

Krivoruk Vyacheslav, Assistant, Department of Tourism and Hotel-Restaurant business, Vinnitsa Trade-Economic Institute KNTEU. Address: Bazhenova str. 32, Vinnytsya, Ukraine, 21050. Tel.: 0936405898; e-mail: lskryv@gmail.com.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. М.П. Головом.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 635.652/654:664.871

НОВЕ СЛОВО В ТЕХНОЛОГІЇ ОТРИМАННЯ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ІЗ ЗЕРНОБОБОВИХ, ОВОЧІВ ТА ГРИБІВ З РЕКОРДНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Т.В. Котюк, О.С. Погарський,
Т.С. Маціпура, Т.А. Стуконоженко**

Вперше в міжнародній практиці запропоновано, розроблено і впроваджено у виробництво новий напрям методів і нанотехнологій глибокої переробки рослинної сировини (зернобобових, грибів печериць, каротинвмісних та хлорофілвмісних овочів) у харчові оздоровчі добавки та продукти з рекордними характеристиками. Методи засновані на комплексній дії на сировину паротермічної обробки (або заморожування) та дрібнодисперсного подрібнення.

Ключові слова: нанотехнологія, дрібнодисперсне подрібнення, неферментативний біокаталіз-механоліз, наноконплекси, біополімери.

НОВОЕ СЛОВО В ТЕХНОЛОГИИ ПОЛУЧЕНИЯ ПИЩЕВЫХ ПРОДУКТОВ ИЗ ЗЕРНОБОБОВЫХ, ОВОЩЕЙ И ГРИБОВ С РЕКОРДНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, Т.В. Котюк, А.С. Погарский,
Т.С. Маципура, Т.А. Стуконоженко**

Впервые в международной практике предложено, разработано и внедрено в производство новое направление методов и нанотехнологий глубокой переработки растительного сырья (зернобобовых, грибов шампиньонов, каротиносодержащих и хлорофилсодержащих овощей) в пищевые оздоровительные добавки и продукты с рекордными характеристиками. Методы основаны на комплексном действии на сырье паротермической обработки (или замораживания) и мелкодисперсного измельчения.

© Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Котюк Т.В., Погарський О.С.,
Маціпура Т.С., Стуконоженко Т.А., 2016

Ключевые слова: нанотехнология, мелкодисперсное измельчение, неферментативный биокатализ-механолиз, наноконплексы, биополимеры.

THE NEW WORD IN TECHNOLOGY FOR MANUFACTURING FOOD PRODUCTS FROM LEGUMES, VEGETABLES AND MUSHROOMS WITH RECORD-BREAKING PERFORMANCE

**R. Pavlyuk, V. Pogarska, T. Kotuyk, A. Pogarskiy,
T. Matsipura, T. Stukonogenko**

For the first time in international practice, the authors suggested, designed and put into production a new direction and methods of nanotechnology for deep processing of plants (legumes, mushroom picking, carotenoid- and chlorophyll-containing vegetables, etc.) to food additives and healthy products with record-breaking performance.

The methods are based on a comprehensive action of steam-treatment (or freezing) and fine crushing on raw material. The new methods allow better use and reveal hidden biological potential of raw materials (2–5 times more than in the raw material, which is fixed by chemical methods), and get food in easily digestible nanoform, which can't be obtained by the conventional methods of raw materials processing.

The results of the authors' research showed that plant material contains a large number of hidden (bound) form of BAS and biopolymers, considerable latent potential biological benefits, comparable to the increase in yield of raw fruits and vegetables in several times. In their previous works, the authors showed the ways to save valuables in a plant material, the better ways to remove it from BAS, biopolymers, which are found in covert inactive form. As a result of about 30 years of basic and applied research, the authors of this article first in international practice found that in inactive bound form in plant material 2 ... 4 times more L-ascorbic acid was found than in a free form (in the form of crystals), that is fixed by the commonly accepted methods, and pectin – 4...5 times (which during the withdrawal are transformed into high ethoxylated form, as gelling properties evidence), carotenoids – 2.5...4 times more low phenolic compounds – 1,8...2,5 times more, etc.

Keywords: nanotechnology, fine dispersed grinding, non-enzymatic biocatalysis-mechanolysis, nanocomplexes, biopolymers.

