки стала можливість залучення досліджень процесів на молекулярному рівні. В нашому випадку поява нового наукового напрямку досліджень в середині 80-х років XX століття - процесів механоактивації, кріомеханодеструкції, кріо- і ме-

ханохімії при механічному подрібненні дала можливість авторам, перше, пояснити механізм зв'язування окремих макромолекул біополімерів в рослинній клітині (білків, полісахаридів, гетерополісахаридів тощо) в складні біологічні структури – наноконплекси, наноасоціати. По-друге, пояснити механізми зв'язування біополімерів або їх фрагментів з низькомолекулярними БАР, розмір молекул яких знаходиться в діапазоні від 0,5 нм до 1,5 нм. І третє – пояснити механізми руйнування та вилучення (екстракції) прихованих форм як низькомолекулярних БАР, так і високомолекулярних сполук. Отримані закономірності при криогенному «шоковому» заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні стали підґрунтям для виявлення аналогічних явищ при використанні паротермічної обробки сировини (паротермолізу), при дрібнодисперсному подрібненні без використання низьких температур.

Вперше зроблено відкриття активації та інактивації окиснювальних ферментів при криогенному «шоковому» заморожуванні та криогенному подрібненні плодів та овочів, в тому числі топінамбуру, при різних швидкостях заморожування та до різних кінцевих температур в продукті. Останні мають велике значення при зберіганні та розморожуванні плодів та овочів. Це дало можливість отримати заморожені продукти, якість яких за вмістом БАР перевищує якість свіжих в 2,0...2,5 рази. Розкрито механізми зазначених процесів.

Слід зазначити, що при глибокій переробці рослинної сировини проблема створення нанотехнологій рослинних добавок та продуктів з заданими властивостями значно ускладнюється, оскільки розглядаються складні гетерогенні рослинні дрібнодисперсні біосистеми, до складу яких, крім різних видів низькомолекулярних БАР, входять високомолекулярні важкорозчинні сполуки (інулін, пектинові речовини, особливо протопектин, целюлоза, білки, крохмаль та інші хімічні сполуки) з розміром молекул від 200 до 1000 нм, а також їх наноконплекси та наноасоціати, які зшиті між собою за допомогою водневих зв'язків, індукційної взаємодії, ефірних зв'язків, дисульфідних містків та ін. Слід також враховувати вплив на біологічні системи міжмолекулярних взаємодій. При розробці нанотехнологій харчових продуктів важливо, щоб при подрібненні не утворювались вільні окиснювальні радикали, не відбувалося руйнування молекул, що мають розмір в декілька нанометрів, та не відбувались процеси механохімії з утворенням нових речовин невідомої природи, які можна виявити навіть візуально (зокрема, за потемнінням продукту, його комуванням тощо). Слід зазначити, що в

кожній конкретній розробленій нанотехнології є своє «ноу-хау», яке залежить від архітектоніки рослинної сировини, хімічного складу продукту, температури обробки, швидкості заморожування, ступеня подрібнення, а також особливостей перебігу процесів (біохімічних, мікробіологічних, механохімічних, фізико-хімічних, кріомеханохімічних тощо), що відбуваються в напівфабрикатах.

Розроблено унікальний метод кріообробки та нанотехнології трансформації інуліну та інших пребіотичних речовин (пектину, целюлози, білку) бульб топінамбура в легкозасвоювану форму – в мономери, зокрема, фруктозу, фруктозани, галактуронову кислоту, α-амінокислоти (на 45...60%). Паралельно відбувається вилучення із бульб топінамбура прихованих форм БАР, масова частка яких в 2,0...2,2 рази більше, ніж визначається у свіжій сировині. Це такі фітокомпоненти як низькомолекулярні фенольні сполуки, поліфеноли, L-аскорбінова кислота та ін. Розроблені нанотехнології оздоровчих продуктів із топінамбура в формі замороженого пюре і порошків, які не мають аналогів, знаходяться в нанорозмірній, легкозасвоюваній формі та відрізняються рекордним вмістом БАР. На основі дрібнодисперсних кріопаст та порошків із топінамбура розроблені оздоровчі продукти (різні лінійки зеленого, помаранчевого, рожевого кольорів): сокові нанопаї, комбіновані кисломолочні нанопаї, в тому числі, на молочній сироватці, сиркові десерти, закуски, нано-сорбети, хлібобулочні та кондитерські вироби тощо.

