

Секція 1. НОВІ ТЕХНОЛОГІЇ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ

УДК 663.916.5:635.657

РОЗРОБКА НОВОГО СПОСОБУ ТА НАНОТЕХНОЛОГІЙ ВИРОБНИЦТВА РОСЛИННИХ ДОБАВОК ІЗ НУТУ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ОЗДОРОВЧИХ ПРОДУКТІВ

**В.В. Погарська, Р.Ю. Павлюк, Т.В. Котюк, О.О. Юр'єва,
О.С. Погарський, К.С. Балабай**

Запропоновано та розроблено нанотехнологію виробництва рослинних добавок із нуту у формі дрібнодисперсних паст і нанопорошків, яка заснована на використанні методу глибокої переробки. Як інновацію застосовували комплексний вплив на сировину паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення з використанням сучасного обладнання підприємств ресторанного бізнесу. Технологія супроводжується процесами паротермо- та механодеструкції значної частини біополімерів нуту (білків, крохмалю, целюлози, пектину) до окремих мономерів (на 40–70%), що знаходяться в нанорозмірній легкозасвоюваній формі. Запропонований метод глибокої переробки дає можливість більш повно використати біологічний потенціал сировини. Розроблена нанотехнологія та отримані рослинні добавки з нуту не мають аналогів.

Ключові слова: переробка нуту, дрібнодисперсне пюре, білкові рослинні добавки, кріопорошки, оздоровчі продукти, паротермічна обробка, неферментативний каталіз.

DEVELOPMENT OF A NEW METHOD AND NANOTECHNOLOGIES FOR PRODUCTION OF PLANT ADDITIVES FROM CHICKPEA FOR THE PRODUCTION OF HEALTHY PRODUCTS

**V. Pogarskaya, R. Pavlyuk, T. Kotyuk, O. Yurieva,
A. Pogarskiy, K. Balabay**

The nanotechnology of production of vegetable additives from chickpeas in the form of fine pastes and nanopowders which is based on use of a method of deep processing is offered and developed. As an innovation, a complex effect on the raw materials of steam heat treatment and fine grinding with the use of modern equipment of restaurant business enterprises was used. The technology is accompanied by the processes of vapor-thermal and mechanical destruction of a significant part of chickpea biopolymers (proteins, starch,

© Погарська В.В., Павлюк Р.Ю., Котюк Т.В., Юр'єва О.О., Погарський О.С., Балабай К.С., 2020

cellulose, pectin) to individual monomers (40–70%), which are in nanoscale easily digestible form. The proposed method of deep processing makes it possible to make fuller use of the biological potential of raw materials. The developed nanotechnology and the obtained herbal additives from chickpeas have no analogues.

The developed nanotechnology of protein additives from chickpeas differs from traditional technologies of production of powders and purees by use of complex action of parothermal processing and fine grinding. This makes it possible to obtain protein supplements from heat-treated chickpeas in nanoscale form with a particle size tens of times smaller than traditional purees and powders. The rational parameters of the technology of fine puree and nanopowders from chickpeas have been experimentally determined and scientifically substantiated, technological schemes have been developed, equipment has been selected for both large food productions and restaurants. Upon receipt of nanopowders, convection or freeze-drying of chickpea puree to a moisture content of not more than 8% was performed. The new technology has been tested in production conditions.

Keywords: processing of chickpeas, finely dispersed puree, protein herbal supplements, cryopowders, health products, steam treatment, non-enzymatic catalysis.

Постановка проблеми у загальному вигляді. У роботі викладено результати розробки нового способу та нанотехнології переробки бобових (висушеного нуту) в білкові рослинні добавки у формі дрібнодисперсних паст і порошоків. Як інновацію використовували дрібнодисперсне подрібнення паротермічно обробленої сировини. Технологія включає процеси паротермічної обробки та механодеструкції і дозволяє отримати добавки з нуту в нанорозмірній формі з рекордним вмістом білка та незамінних амінокислот у легкозасвоюваній формі.

Незбалансоване харчування та дефіцит у раціонах харчування білка, вітамінів, мінеральних речовин та інших біологічно активних речовин (БАР) призвели до зниження імунітету населення [1–3]. Ситуація ускладнюється загальним погіршенням екологічного стану, використанням при виготовленні продуктів широкого спектра харчових домішок і синтетичних компонентів, що негативно впливають на здоров'я та призводять до зниження імунітету [4–6].