Постановка проблеми у загальному вигляді. На сьогодні глобальною проблемою в міжнародній практиці є дефіцит в раціонах харчування вітамінів, каротину, мінеральних речовин, білків та інших біологічно активних речовин (БАР). Потреба в них у населення України задовольняється лише на 50%. Спостерігається також незбалансованість у раціонах харчування: дефіцит молока, риби, м'яса, фруктів та ягід, тобто тих

продуктів, які сприяють зміцненню здоров'я населення [1–4]. Відомо також, що 50% населення Землі голодує. У зв'язку з цим в багатьох країнах світу існують програми, в межах яких налагоджено промисловий випуск багатьох синтетичних харчових продуктів (зокрема, молока, м'яса, овочів, борошна, круп тощо). Вони за зовнішнім виглядом та смаком майже не відрізняються від натуральних продуктів, але шкідливі для організму людини та практично ним не засвоюються. Це пов'язано з тим, що в організмі людини немає ферментів, які б сприяли їх усмоктуванню, вони важко виводяться із організму та накопичуються у формі алергенів, що призводить до патологічних зсувів у організмі людини і різних захворюванням. Крім того, на всій Землі спостерігається погіршення екологічної ситуації та зниження імунітету у населення [5; 6].

У зв'язку з цим в багатьох країнах світу великою популярністю користуються функціональні оздоровчі продукти (особливо із зернобобових, фруктів, овочів та ін.), які направлені на укріплення здоров'я. Проблеми сьогодні надається багато уваги в роботах вчених. Це один із найважливіших і актуальних наукових напрямів, який інтенсивно розвивається [1; 4; 7; 8].

Відомо, що для організму людини рослинна сировина (зокрема зернобобові, плоди, овочі та ін.) є джерелом цілющих біологічно активних речовин, таких як вітаміни, каротиноїди, антоціани, хлорофіли, фенольні сполуки, мінеральні речовини та неперетравлювальні компоненти – пребіотики, такі як гетерополісахариди, білок, целюлоза, пектинові речовини та ін. У організмі людини вони зміцнюють захисні сили, укріплюють судини серця й мозку, сприяють профілактиці онкозахворювань, а також детоксикації та очищенню організму від різних видів шкідливих і токсичних речовин. Слід зазначити, що незважаючи на корисні властивості зернобобових та плодоовочевої сировини, на сьогоднішній день біологічний потенціал (за вмістом вітамінів та інших БАР, білка, амінокислот, полісахаридів та ін.), закладений у рослинній сировині, у світі використовується неповністю, тільки частково. Значні втрати БАР (від 20 до 80%) відбуваються за традиційних методів переробки, а також під час споживання свіжої та готової продукції (від $\frac{1}{3}$ до $\frac{1}{2}$). Значна частина цілющих речовин важко засвоюється організмом людини. Тобто відбуваються значні втрати біологічного потенціалу цінної харчової рослинної сировини як під час переробки, так і під час споживання, які в межах планети Земля становлять сотні мільярдів тон [4; 6–8].

Одним із основних способів збереження всього цінного, що є в плодоовочевої сировині, та який використовується в світі, є впровадження безвідходних технологій виробництва. Аналіз літературних джерел та результати власних досліджень авторів показав, що в рослинній сировині існують у значній кількості приховані (зв'язані) форми БАР та біополімерів,