Моделюваннями дослідженнями показано, що заморожування до температури -18°C традиційним способом в морозильній камері та криогенним способом із застосуванням рідкого азоту призводить до збільшення активності окиснювальних ферментів топінамбура в 1,3...1,4 рази. Крім того, встановлено, що застосування криогенного «шокового» заморожування до температури всередині продукту $-32...-35^{\circ}\text{C}$ та нижче призводить до інактивації ферментів, активність яких не відновлюється при подальшому дрібнодисперсному подрібненні і зберіганні та перешкоджає потемнінню продукту. Виявлено механізм процесів.

Отримані сенсаційні факти і зроблено відкриття прихованих неактивних форм високомолекулярних неперетравлювальних компонентів – пребіотиків, зокрема полісахаридів (пектинових речовин, протопектину), при переробці топінамбуру, які зв'язані в важкорозчинні наноконплекси з іншими біополімерами, мінеральними речовинами, низькомолекулярними біологічно активними речовинами. Їх виявлено при глибокій переробці топінамбуру з використанням процесів кріомеханоде-

струкції при розробці нанотехнологій оздоровчих добавок та продуктів в нанорозмірній формі. Це дозволило запропонувати унікальний напрям глибокої переробки топінамбуру, що дозволяє не тільки зберегти всі цінні БАР, які закладено природою, а також переконливо продемонструвати, що в ньому містяться в значній кількості зв'язані (приховані) форми не тільки БАР, але й високомолекулярних біополімерів, про значну кількість яких науковій спільноті було невідомо. Застосування методу глибокої переробки дозволило встановити, що в топінамбурі в зв'язаній неактивній формі знаходиться в 3,0...3,5 рази більше важкорозчинних пектинових речовин, ніж до теперішнього часу вдавалося вилучити із сировини із застосуванням традиційних методів переробки та 70% вдалося трансформувати в розчинну наноформу.

Встановлено, що під час криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення відбувається деструкція молекул білка до окремих мономерів (амінокислот) та трансформація амінокислот (на 45...55%) із зв'язаної форми у вільну при отриманні заморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок. Збільшення масової частки α -амінокислот у вільному стані підтверджено методом ІЧ-спектроскопії. Установлено, що при цьому відбуваються конформаційні зміни молекул білка: збільшення діаметру молекул, ядра, оболонки та зменшення заповнення ядра гідрофобними залишками.

Розроблено нанотехнологію криозаморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок із інуліновмісної сировини (топінамбура) з використанням криомеханодеструкції під час криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення, спільне застосування яких дозволяє інактивувати окиснювальні ферменти, зберегти та збільшити у порівнянні зі свіжою сировиною біологічну цінність отриманих добавок; обґрунтовано технологічні процеси та технологічні параметри, розроблено технологічні схеми виробництва, вивчено якість при отриманні добавок за вмістом біологічно активних фітокомпонентів, яка перевершує існуючі аналоги та розроблено нормативну документацію (ТУ), проведено апробацію в промислових умовах. Нанодобавки із топінамбуру в формі криопоро та нанопорошків рекомендовані для використання як чотири в одному: джерело натуральних фітокомпонентів, пребіотичних речовин; БАР (фенольних сполук, дубильних речовин, L-аскорбінової кислоти), структуроутворювачі та гелеутворювачі.

Із застосуванням натуральних добавок із топінамбуру розроблено рецептури, технологічні схеми та технології оздоровчих продуктів

(комбінованих кисломолочних напоїв, біойогуртів, кисломолочно - рослинних десертів, наноморозива, плодоовочевих нанопоїв, хлібобулочних та кондитерських виробів). Нові оздоровчі продукти відрізняються рекордним вмістом натуральних БАР та пребіотичних речовин, не містять синтетичних компонентів і харчових домішок, якість продуктів перевищує якість відомих світових аналогів.

Монографія є колективною, виконувалась фахівцями Харківського державного університету харчування та торгівлі (ХДУХТ) кафедри харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні в співдружності з фахівцями Національного університету харчових технологій (НУХТ) кафедри технології консервування, Одеської національної академії харчових технологій (ОНАХТ) кафедри готельно-ресторанного бізнесу, а також з фахівцями технологічних відділень Харківського фахового коледжу харчової промисловості ХНТУСГ ім. П. Василенка та Липковатівського аграрного коледжу.

Дослідження проведені на кафедрі харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні в науково-дослідній лабораторії «Інноваційних крио- та нанотехнологій рослинних добавок і оздоровчих продуктів», яка оснащена сучасним напівпромисловим обладнанням, таким як: криогенний програмний заморожувач з комп'ютерним забезпеченням, з використанням рідкого та газоподібного азоту, криогенні та низькотемпературні подрібнювачі, сублімаційна вакуумна сушарка, конвективна сушарка, протиральна машина та сучасне обладнання, яке є в елітних ресторанах (пароконвекційна піч (Італія), подрібнювачі (Франція), гомогенізатори (Франція), фризери (Франція), тістомісильна машина (Італія), міксери, Термомікс (Франція), соковижималки (Франція, Італія) та ін.