Підвищити імунітет людини можна шляхом уживання оздоровчих продуктів із високим вмістом повноцінного білка та рослинних БАР [4; 7; 8]. До тих БАР, що сприяють зміцненню імунітету відносяться: вітаміни антиоксидантного ряду (С, Е), β -каротин [5; 6], хлорофіл [7], низькомолекулярні фенольні сполуки та поліфеноли [5; 7], ефірні олії, пребіотичні речовини тощо [4; 8–10]. Зазначені речовини в значній кількості містяться в плодах та овочах. Особливе місце в харчуванні людини займають білки, роль яких у житті людини добре відома [1; 11]. Білки неможливо виключити або замінити іншими

компонентами, оскільки вони виконують різноманітні функції [12; 13]. Білки є основним структурним матеріалом для будівництва тканин живих організмів, вони беруть участь в обміні енергії, зміцнюють захисні сили організму до впливу несприятливих факторів довкілля, перешкоджають утворенню пухлин тощо [14; 15]. Відомо, що антитіла, які утворюються в організмі після потрапляння сторонніх речовин та вірусів, є білками. В організмі людини білки утворюють малоактивні комплекси з токсинами, сприяючи їх виведенню з організму, тобто виконують антитоксичну функцію.

Аналіз літературних джерел свідчить про те, що в міжнародній практиці для збагачення різних харчових продуктів білком використовують борошно з нуту [19; 20]. Його застосовують для виготовлення безглютенового хліба та спагеті, сумішей для немовлят [20; 21], функціональних оздоровчих м'ясо-рослинних паштетів [22]. Перевагою використання борошна нуту як джерела білка порівняно з пшеничним та рисовим борошном під час виробництва харчових продуктів є низький глікемічний індекс [19]. Крім того, борошно нуту має водо- та маслороз'язжуючі, емульгуючі та піноутворюючі властивості, що сприяють поліпшенню текстури безглютенового хліба та спагеті [23; 24]. Установлено, що нутове борошно є не тільки джерелом рослинного білка з високим вмістом лізину, лейцину, аргініну, але й дубильних і фенольних сполук. Нутове борошно виявляє високі гідроколоїдні властивості під час формування текстури різних видів харчових продуктів, що мають високий вміст вологи [23–25].

Труднощі під час переробки плодоовочевої сировини з високим вмістом важкорозчинних біополімерів, їх наноконкомплексів (зокрема, целюлози, білків, пектинових речовин та ін.) пов'язані з тим, що значна частина цих речовин знаходиться в сировині в неактивній (прихованій, зв'язаній з іншими біополімерами, мінеральними речовинами) формі. Особливе місце серед рослинної сировини займають бобові, зокрема горох, висушений нут та ін., які є традиційним джерелом рослинних повноцінних білків, незамінних амінокислот гетерополісахаридів (целюлози, пектинових речовин, крохмалю та ін.). Відомо, що вони погано засвоюються організмом людини, відносяться до неперетравлюваних інгредієнтів їжі – пребіотиків та стимулюють активний розвиток в шлунково-кишковому тракті однієї або декількох груп власних бактерій, які складають кишкову мікрофлору людини та позитивно впливають на склад мікробіоценозу.

Сьогодні одним із прогресивних методів переробки рослинної сировини є кріогенне та дрібнодисперсне подрібнення без застосування холоду. Що стосується переробки висушеного нуту, то практично ніхто

цих методів не застосовував, не вивчав процесів механодеструкції та механоактивації. На сьогодні перспективні способи дрібнодисперсного подрібнення вже знайшли широке застосування в хімічній, авіаційній, текстильній, будівельній галузі та ін. [17–24].

У харчовій промисловості ці процеси залишаються не вивченими. Виключенням є наукові дослідження, які виконуються в науково-дослідній лабораторії «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» на кафедрі харчових технологій продуктів із плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні ХДУХТ у рамках наукової школи проф. Р.Ю. Павлюк та проф. В.В. Погарської протягом останніх 30 років [5–7; 11;12].

Під час розробки технологій отримання нанопорошків та нанопюре з висушеного нуту як інновацію авторами запропоновано використовувати дрібнодисперсне подрібнення паротермічно обробленого нуту та неферментативного каталізу. Комплексне використання зазначених технологічних прийомів дозволило розробити новий спосіб та нанотехнології отримання наноструктурованого пюре та нанопорошків із висушеного нуту з якісно новими порівняно з вихідною сировиною та аналогами характеристиками та хімічним складом, який не можливо отримати, використовуючи традиційні методи.

У роботі викладено результати розробки нанотехнологій білкових рослинних добавок у формі нанопорошків та нанопюре з нуту, заснованих на процесах глибокої переробки сировини, що дозволило трансформувати (зруйнувати) біополімери до окремих складових – легкозасвоюваної форми (майже у два рази більше, ніж у вихідній сировині).