значний прихований біологічний потенціал, використання якого можна порівняти зі збільшенням урожайності плодовоовочевої сировини в декілька разів. У своїх попередніх роботах автори показали, як можна не тільки зберігати все цінне в рослинній сировині, але й більш повно вилучити із неї БАР, біополімери, що знаходяться в скритій неактивній формі. У результаті багаторічних фундаментальних та прикладних досліджень (біля 30 років) автори цієї статті вперше в міжнародній практиці виявили що в неактивній зв'язаній формі в рослинній сировині L-аскорбінової кислоти міститься в 2...4 разів більше, ніж у вільній формі (у формі кристалів), що фіксується загальноприйнятними методами, а також пектинових речовин – у 4...5 разів більше (вони під час вилучення трансформуються в високометоксильовану форму, про що свідчать желюючі властивості), каротиноїдів – у 2,5...4 разів більше, низькомолекулярних фенольних сполук – у 1,8...2,5 разу більше та ін. [4; 6–8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На думку авторів, традиційні методи переробки рослинної сировини призводять до значних втрат вітамінів та інших БАР, біополімерів та неповного використання біологічного потенціалу сировини. У зв'язку з цим на сьогодні в міжнародній практиці гостро стоїть проблема розробки високих технологій, зокрема, нанотехнологій, які можуть зробити процес обробки харчової сировини більш інтенсивним, глибоким, ефективним із максимальним збереженням цінних БАР і поживних речовин та більш повним вилученням (екстракцією) цільових компонентів, запровадити ресурсозберігаючі процеси, безвідходні технології та менш енергоємні процеси [6; 9]. Труднощі під час переробки зернобобової та плодовоовочевої сировини з високим вмістом важкорозчинних біополімерів, їх наноконплексів (зокрема целюлози, білків, пектинових речовин та ін.) пов'язані з тим, що значна частина перерахованих речовин у свіжій сировині знаходяться в неактивній (скритій, зв'язаній) формі [2–7; 9; 10].

Особливе місце серед рослинної сировини займають бобові, зокрема, горох (висушений), боби, квасоля, нут, сочевиця, а також гриби, зокрема печериці. Відомо, що вони є традиційним джерелом рослинних повноцінних білків, незамінних амінокислот, гетерополісахаридів (целюлози, крохмалю, пектинових речовин та ін.), які в рослинній сировині знаходяться у формі важкорозчинних наноасоціатів і наноконплексів, що слабо засвоюються організмом людини (всього на 30...50%). Вони відносяться до пребіотиків, неперетравлювальних інгредієнтів їжі та стимулюють у організмі людини розвиток і метаболічну та біологічну активність однієї або декількох груп власних бактерій, які складають кишкову мікрофлору людини, позитивно впливають на склад мікробіоценозу і підтримують кишечник у здоровому стані [2–5]. Відомо, що стан імунної системи людини на 80% залежить від стану кишечника [5; 6].

На сьогодні глобальною проблемою в міжнародній практиці є дефіцит білка в раціонах харчування населення. За статистичними даними в Україні потреба в білках задовольняється не повною мірою. Зернобобові та гриби печериці є важливим джерелом повноцінного білка, який за своєю біологічною цінністю не поступається тваринному [1]. Проте сьогодні вони не знайшли належного застосування в харчовій промисловості України. Асортимент продуктів із них обмежений і представлений декількома видами продукції. Літературних джерел, які б несли інформацію про інноваційні технології отримання дрібнодисперсних добавок із них у формі порою і нанопорошків, не виявлено. У зв'язку з цим актуальною є розробка нових наноструктурованих добавок із зернобобових і грибів печериць та оздоровчих продуктів із їх використанням і впровадженням у виробництво.

Відомо, що сьогодні одним із прогресивних методів переробки рослинної сировини є кріогенна та дрібнодисперсна подрібнення без застосування холоду [11; 12; 13]. Що стосується переробки зернобобових та грибів, то практично ніхто цих методів не застосовував, не вивчав процеси механодеструкції, механоактивації. На сьогодні перспективні способи дрібнодисперсного подрібнення вже знайшли широке застосування в хімічній, авіаційній, текстильній, будівельній галузі в різних країнах світу [14; 15]. У харчовій промисловості ці процеси майже не вивчені [16].

Під час розробки технологій отримання нанопорошків і нанопорою із висушених зернобобових та свіжих грибів печериць і овочів як інновацію було запропоновано використовувати дрібнодисперсне подрібнення паротермічно оброблених (або заморожених) зернобобових та грибів, що супроводжується процесами механодеструкції, термодеструкції та неферментативного біокаталізу-механолізу. Комплексне використання зазначених технологічних прийомів дозволило розробити новий напрям отримання наноструктурованого порою і нанопорошків із гороху та інших бобових і грибів печериць із якісно новими порівняно з вихідною сировиною й аналогами характеристиками та хімічним складом, який не можна отримати, використовуючи традиційні методи.

Наведені в цій статті наукові результати є продовженням роботи авторів на тему «Створення та впровадження прогресивних технологій та ефективного обладнання для отримання нових функціональних оздоровчих харчових продуктів», яка була удостоєна в 2006 році Державної премії України в галузі науки і техніки [6].

У ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока розроблені нанотехнології добавок (у формі нанопорою і нанопорошків) із зернобобових і грибів печериць та овочів, які від традиційних відрізняються використанням комплексної дії паротермічної обробки або заморожування і дрібнодисперсного подрібнення до розміру частинок у десять разів менше, ніж традиційні добавки. Це дозволило отримати добавки та продукти з принципово новими якісними характеристиками.

Мета статті. Головним під час розробки нанотехнологій білкових рослинних добавок із пребіотичними, імуномодулюючими властивостями у формі нанопорошків та нанопоре з гороху та інших зернобобових і грибів було збільшена ступеня вилучення із сировини прихованих зв'язаних у важкорозчинних наноконкомплексів біополімерів у вільний стан, трансформувати білки, полісахариди, харчові волокна в розчинну форму. Цього вдалося досягти за рахунок застосування процесів глибокої переробки сировини, заснованих на комплексній дії дрібнодисперсного подрібнення (як з застосуванням холоду, так і без нього) попередньо обробленої (паротермічно або замороженої) сировини, що супроводжуються процесами механодеструкції та неферментативного каталізу – механолізу (руйнування за рахунок механічної енергії), що призводить до руйнування важкорозчинних наноконкомплексів білка з іншими біополімерами (гетерополісахаридами, пектиновими речовинами та ін.) та до часткового механолізу (механічного руйнування) молекул білку зернобобових та грибів (на 50...60%) до окремих α -амінокислот.

Виклад основного матеріалу дослідження. Розкрито механізми механодеструкції молекул білка та його важкорозчинних наноконкомплексів та наноасоціатів з іншими біополімерами та БАР, який пов'язаний із механокрекінгом. Вперше виявлено, що в грибах печериць 70% білка знаходиться у скритій зв'язаній формі з хітіном та целюлозою. Показано також, що 35...40% білка гороху та нуту знаходиться у зв'язаному стані у формі наноконкомплексів із гетерополісахаридами. Під час криогенної обробки зернобобових та грибів печериці авторам вдалось вивільнити білок із зв'язаних важкорозчинних наноконкомплексів із хітіном (у грибів) та гетерополісахаридами (у бобових) та значну частину зруйнувати до окремих амінокислот (на 50...60%), які знаходяться в легкозасвоєваній наноформі.

Нові технології отримання нанодобавок із зернобобових та грибів печериць у формі пюре і нанопорошків пройшли апробацію у виробничих умовах на підприємствах м. Харкова (зокрема НІФ «КРІАС»). Розроблено також нормативну документацію (Технічні умови, технологічні інструкції). На основі добавок розроблено нові види оздоровчих продуктів для масового оздоровчого харчування та спецконтингенту (сухі концентрати для супів, соуси-дресінги, білкові пасти та закуски-намазки типу «Хумусів», паштети, фелафелі та ін.).

У ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока також розроблено високоефективний спосіб глибокої переробки каротинвмісних овочів (КВО) – традиційних джерел β -каротину в харчуванні населення України – моркви і гарбуза та розроблена нанотехнологія заморожених добавок в формі дрібнодисперсного пюре з рекордним вмістом водорозчинних форм β -каротину, фенольних сполук, вітамінів та ін. Як інновація був використаний комплексний вплив на рослинну сировину

кріогенного «шокового» заморожування та дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення, що супроводжуються процесами кріомеханодеструкції та механохімії, тобто процесами неферментативного біокаталізу (механолізу) складних високомолекулярних наноконкомплексів та наноасоціатів біополімерів разом з низькомолекулярними БАР до їх окремих складових. Це сприяє більш повному вилученню прихованих зв'язаних неактивних форм каротиноїдів з біополімерами у вільну форму, кількість яких порівняно зі свіжою сировиною збільшується в 2,4...4,2 рази, та призводить до механолізу біополімерів до їх складових мономерів, що дає можливість максимально використати біологічний потенціал сировини і отримати заморожені добавки з новими споживчими властивостями.

На основі каротиноїдних нанодобавок розроблено та впроваджено у виробництво низку оздоровчих продуктів, зокрема шкільні булочки, бісквіти, наноморозиво, наносорбенти, каротиноїдні наносоки та нанонапої, сиркові десерти, начинки для кондитерських виробів та ін.

У ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока також розроблена унікальна кріогенна технологія заморожених хлорофілвісних овочів (капусти броколі, брюссельської капусти та шпінату) антианемічної, імуномодулюючої та протипухлинної дії за рахунок зберігання та екстракції рекордного вмісту в них хлорофілів а і b та каротину. Технологія включає кріогенне «шокове» заморожування із застосуванням рідкого та газоподібного азоту і відрізняється від традиційних технологій заморожування більш високою швидкістю та більш низькою кінцевою температурою заморожування продукту, ніж прийнято в міжнародній практиці, що дозволяє не тільки зберегти хлорофіли а і b, каротиноїди та інші біологічно активні речовини (БАР) свіжої сировини, а також більш повно вилучити їх приховані (зв'язані в наноконкомплексах із біополімерами) форми у вільну легкозасвоювану форму.

Встановлено, що використання кріогенного «шокового» заморожування хлорофілвісних овочів (ХВО) з високою швидкістю 5...10°C / хвилину до кінцевої температури -32...-35°C дозволяє отримати заморожені овочі з іншим хімічним складом, зокрема, за вмістом БАР (хлорофілів – в 2...2,5 рази, β-каротину – в 2...3 рази) вищим, ніж у свіжій сировині. Відбувається більш повне вилучення БАР із складних наноконкомплексів із біополімерами сировини у вільну форму. При цьому спостерігається ефект «збагачення» продукту та інактивація окислювальних та гідролітичних ферментів. Механізм цього процесу пов'язаний із значною кріодеструкцією молекул ферментів та їх активних центрів. Механізм більш повного вилучення низькомолекулярних БАР із заморожених ХВО пов'язаний з тим, що під час швидкого заморожування всередині рослинних клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують водневі зв'язки в наноконкомплексах між низькомолекулярними БАР, які знаходяться у

зв'язаному прихованому стані, та біополімерами, і кількість БАР у вільному стані збільшується, що було зафіксовано хімічними та спектроскопічними методами досліджень.

Розроблена криогенна технологія заморожених хлорофілвмісних овочів. Встановлено, що їх якість за вмістом хлорофілів а і b та інших БАР у 2...3 рази перевищує якість вихідних свіжих овочів. Втрати клітинного соку під час розморожування відсутні. Крім того, вміст БАР не змінюється в процесі зберігання протягом року. Нова технологія пройшла апробацію у виробничих умовах НПП «КРІАС» і рекомендована до впровадження у виробництво.

Взагалі на випусковій кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ проводяться широкомасштабні фундаментальні та прикладні наукові дослідження, значна частина яких упроваджена на підприємствах України, Росії, Латвії. Нижче наведені три основні напрями науково-дослідних робіт кафедри, які також проводяться на кафедрі. Приведені приклади впровадження наукових розробок кафедри на підприємствах України, Росії, Латвії.

Основні напрями науково-дослідної роботи випускової кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока Харківського державного університету харчування та торгівлі:

– розробка прогресивних технологій, в числі яких кріотехнології та нанотехнології виробництва натуральних біологічно активних рослинних добавок у формі дрібнодисперсних нанопорошків, нанопаст, заморожених продуктів, екстрактів, фітоконцентратів із зернобобових, грибів, фруктів, ягід, овочів, нетрадиційної лікарської та пряно-ароматичної сировини, продуктів бджільництва (квіткового пилку, прополісу, трутневих личинок) з рекордним вмістом вітамінів, мінеральних речовин та інших БАР;

– розробка широкого асортименту продуктів для оздоровчого харчування (кетчупів, майонезів, соусів, безалкогольних та слабоалкогольних напоїв, фітосировів, хлібобулочних, кондитерських виробів та ін.) з високим вмістом біологічно активних речовин за рахунок збагачення натуральними рослинними добавками з традиційної, нетрадиційної рослинної сировини, продуктів бджільництва;

– розробка з використанням рослинних добавок технологій комбінованих молочно-рослинних функціональних оздоровчих продуктів для масового, дитячого та дієтичного харчування.