В монографії узагальнені авторські найостанніші спроби зрозуміти біохімічні, криомеханохімічні, ферментативні, мікробіологічні, хімічні явища та неферментативний каталіз при комплексній дії на інулінвмісну рослинну сировину – топінамбур та інші плоди та овочі криогенної «шокової» обробки разом з застосуванням механічного дрібнодисперсного подрібнення. Використання зазначених технологічних прийомів дозволило отримати кінцеві продукти з принципово новими властивостями, зокрема з покращеним хімічним складом (за рахунок вилучення зв'язаних прихованих форм хімічних речовин) в нанорозмірній формі з іншими функціональними технологічними властивостями (здатністю утворювати гелі, краще розчинятися в воді, здатніс-

тю утворювати наноасоціати, краще засвоюватись живими організмами та менше витрачати енергії для перетравлення їжі тощо). Слід зазначити, що харчові продукти із топінамбура та інших плодів та овочів з перерахованими властивостями не можливо було отримати з використанням традиційних методів переробки сировини. Отримані натуральні оздоровчі рослинні пребіотичні добавки та продукти із топінамбура не мають аналогів у світі.

Наведені в монографії нанотехнології натуральних добавок і оздоровчих продуктів призначені для впровадження як на великих, так і на малих підприємствах харчової галузі, зокрема закладах ресторанного бізнесу і торгівлі (кулінарних, кондитерських цехах тощо).

Автори сподіваються, що наведені результати аналізу даних літератури, а також результати власних фундаментальних і прикладних досліджень будуть мати практичну цінність, як для України, так і для різних країн світу, що пов'язано з дефіцитом харчових продуктів та натуральних добавок з високим вмістом БАР. На думку авторів, не зважаючи на цілющі властивості БАР рослинної сировини (зокрема, фруктів, ягід, овочів, грибів та інш.) їх біологічний потенціал (за вмістом вітамінів та різних компонентів (фенольних сполук, поліфенолів, каротиноїдів, хлорофілів, пектинів та інших пребіотичних речовин тощо)), що закладений природою, використовуються тільки частково. Відбуваються значні втрати біологічного потенціалу корисної плодовоовочевої сировини, як при переробці в харчові продукти, так і при зберіганні та споживанні. При цьому кожного року їх втрати на планеті Земля складають сотні мільярдів тонн.

Одним із основних способів збереження всього цінного, що міститься в плодовоовочевій сировині, та використовується в міжнародній практиці, є впровадження ресурсозберігаючих та безвідходних технологій виробництва. При цьому ніхто, крім авторів монографії, ніколи не підіймав питання про те, що в плодах і овочах, а також в інших видах рослинної сировини існують в значній кількості приховані (зв'язані) форми низькомолекулярних БАР та високомолекулярних сполук – біополімерів (білку, пектину, целюлози тощо). Вперше в світовій практиці отримано результати, які свідчать про те, що в свіжих плодах і овочах закладені значні приховані резерви як низькомолекулярних, так і високомолекулярних сполук. Це дозволяє при переробці рослинної сировини в дрібнодисперсні добавки та продукти не тільки зберегти всі корисні речовини, що закладені в них природою, а також переконливо продемонструвати на різних видах рослинної сировини, що в ній

міститься значна кількість зв'язаних, прихованих, неактивних форм БАР та біополімерів, які не використовуються людством.

Запропонований напрямок глибокої переробки інулінвмісної рослинної сировини, технологічні прийоми та розроблені нанотехнології оздоровчих добавок та продуктів дозволять максимально використувати закладений в сировині біологічний потенціал, що адекватно збільшенню врожайності плодовоовочевої сировини в декілька раз. Впровадження розроблених нанотехнологій добавок та продуктів із топінамбуру та інших овочів для здорового харчування буде сприяти поліпшенню здоров'я людей шляхом розширення асортименту натуральних продуктів високої якості вітчизняного виробництва та зменшення залежності України від синтетичної та низькоякісної продукції закордонного виробництва.

Від традиційних отримані продукти для здорового харчування відрізняються тим, що збагачені натуральними рослинними вітамінами, зокрема, L-аскорбіновою кислотою, каротином, природними детоксикантами, антиоксидантами та пребіотичними речовинами та виготовлені без шкідливих харчових домішок. За їх вмістом перевищують відомі аналоги та призначені для імунопрофілактики та харчової безпеки населення. Розроблені нанотехнології нанодобавок та нового покоління натуральних оздоровчих продуктів XXI століття вже сьогодні готові до впровадження у виробництво, як засоби для зміцнення імунітету населення України та світу, попередження та профілактики захворювання на COVID-19 та інших негативних факторів довкілля і чекають свого інвестора.