Мета статті – розробка нового способу та нанотехнологій переробки нуту в білкові рослинні добавки із застосуванням паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення у формі нанопорошків та нанопюре для виготовлення продуктів для здорового харчування.

Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- визначити комплекс поживних і біологічно активних речовин висушеного нуту, визначити його амінокислотний скор як сировини під час розробки нанотехнології білкових рослинних добавок у наноструктурованій формі;

- вивчити комплексний вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на деструкцію молекул білка та інших біополімерів висушеного нуту;

- розробити нанотехнологію білкових рослинних добавок у формі нанопорошків та нанопюре, вивчити їх якість порівняно з аналогами та під час зберігання.

Виклад основного матеріалу дослідження. Наукові дослідження проводились у Харківському державному університеті харчування та торгівлі (ХДУХТ, Україна) на кафедрі харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні. Експериментальні дослідження проведено на базі науково-дослідної лабораторії «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок і оздоровчих продуктів» зазначеної кафедри.

Наукові дослідження є продовженням роботи «Створення та впровадження прогресивних технологій і ефективного обладнання для отримання нових функціональних харчових продуктів», яка у 2006 році була удостоєна Державної премії України в галузі науки і техніки.

Паротермічну обробку висушеного нуту здійснювали на сучасному обладнанні італійського виробництва – пароконвектоматі UNOX серії XVC. Для дрібнодисперсного подрібнення використовували гомогенізатор – подрібнювач виробництва Франції Robot Coupe, та інноваційний кухонний комбайн ThermoMix (Франція) [6].

У висушеному, паротермічно обробленому нуті, дрібнодисперсній пасті та нанопорошку з нього визначали вміст білка, амінокислот, що знаходяться у вільній та зв'язаній формі, жиру, крохмалю, сухих речовин, пектину, органічних кислот, мінеральних речовин.

Під час виконання роботи використовували загальноприйняті стандартні та спеціальні методи дослідження: фізико-хімічні та біохімічні. Обробку результатів експериментальних досліджень проводили із застосуванням методів математичної обробки з використанням комп'ютерних програм MathCad та Microsoft Excel.

Сировиною під час розробки нанотехнології переробки нуту в білкові рослинні добавки у формі дрібнодисперсних пюре та порошоків обрано районовані в Україні сорти висушеного нуту: Слобожанський, Урожайний, Дезі (табл. 1).

Показано, що сухі речовини нуту представлені переважно полісахаридом крохмалем (від 41,0% до 45,0%) та білками (від 20,1% до 25,0%). Масова частка загальних цукрів складає від 4,4% до 5,5%, які представлені в рівній кількості фруктозою (2,1–2,5%) та глюкозою (2,0–2,4%). Масова частка важкорозчинного гетерополісахариду целюлози становить від 2,8% до 4,0 %, загального пектину – від 1,9% до 2,5 % (табл. 1).

Визначено, що масова частка мінеральних речовин сушених бобів нуту становить від 2,7% до 3,2%. До складу нуту входить широкий спектр мікроелементів (К, Са, Mg, P, кремній). Вітаміни нуту представлені вітамінами Е (від 9,9 до 11,0 мг в 100 г) та В₁ (тіаміном) від 0,8 до 1,0 мг в 100 г.

Таблиця 1

Результати визначення комплексу поживних і біологічно активних речовин висушеного нуту – сировини для отримання білкових рослинних добавок

Найменування показника	Сорти нуту висушеного		
	Слобожанський	Урожайний	Дезі
Білок, %	20,1–21,2	23,0–24,5	23,8–25,0
Жир, %	4,2–4,5	4,8–5,0	4,5–4,8
Крохмаль, %	41,8–43,2	42,5–44,2	43,0–44,5
Загальний цукор, %	5,0–5,5	4,7–5,2	4,9–5,3
Глюкоза, %	2,0–2,1	2,2–2,3	2,1–2,4
Фруктоза, %	2,1–2,2	2,3–2,4	2,2–2,5
Целюлоза, %	2,8–3,0	2,9–3,2	3,2–4,0
Загальний пектин, %	1,9–2,2	1,8–2,4	2,0–2,5
Протопектин, %	0,8–1,1	0,8–1,1	1,0–1,1
Розчинний пектин	0,8–1,1	1,0–1,3	1,0–1,4
Зольність, %	2,8–3,0	3,0–3,2	2,7–3,1
Мінеральні речовини, мг в 100 г:			
К	1084–1100	890–920	1030–1080
Ca	190–208	192–212	204–225
Mg	125–138	118–140	129–139
P	430–450	390–420	435–444
Si	89–95	82–88	90–97
Na	50–65	66–75	65–78
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 г	233–250	241–265	228–270
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 г	205–222	218–238	200–212
Органічні кислоти, %	0,10–0,11	0,12–0,13	0,14–0,15
Волога, %	13,8–14,0	14,10–14,30	13,9–14,0

Доведено, що білок дослідних зразків висушеного нуту сортів, які культивуються в Україні, є біологічно повноцінним (табл. 2).