Основна тематика науково-дослідної роботи випускової кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока:

– криогенні нанотехнології дрібнодисперсних порошоків – рослинних добавок із зернобобових, грибів, фруктів, ягід, овочів, лікарської рослинної сировини, натуральних прянощів, продуктів бджільництва – з рекордними характеристиками;

– застосування криогенного «шокового» заморожування, низькотемпературного та криогенного подрібнення під час розробки технологій та обладнання для отримання наноструктурованих пюре з плодів, овочів та зернобобових із рекордними характеристиками;

– нанотехнології водорозчинних каротиноїдних рослинних добавок із каротинвмісних овочів у формі нанопорошків і нанопюре;

– нанотехнології антоціанових рослинних добавок із плодово-ягідної сировини у формі нанопорошків і нанопюре;

– технології наноструктурованих пюре із зернобобових, грибів, плодів, овочів, прямих овочів без застосування низьких температур із рекордними характеристиками;

– застосування криогенного подрібнення пилку, прополісу під час розробки нанотехнологій отримання нанодобавок із них;

– інноваційні технології продуктів для оздоровчого харчування: каротиноїдних нанопаїв, фітосиропів, безалкогольних напоїв (типу «Живчик», «Байкал, ін.), заморожених десертів, наносорбетів, нових видів наноморозива-міксів;

– нанотехнології Instant-продуктів для оздоровчого харчування у формі порошкоподібних нанопаїв, наносоків, киселів;

– технології оригінальних овочевих кетчупів, майонезів, соусів-дресингів;

– технології соусів-діпів, плавлених сирних виробів, паштетів та закусок у вигляді «Хумусів» із зернобобових;

– технології термостабільних желеїдних фруктових начинок та несолодких молочно-сирних та макових начинок для кондитерських виробів «Пан Кейк»;

– нанотехнології екстрактів із різних видів рослинної сировини.

Приклади впроваджених у виробництво на підприємствах України, Росії, Латвії розробок випускової кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока:

– криогенні технології, обладнання та рецептури дрібнодисперсних порошків із плодово-овочевої сировини, отримані за криогенними нанотехнологіями (Росія, м. Горький, м. Свердловськ, Латвія (НВФ «Пілтене», Венспіле);

– технології несолодких сирних начинок для кондитерських виробів «Пан Кейк» (кондитерське підприємство «Лісова казка», м. Харків);

– технології порошкоподібних концентратів із плодів, овочів, прянощів, лікарської рослинної сировини, продуктів бджільництва (квіткового пилку, трутневих личинок, прополісу) (Україна, Росія, Латвія);

– технології фітосиропів «Фіто-Віт» (Бершадський завод продтоварів, України, Вінницька обл.); технологія фітосиропу «Фітофрукт» для дитячого харчування (Одеський консервний завод для дитячого харчування, Одеський пивзавод «Чономор», Україна);

– технології молочних порошкоподібних концентратів для нанонапоїв імуномодулюючої дії «Рекорд», «Лактофрукт», «Горіховий» (Белгородський молочний комбінат, Росія);

– технології та обладнання нанопорошків із квіткового пилку та порошкоподібних сумішей для молочних коктейлів «Дзінтарс», «Дзінтарініш» із використанням продуктів бджільництва (квітового пилку) та вітамінів (Латвія, НВФ «Пілтене», Венспілс);

– технології сирних виробів з використанням рослинних біологічно активних добавок та вітамінів імуномодулюючої та протипухлинної дії;

– технологія житнього хлібу «Пікантний» (серійне виробництво понад 20 років, хлібзавод № 8, м. Харків) та хлібзавод № 3 (м. Харків);

– технології майонезів тривалого терміну зберігання «Провансаль Баварський» з добавками із прянощів та прямих овочів (хрону, часнику) (Харківський Масложиркомбінат, м. Харків);

– технології фітодраже «Фіто-Віт», «Вітамінка» профілактичної дії (імуномодулюючої, радіозахисної) (Гайсинський з-д продтоварів, Вінницька обл.);

– технологія БАД «Фітор» типу мумію імуномодулюючої дії та бальзам «Фітор» (серійне виробництво, НПФ «Фіторія», м. Харків);

– технології порошкоподібних сокових Instant-напоїв «Фіто-Віт» для спецконтингенту (Белгородський вітамінний комбінат, Росія).