Монографія призначена для широкого кола читачів: для фахівців харчової промисловості, особливо для тих, що займаються переробкою плодів, овочів, грибів, інших видів рослинної сировини в оздоровчі продукти, для фахівців закладів ресторанного господарства та торгівлі, санаторіїв, шкіл, дитячих садків, для наукових співробітників, які розробляють інноваційні технології нового покоління функціональних оздоровчих продуктів. Крім того, призначена для науковців, лікарів, дієтологів, фармакологів, фахівців законодавчих організацій в галузі здорового харчування, зокрема МОЗ України та для всіх, кому не байдужі проблеми здоров'я людей. Монографія може бути використана як навчальний посібник для студентів, аспірантів та докторантів закладів вищої освіти харчового профілю, а також інвесторів.

ЗМІСТ

Вступ.....	5
INTRODUCTION.....	20
РОЗДІЛ 1. НОВИЙ НАПРЯМОК ІНТЕНСИФІКАЦІЇ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ГЛИБОКОЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ: ЗАСТОСУВАННЯ ПРОЦЕСІВ КРІОМЕХАНОДЕСТРУКЦІЇ ТА КРІОМЕХАНОХІМІЇ.....	35
1.1 Аналіз асортименту продуктів та добавок з високим вмістом пребіотиків із бульб топінамбуру.....	36
1.2 Загальна характеристика, особливості хімічного складу та лікувально-профілактичні властивості топінамбура – сировини для отримання кріозаморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок.....	40
1.3 Характеристика пребіотичних речовин топінамбура, біологічно активних фітокомпонентів та лікувально-профілактичні властивості.....	44
1.3.1 Характеристика пребіотичних речовин топінамбура.....	44
1.3.2 Характеристика біологічно активних фітокомпонентів топінамбура, їх фізіологічні властивості та лікувально-профілактична дія.....	53
1.4 Традиційні технології виробництва пребіотиків та харчових продуктів із бульб топінамбура.....	55
1.5 Заморожування та низькотемпературне подрібнення при переробці рослинної сировини.....	57
1.6 Новий напрямок в переробці харчової сировини – кріогенне «шокове» заморожування та дрібнодисперсне подрібнення плодів та овочів з використанням рідкого та газоподібного азоту.....	60
1.7 Нанотехнології в харчовій промисловості.....	67
Висновки до розділу 1.....	71
Список використаної літератури до розділу 1.....	72
РОЗДІЛ 2. НОВИЙ СПОСІБ КРІОГЕННОЇ ОБРОБКИ ТОПІНАМБУРА ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ КІЛЬКОСТІ МІКРООРГАНІЗМІВ ПРИ «ШОКОВОМУ» ЗАМОРОЖУВАННІ.....	83
Список літератури до розділу 2.....	91
РОЗДІЛ 3. КРІОМЕХАНОДЕСТРУКЦІЯ ТА КРІОМЕХАНОХІМІЯ БІОПОЛІМЕРІВ ІНУЛІНУ, ПЕКТИНОВИХ РЕЧОВИН, БІЛКУ ТОПІНАМБУРА ТА РОЗРОБКА НАНОТЕХНОЛОГІЙ ОЗДОРОВЧИХ ДОБАВОК.....	92