Установлено, що амінокислотний скор білка висушеного нуту за вмістом незамінних амінокислот становить від 198,0% до 270% та, відповідно до шкали ФАО/ВООЗ перевищує ідеальний білок у 2,0–2,7 раз. Виключенням є метіонін, кількість якого на 3% менше, ніж в ідеальному білку (табл. 2).

Таблиця 2

Амінокислотний скор білка висушеного нуту сорту Урожайний

Найменування незамінної амінокислоти	Масова частка амінокислот, мг в 1 г		
	в ідеальному білку за шкалою ФАО/ВООЗ	у білку висушеного нуту	скор, %
Триптофан	10	27	270,0
Лізін	55	130	236,4
Треонін	40	84	210,0
Валін	50	99	198,0
Метіонін	35	34	97,1
Ізолейцин	40	149	372,5
Лейцин	70	170	242,9
Фенілаланін+тирозин	60	130+48=178,0	296,7

Виявлено, що в дослідних зразках вихідної сировини – висушеному нуті вміст білка становить 21,56%. Масова частка амінокислот, що знаходяться у зв'язаному в білковій молекулі стані, становить біля 90%, у вільному – відповідно приблизно 10% (табл. 3).

Таблиця 3

Вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на вміст зв'язаних і вільних амінокислот білка у висушеному дрібнодисперсному пюре з нуту

Найменування амінокислоти	Масова частка амінокислот					
	зв'язаних			вільних		
	Нут (сировина), %	Висушене ДД пюре з нуту, %	% до вихідної сировини	Нут (сировина), %	Висушене ДД пюре з нуту, %	% до вихідної сировини
1	2	3	4	5	6	7
<i>Незамінні амінокислоти</i>						
Валін	0,89	0,43	48,31	0,10	0,56	560,00
Ізолейцин	1,34	0,68	50,74	0,15	0,81	540,00
Лейцин	1,54	0,78	50,64	0,16	0,92	575,00
Лізін	1,16	0,58	50,42	0,14	0,72	514,28
Метіонін	0,30	0,14	46,66	0,04	0,20	500,00

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7
<i>Замінні амінокислоти</i>						
Треонін	0,75	0,33	44,00	0,09	0,51	566,66
Триптофан	0,24	0,11	45,83	0,03	0,16	533,33
Фенілаланін	1,16	0,59	50,80	0,14	0,71	507,14
Аланін	1,07	0,47	43,92	0,12	0,72	600,00
Аргінін	1,73	0,85	49,13	0,20	1,08	540,00
Аспарг. к-та	2,61	1,36	52,10	0,31	1,56	780,00
Гістидин	0,89	0,42	47,19	0,09	0,56	622,22
Гліцин	1,02	0,51	50,00	0,12	0,63	525,00
Глутам. к-та	2,15	1,18	54,88	0,24	1,21	504,16
Пролін	0,87	0,40	45,97	0,09	0,56	622,22
Серин	0,96	0,46	47,91	0,11	0,61	554,54
Тирозин	0,43	0,19	44,18	0,05	0,29	580,00
Цистин	0,25	0,11	44,00	0,02	0,16	800,00
Σ	19,36	9,59	–	2,20	11,97	–

Прімітки: вміст білка – 21,56%;

ДД – дрібнодисперсно подрібнене.

Установлено, що комплексне застосування паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення під час переробки висушеного нуту в дрібнодисперсне пюре та порошок приводить до процесів паротермодеструкції та механокрекінгу (руйнування) молекул білка. Відбувається трансформація амінокислот білка нуту із зв'язаної форми у вільну легкозасвоювану форму. Так, в отриманих дрібнодисперсному пюре та нанопорошку з нуту у зв'язаному стані залишилось 30–40% амінокислот, у вільній формі 60–70% (табл. 3, 4).

Відомо, що розмір амінокислот змінюється від 0,5 нм до 1,5 нм. Таким чином, уперше був виявлений ефект термомеханодеструкції й механолізу молекул білка нуту на 60–70% до окремих мономерів – амінокислот під час отримання дрібнодисперсного пюре та нанопорошку (табл. 3, 4).

Доведено також, що паралельно відбувається значна механодеструкція та трансформація біополімерів пектину, целюлози та крохмалю до окремих мономерів (табл. 5).