– технології наноморозива – міксів, наносорбетів із використанням наноструктурованого пюре із плодів, ягід, овочів для оздоровчого харчування;

– технології дрібнодисперсних нанопюре та нанопорошків із грибів та технології соусів, закусок, начинок, паст та ін. із них;

– технологія кріопасті з хрону (Латвія, НВФ «Пілтене», Венспілс);

– технології нового покоління плодово-овочевих соків із використанням як інновації дрібнодисперсного подрібнення;

– нанотехнології сумішей для м'якого морозива; концентратів для молочних коктейлів (Белгородський молочний комбінат, Росія);

– технології нових видів сирних, макових, термостійких плодово-ягідних, кремових начинок для кондитерських виробів (НВФ «ХПК», м. Харків).

Висновки. Авторами вперше в міжнародній практиці запропоновано, розроблено і впроваджено у виробництво новий напрям методів і нанотехнологій глибокої переробки рослинної сировини (зокрема

зернобобових, грибів печериць, каротинвмісних та хлорофілвмісних овочів та ін.) у харчові оздоровчі добавки та продукти з рекордними характеристиками. Методи засновані на комплексній дії на сировину паротермічної обробки (або заморожування) та дрібнодисперсного подрібнення. Ці процеси супроводжуються неферментативним біокаталізом-механолізом (руйнуванням важкорозчинних наноконкомплексів біополімерів та біологічно активних речовин) рослинної сировини. Нові методи дозволяють більш повно використати і розкрити біологічний прихований потенціал сировини (в 2–4,5 разу більше, ніж у вихідній сировині, що фіксується хімічними методами) та отримати харчові продукти в легкозасвоюваній наноформі, які неможливо отримати, використовуючи відомі сьогодні традиційні методи переробки сировини.

Список джерел інформації / References

1. FAO/WHO/UNU (2013), Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation. Food and agriculture organization of the united nations Rome, Vol. 92, 57 p.
2. Капрельянц, Л. В. Пребиотики: химия, технология, применение: монография / Л. В. Капрельянц. – К. : ЭнтерПринт, 2015. – 252 с.
Kaprelyants, L. (2015), *Prebiotics: chemistry, technology, application [Prebiotiki: himiya, tehnologiya, primeneniye]*, EnterPrint, K., 252 p.
3. Gibson, G., Roberfroid, M. (2008), *Handbook of Prebiotics*, CRS Press, London, Vol. 4, pp. 22-42.
4. Sousa, M., Santos, E., Sgarbeeri, V. (2011), The importance of prebiotics in functional food and clinical practical, *Food and Nutritional Science*, Vol. 2, pp. 133-144.
5. Roberfroid, M. (2000), Fructo-oligosaccharide malabsorption: benefit for gastrointestinal functions, *Curr Opin Gastroenterology*, Vol. 16, pp. 173-177.
6. Криво- и механохимия в пищевых технологиях: монография / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. А. Павлюк та ін. ; Харьк. гос. ун-т питания и торговли ; Харьк. торг.-экон. ин-т Киевск. нац.торг.-эконом. ун-та. – Х. : Факт, 2015. – 255 с. – (Серия «Новое в пищевых технологиях и инновации в здоровом питании»).
7. Pavlyuk, R., Pogarskaya, V., Pavlyuk, V., Radchenko, L., Yur'eva, O., Maksimova, N. (2015), [*Krivo- i Mexanoximiya v pishevix texnologiyax*], Fact, Kharkiv, 255 p.
8. Galland, L. (2014), “Functional Foods: Health Effects and Clinical Applications”, *Reference Module in Biomedical Sciences*, pp. 366-371.
9. Tur, J.A., Bibiloni, M.M. (2015), “Functional Foods”, *Reference Module in Food Science*, pp. 157-161.
10. Активация гидрофильных свойств каротиноидов растительного сырья: монография / В. В. Погарська, Р. Ю. Павлюк, А.И. Черевко, В. А. Павлюк, Н.Ф. Максимова. – Х. : Фінарт, 2013. – 345 с.
11. Pogarskaya, V., Pavlyuk, R., Cherevko, A., Pavlyuk, V., Maksimova, N. (2013), [*Aktyvatsiya hydrofyl'nikh svoistv karotyneydov rastytelnogo siriyala*], Finart, Kharkiv, 345 p.