3.1 Вивчення комплексу пребіотичних речовин та біологічно активних фітокомпонентів бульб топінамбура – сировини для отримання заморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок.....	99
3.2 Вивчення впливу способу заморожування (традиційного, криогенного «шокового») та дрібнодисперсного подрібнення на активність окиснювальних ферментів під час переробки топінамбура.....	100
3.3 Вивчення впливу процесів кріомеханодеструкції при криогенному «шоковому» заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні на деструкцію біополімерів інуліну, целюлози та пектинових речовин топінамбура.....	104
3.4 Вплив кріомеханодеструкції під час криогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного подрібнення на конформаційні зміни молекул білка при отриманні дрібнодисперсних добавок із топінамбура.....	108
3.5 Вивчення впливу процесів кріомеханодеструкції та кріомеханохімії на збереження та трансформацію низькомолекулярних біологічно активних фітокомпонентів топінамбура.....	114
3.6 Спектроскопічні дослідження впливу процесів кріомеханодеструкції на пребіотичні речовини та БАР топінамбура при робробі нанотехнології дрібнодисперсних кріодобавок.....	117
3.7 Вивчення засвоюваності дрібнодисперсних кріодобавок із топінамбура методом біотестування з використанням живих культур інфузорій <i>Paramecium caudatum</i>	119
3.8 Розробка криогенної нанотехнології кріозаморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок із топінамбура та вивчення в них вмісту БАР та пребіотиків.....	121
3.9 Вивчення якості заморожених та порошкоподібних дрібнодисперсних добавок із топінамбура, отриманих за кріотехнологією... Висновки до розділу 3.....	124 129
Список літератури до розділу 3.....	131
РОЗДІЛ 4. НАНОТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ – СИРКОВИХ ДЕСЕРТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОДОБАВОК ІЗ ПЛОДІВ, ОВОЧІВ ТА ТОПІНАМБУРА.....	134
Висновки до розділу 4.....	154
Список літератури до розділу 4.....	155
РОЗДІЛ 5. ТЕХНОЛОГІЇ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ – БІОЙОГУРТІВ З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОДОБАВОК ІЗ ТОПІНАМБУРА ТА КАРОТИНОВІСНИХ І ЦИТРУСОВИХ ПЛОДІВ.....	158
Висновки до розділу 5.....	174
Список літератури до розділу 5.....	176

РОЗДІЛ 6. НОВІ ВИДИ ХЛІБОБУЛОЧНИХ ВИРОБІВ ТА БІСКВІТІВ ДЛЯ ОЗДОРОВЧОГО ХАРЧУВАННЯ ВІТАМІНІЗОВАНИХ ПЛОДООВОЧЕВИМИ КРІОДОБАВКАМИ.....	179
6.1 Розробка вітамінізованих булочок для оздоровчого харчування збагачених натуральними каротиноїдними кріодобавками із гарбуза та моркви, цитрусових та топінамбура.....	182
6.2 Розробка вітамінізованих бісквітів для оздоровчого харчування збагачених натуральними плодовоовочевими рослинними дрібнодисперсними кріодобавками з високим вмістом БАР.....	187
Список літератури до розділу 6.....	192
РОЗДІЛ 7 ОЗДОРОВЧІ НАНОНАПОЇ НА ОСНОВІ МОЛОЧНОЇ СИРОВАТКИ З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОДОБАВОК ІЗ КАРОТИНОЇДНИХ ОВОЧІВ ТА ТОПІНАМБУРА	194
Висновки до розділу 7.....	204
Список літератури до розділу 7.....	205
РОЗДІЛ 8 НОВІ ВИДИ ОЗДОРОВЧИХ ПОРОШКОПОДІБНИХ «INSTANT» НАНОНАПОЇВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ КРІОДОБАВОК ІЗ ТОПІНАМБУРА, ГАРБУЗА ТА ЦИТРУСОВИХ.....	206
Висновки до розділу 8.....	212
Список літератури до розділу 8.....	213
РОЗДІЛ 9 НОВЕ ПОКОЛІННЯ НАТУРАЛЬНОГО НИЗЬКОКАЛОРІЙНОГО ОЗДОРОВЧОГО МОРОЗИВА З ВИКОРИСТАННЯМ КРІОДОБАВОК ІЗ ПЛОДІВ, ОВОЧІВ І ТОПІНАМБУРА...	214
9.1 Розробка технології та рецептур нових видів плодово-ягідного наноморозива на основі дрібнодисперсних заморожених кріодобавок із фруктів та овочів.....	216
9.2 Розробка технології та рецептур нового морозива парфе з використанням молочної сироватки та дрібнодисперсних кріодобавок із фруктів, овочів та топінамбура.....	226
Список літератури до розділу 9.....	236
РОЗДІЛ 10 ПРЕЗЕНТАЦІЯ РОЗРОБЛЕНОЇ АВТОРАМИ ХАРЧОВОЇ ПРОДУКЦІЇ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ НА МІЖНАРОДНИХ КУЛІНАРНИХ ФЕСТИВАЛЯХ В УКРАЇНІ, ТУРЕЧЧИНІ, ХОРВАТІЇ, СЛОВЕНІЇ, ПОЛЬЩІ ТА ІНШИХ.....	238
ДОДАТОК. КЕРІВНИКИ НАУКОВОЇ ШКОЛИ КАФЕДРИ ХАРЧОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПРОДУКТІВ З ПЛОДІВ, ОВОЧІВ І МОЛОКА ТА ІННОВАЦІЙ В ОЗДОРОВЧОМУ ХАРЧУВАННІ ХДУХТ.....	245
Автори колективної монографії.....	249
Authors of the joint monograph.....	250