Вивчення якості дрібнодисперсних пюре та нанопорошків із нуту показало, що біополімери білка, пектину та целюлози знаходяться на 50–70% в легкорозчинній формі – у вигляді мономерів цих біополімерів. Добавки з нуту за ступенем дисперсності та технологічними характеристиками перевершують відомі аналоги.

Таблиця 4

Вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення на вміст зв'язаних і вільних амінокислот білка під час отримання білкової добавки з нуту у формі дрібнодисперсного поро

Найменування амінокислоти	Масова частка амінокислот, %					
	зв'язаних			вільних		
	поро з ПО нуту			поро із ПО нуту		
	грубо подрібнене (вихідна сировина)	ДД	% до вихідної сировини	грубо подрібнене	ДД	% до вихідної сировини
<i>Незамінні амінокислоти</i>						
Валін	0,45	0,20	44,44	0,05	0,30	600,00
Ізолейцин	0,63	0,31	49,20	0,08	0,40	500,00
Лейцин	0,75	0,38	50,66	0,11	0,46	418,18
Лізин	0,54	0,28	51,85	0,08	0,34	425,00
Метіонін	0,15	0,08	53,33	0,03	0,10	333,33
Треонін	0,39	0,20	51,28	0,05	0,24	480,00
Триптофан	0,08	0,04	50,00	0,03	0,07	233,33
<i>Замінні амінокислоти</i>						
Фенілаланін	0,52	0,27	51,92	0,09	0,34	377,77
Аланін	0,54	0,27	50,00	0,06	0,33	550,00
Аргінін	0,83	0,42	50,60	0,12	0,53	441,66
Аспарагінова к-та	1,23	0,60	48,78	0,21	0,84	400,00
Гістидин	0,44	0,22	50,00	0,06	0,28	466,66
Гліцин	0,49	0,26	53,06	0,07	0,30	428,57
Глутамінова к-та	1,08	0,48	44,44	0,12	0,72	600,00
Пролін	0,43	0,19	44,18	0,05	0,29	580,00
Серин	0,47	0,23	48,93	0,06	0,30	500,00
Тирозин	0,18	0,10	55,55	0,04	0,12	300,00
Цистин	0,11	0,06	54,54	0,03	0,08	266,66
Σ	9,29	4,59	–	1,34	6,04	–

Примітки: вміст білка – 10,63%;

ПО – паротермічно оброблений;

ДД – дрібнодисперсно подрібнене.

Таблиця 5

Вміст біополімерів у білковій рослинній добавці з нуту у формі нанопорошку порівняно з вихідною сировиною й аналогом

Найменування показника	Нут висушений (вихідна сировина)	Білкова рослинна добавка із нуту у формі нанопорошку	Порошок із нуту (аналог)
Білок, %	21,6–25,0	22,1–25,5	20,6–21,6
Зв'язані амінокислоти, %	19,4–20,0	9,6–10,0	16,4–17,4
Вільні амінокислоти, %	2,1–2,5	12,0–12,5	3,6–4,2
Загальний пектин, %	2,7–3,5	2,8–3,5	2,9–3,3
Протопектин, %	1,9–2,5	0,5–0,8	0,7–0,9
Розчинний пектин, %	0,8–1,0	2,3–2,7	2,2–2,4
Крохмаль, %	41,8–43,2	25,1–26,1	35,2–36,1
Целюлоза, %	2,8–3,0	1,4–1,5	8,2–9,0
Глюкоза, %	2,0–2,2	11,5–15,4	2,0–2,2
Загальний цукор, %	4,5–4,8	17,0–17,3	8,2–10,0
Сухі речовини, %	85,7–86,2	86,5–87,2	84,5–85,8

Отримані результати експериментальних досліджень стали основою під час розробки нанотехнології і технологічної схеми білкових рослинних добавок із нуту у формі дрібнодисперсного пюре та нанопорошку (рис. 1).

Від традиційних технологій отримання порошоків і пюре розроблена нанотехнологія білкових добавок із нуту відрізняється використанням комплексного впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення. Це дає можливість отримати білкові добавки з термообробленого нуту в нанорозмірній формі з розміром частинок у десятки раз меншим порівняно з традиційними пюре та порошками. Експериментально визначено та науково обґрунтовано раціональні параметри технології дрібнодисперсних пюре і нанопорошків із нуту, розроблено технологічні схеми, підібрано обладнання як для великих харчових виробництв, так і для підприємств ресторанного бізнесу. Під час отримання нанопорошків проводилося конвекційне або сублімаційне сушіння пюре з нуту до вологості не більше 8%. Нова технологія пройшла апробацію у виробничих умовах ТОВ «ХПК» і ТОВ «ВКГ «Лісова казка».