10. Goni, I., Serrano, J., Saura-Calixto, F., (2006), "Bioaccessibility of beta-carotene, lutein, and lycopene from fruits and vegetables" *Agric Food Chem*, No. 54 (15), pp. 5382-5387.
11. Tu, J., Zhang, M., Xu, B., Liu, H. (2015), "Effects of different freezing methods on the quality and microstructure of lotus (*Nelumbo nucifera*) root", *International Journal of Refrigeration*, pp. 59-65.
12. James, S.J., James, C. (2014), "Chilling and Freezing", *Food Safety Management*, Vol. 20, pp. 481-510.
13. Shi, L., Li, W., Sun, J., Qiu, Y., Wei, X., Luan, G., Hu, Y., Tatsumi, E. (2016), "Grinding of maize: The effects of fine grinding on compositional, functional and physicochemical properties of maize flour", *Journal of Cereal Science*, Vol. 68, pp. 25-30.
14. Balaz, P. (2010), *Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering*, Woodhead Publishing Limited, 400 p.
15. Balaz, P., Balaz, M., Bujnakova, Z. (2014), "Mechanochemistry in technology: from minerals to nanomaterials and drugs", *Chemical Engineering & Technology*, Vol. 37, pp. 747-756.
16. Boldyrev, V.V. (2004), "Mechanochemical modification and synthesis of drugs", *Journal of Materials Science*, Vol. 39, Issue 16/17, pp. 5117-5120.

Павлюк Раїса Юрївна, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, заслужений діяч науки і техніки України, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Павлюк Раїса Юрьевна, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, Заслуженный деятель науки и техники Украины, кафедра технологий переработки плодов, овощей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Pavlyuk Raisa, doctor of technical sciences, professor, the State Prize laureate of Ukraine, Honored figure of Science and Technology in Ukraine, Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Погарська Вікторія Вадимівна, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Погарская Виктория Вадимовна, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, кафедра технологий переработки плодов, овощей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Pogarska Viktoriya, doctor of technical sciences, professor, the State Prize laureate of Ukraine, Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Котюк Тетяна Валеріївна, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Котюк Татьяна Валериевна, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочей і молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Kotuyk Tatyana, graduate student, Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Погарський Олексій Сергійович, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Погарский Алексей Сергеевич, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочей і молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Pogarskiy Aleksey, graduate student, Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Маціпура Тетяна Сергіївна, ст. викл. кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Маціпура Татьяна Сергеевна, ст. преп. кафедра кафедра технологій переробки плодів, овочей і молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Matsipura Tatyana, senior lecturer Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrpom@ukr.net.

Стуконоженко Тетяна Анатоліївна, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051; e-mail: ktrppom@ukr.net.

Стуконоженко Татьяна Анатольевна, асп. кафедра технологій переробки плодів, овочей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адресс: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051; e-mail: ktrppom@ukr.net.

Stukonogenko Tatyana, graduate student, Department of Technology processing of fruits, vegetables and milk, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051; e-mail: ktrppom@ukr.net.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук, проф. В.М. Михайловим.
Отримано 15.10.2016. ХДУХТ, Харків.*

УДК 635.652/654:664.871

МЕХАНОХІМІЧНІ ПРОЦЕСИ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ НАНОТЕХНОЛОГІЇ БІЛКОВИХ ДОБАВОК ІЗ ГОРОХУ В ЛЕГКОЗАСВОЮВАНІЙ ФОРМІ

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, Т.В. Котюк, Т.С. Маціпура,
О.С. Погарський**

Вивчено механохімічні процеси під час розробки нанотехнологій білкових добавок із гороху в легкозасвоюваній наноформі. Як інновацію використовували дрібнодисперсне подрібнення термообробленої сировини, яке супроводжується процесами неферментативного біокаталізу-механолізу важкорозчинних нанокмплексів біополімерів (гетерополісахаридів і білків) в розчинну форму. Розкрито суть механізмів процесів. Розроблено нанотехнологію отримання добавок із гороху в наноформі з рекордним вмістом БАР (біологічно активних речовин).

Ключові слова: механохімічні процеси, нанотехнологія, дрібнодисперсне подрібнення, неферментативний біокаталіз-механоліз, нанокмплекси, біополімери, гетерополісахариди.

© Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Котюк Т.В., Маціпура Т.С.,
Погарський О.С., 2016