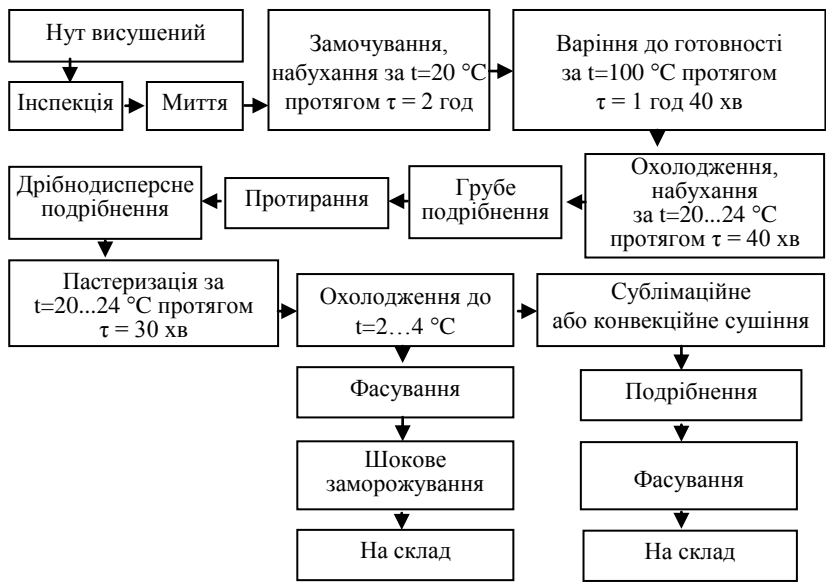


Рис. 1. Схема нанотехнології переробки нуту в білкові рослинні добавки у формі дрібнодисперсних паст і нанопорошків

Таким чином, розроблено унікальну нанотехнологію переробки нуту в білкові рослинні добавки у формі дрібнодисперсних паст і порошків. Отримані добавки знаходяться в нанорозмірній формі завдяки руйнуванню та трансформації під час переробки нуту високомолекулярних сполук (білків, пектинів, целюлози тощо) до окремих мономерів (на 40–70%). Як інновацію під час отримання білкових рослинних добавок запропоновано глибоку переробку нуту з використанням процесів паротермічної деструкції та неферментативного каталізу зазначених біополімерів. Розкрито механізми зазначених процесів, які пов'язані з механокрекінгом (руйнуванням) молекул білку, пектину, целюлози та їх наноконкомплексів. Розмір молекул мономерів біополімерів (α -амінокислот, глюкози, галактуранової кислоти) становить від 0,4 нм до 1,5 нм. Розроблені нанотехнології та отримані натуральні рослинні білкові добавки з нуту не мають аналогів.

Результати дослідження мають не тільки наукову, але й практичну цінність. Запропоновано новий спосіб глибокої переробки бобових при створенні нового покоління рослинних білкових добавок. Цей спосіб переробки дозволяє більш повно використати закладений у рослинній сировині потенціал.

Висновки. Унаслідок вивчення комплексу поживних та біологічно активних речовин під час переробки нуту встановлено, що його сухі речовини представлені переважно полісахаридом крохмалем (від 41,0% до 45,0%) та білками (від 20,1% до 25,0%). Масова частка загальних цукрів складає від 4,4% до 5,5%, які представлені в рівній кількості фруктозою (2,1–2,5%) та глюкозою (2,0–2,4%). Масова частка важкорозчинного гетерополісахариду целюлози становить від 2,8% до 4,0%, загального пектину – від 1,9% до 2,5%. Доведено, що білок висушеного нуту є біологічно повноцінним. Установлено, що амінокислотний скор білка висушеного нуту за вмістом незамінних амінокислот становить від 198,0% до 270% та відповідно до шкали ФАО/ВООЗ перевершує ідеальний білок у 2,0–2,7 раз. Виключенням є метіонін, кількість якого на 3% менше, ніж в ідеальному білку.

Установлено, що комплексне застосування процесів паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення під час переробки висушеного нуту в дрібнодисперсне пюре і порошок приводить до механокрекінгу молекул білка та трансформації амінокислот із зв'язаної у вільну легкозасвоювану форму. Так, в отриманих дрібнодисперсному нанопюре і нанопорошку з нуту у зв'язаному стані залишилось 30–40% амінокислот, у вільній формі 60–70%. Показано, що в дослідних зразках вихідної сировини – висушеному нуті – вміст білка складає 21,56%. Масова частка амінокислот, що знаходяться у зв'язаному в білковій молекулі стані становить приблизно 90%, у вільному – відповідно приблизно 10%. Виявлено також, що паралельно відбувається значна механодеструкція та трансформація біополімерів пектину, целюлози та крохмалю до окремих мономерів.

Розроблено нанотехнологію отримання білкових рослинних добавок із нуту у формі дрібнодисперсного пюре і нанопорошку. Вона відрізняється від традиційних використанням комплексного впливу паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення нуту в нанорозмірну форму (до розміру частинок у десятки раз менше, ніж у традиційних пюре та порошках).

Список джерел інформації / References

1. World Health Organization (2007), "Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: report of a Joint WHO/FAO/UNU. Expert Consultation", Geneva, 266 p. (WHO technical report series 935), available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf
2. World Health Organization (2010), "Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health: report of a Joint WHO/FAO/UNU. Expert Consultation", Geneva.

3. Научные основы здорового питания / В.А. Тутельян и др. – М. : Издательский дом «Панорама», 2010 – 816 с.

Tutelyan, V.A. et al. (2010), *Scientific bases of healthy nutrition [Nauchnyye Osnovy Zdorovogo Pitaniya]*, Panorama Publishing House, Moscow, 816 p.

4. Капрельянц Л.В. Пробиотики: химия, технология, применение: монография / Л. В. Капрельянц. – К. : ЭНТЕРПРИНТ, 2015. – 252 с.

Kaprelyants, L.V. (2015), *Prebiotics: chemistry, technology, application: monograph [Prebiotiki: himiya, tehnologiya, primeneniye: monografiya]*, EnterPrint, Kiev, 252 p.

5. Pogarska, V., Pavlyuk, R., Timofeyeva, N., Bilenko, L., Stukonozhenko, T. (2016), “Exploring the processes of cryomechanodestruction and mechanochemistry when devising nano-technologies for the frozen carotenoid plant supplements”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/11(84), pp. 39-46. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.86968>

6. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Radchenko, L., Tauber, R., Timofeeva N. (2016), “Deep processing of carotene-containing vegetable sand obtaining nanofood with the use of new generation”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4/11(82), pp. 36-43. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76232>

7. Розробка криогенної технології заморожування хлорофілвмісних овочів / Р. Ю. Павлюк, О. С. Погарський, О. А. Каплун, С. М. Лосева // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – № 6/10 (78). – С. 42–46. DOI: [10.15587/1729-4061.2015.56111](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56111)

Pavlyuk, R.Yu., Pogarsky, O.S., Kaplun, O.A., Loseva, S.M. (2015), “Development of cryogenic technology for freezing chlorophyll-containing vegetables”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/10(78), pp. 42-46. DOI: [10.15587/1729-4061.2015.56111](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2015.56111)

8. Gibson, G., Roberfroid, M. (2008), *Handbook of Prebiotics*, Vol. 4, London, CRS Press, P. 22-42.

9. Sousa, M., Santos, E., Sgarbeeri, V. (2011), “The importance of prebiotics in functional food and clinical practical”, *Food and Nutritional Science*, Vol. 02, Issue 02, pp. 133-144. DOI: [10.4236/fns.2011.22019](https://doi.org/10.4236/fns.2011.22019)

10. Roberfroid, M. (2000), “Fructo-oligosaccharide malabsorption: benefit for gastrointestinal functions”, *Current Opinion in Gastroenterology*, Vol. 16, Issue 2, pp. 173-177. DOI: [10.1097/00001574-2000030000-00013](https://doi.org/10.1097/00001574-2000030000-00013)

11. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Kakadii, I., Pogarskiy, A., Stukonozhenko, T. (2017), “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”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/11(90), pp. 41-47. DOI: [10.15587/1729-4061.2017.117654](https://doi.org/10.15587/1729-4061.2017.117654)

12. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Balabai, K., Pavlyuk, V., Kotuyk T. (2016), “The effect of cryomechanodestruction on activation of heteropolysaccharide-protein nanocomplexes when developing nanotechnologies of plant supplements”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4/11(82). pp. 20-28. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.76107>

13. Герасименко С. С. Статистична характеристика споживання продуктів харчування населенням України / С. С. Герасименко, В. С. Герасименко // Статистика України. – 2013. – № 2. – С. 28–33.

Gerasimenko, S.S., Gerasimenko, V.S. (2013), “Statistical characteristics of food consumption by the population of Ukraine”, *Statistics of Ukraine*, Vol. 2, pp. 28-33.

14. Дейнеко Л. В. Харчова промисловість України: ефективність використання виробничих ресурсів та кадрового потенціалу / Л. В. Дейнеко, Е. І. Шелудько. – К. : НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України», 2013. – 120 с.

Deineko, L.V., Sheludko, E.I. (2013), “Food industry of Ukraine: efficiency of use of production resources and personnel potential”, *State Institution “Institute of Economics and forecast. NAS of Ukraine”*, 120 p.

15. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Kotuyk, T., Pogarskiy, A., Loseva, S. (2016), “The influence of mecanolysis on the activation of nanocomplexes of heteropolysaccharides and proteins of plant biosystems in developing of nanotechnologies”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3/11(81), pp. 33-40. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2016.70996>

16. Pavlyuk, R., Pogarskaya, V., Balabai, K., Pogarskiy, A., Stukonozhenko, T. (2019), “Development of nanotechnologies of curd desserts, fruit and vegetable additives for their preparation as brewing agents, structures and colorants”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 3/11(99), pp. 13-22. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.169646>

17. Pavlyuk, R., Pogarskaya, V., Pavlyuk, V., Radchenko, L., Dudnyk, E., Radchenko, A., Kolomiets, T. (2018), “Studying the complex of biologically active substances in spicy vegetables and designing the nanotechnologies for cryosupplements and nanoproducts with health benefits”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4/11(94), pp. 6-14. DOI: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.133819>

18. Драгилев А. И. Технология кондитерских изделий / А. И. Драгилев, И. С. Лурье. – М. : ДеЛи принт, 2001. – 448 с.

Dragilev, A.I, Lurie, I.S. (2001), *Technology of confectionery [Tehnologiya konditerskih izdeliy]*, DeLi print, Moscow, 448 p.

19. Pelin B. Belino, Esther T. Botangen, Ines C. Gonzales, Fernando R. Gonzales, and Hilda L. Quindara (2015), “Development of Chickpea (Cicer arietinum L.) Food Products and Its Benefits to Human Nutrition”, *International Journal of Chemical, Environmental & Biological Sciences (IJCEBS)*, Vol. 3, Issue 1. DOI: <http://www.isaet.org/images/extraimages/P115311.pdf>

20. Lovemore Nkhata Malunga, Shimrit Bar-El Dadon, Eli Zinal, Zipi Berkovich, Shahal Abbo and Ram Reifen (2014), “The potential use of chickpeas in development of infant follow-on formula”, *Nutrition Journal*, Vol. 13(1):8. DOI: <https://www.nutritionj.com/content/13/1/8>

21. Chilloa, S., Laversea, J., Falconea, P.M., Del Nobile, M.A. (2008), “Quality of spaghetti in base amaranthus wolemeal flour added with guinoa, broad bean and chick pea”, *Jornal of Food Engineering*, Vol. 84, Issue 1, pp. 101-107. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jfoodeng.2007.04.022>

22. Gorlov, I., Giro, T., Sitnikova, O., Slozhenkina, M., Zlobina, E., Karpenko, E. (2016), "New Functional Products with Chickpeas: Reception, Functional Properties", *American Journal of Food Technology*, Vol. 11(6), pp. 273-281. DOI: <https://doi.org/10.3923/ajft.2016.273.281>

23. Libby G. Bird, Casey L. Pilkington, Saputra, A., Serventi, L. (2017), "Products of chickpea processing as texture improvers in gluten-free bread", *Food Science and Technology International*, Vol. 23(8). DOI: 10.1177/1082013217717802

24. Mohammed, I., Abdelrahman, R., Ahmed, Senge, B. (2014), "Effects of chickpea flour on wheat pasting properties and bread making quality", *J. Food Sci. Technol.*, Vol. 51(9), pp. 1902-1910. DOI: 10.1007/s13197-012-0733-9

25. Kumar, S., Pandey, G. (2020), "Biofortification of pulses and legumes to enhance nutrition", *Helion*, Vol. 6, Issue 3. DOI: <https://doi.org/10/1016/j.heliyon.2020.e03682>

26. Капрельянц Л. В. Функциональные продукты : монография / Л. В. Капрельянц. – К. : Энтер Примс, 1997. – 312 с.

Капрельянц, Л.В. (1997), *Functional products: monograph [Funktionalnyie produkty: monografiya]*, Enter Prims, Kiev, 312 p.

27. Спиричев В. Б. Сколько человеку витаминов надо / В. Б. Спиричев. – М. : Наука, 1993. – 185 с.

Spirichev, V.B. (1993), *How many vitamins does a person need [Skolko cheloveku vitaminov nado]*, Nauka, Moscow, 185 p.

28. Спиричев В. Б. Обогащение пищевых продуктов витаминами и минеральными веществами / В. Б. Спиричев, Л. Н. Шатнюк, В. М. Позняковский. – Новосибирск : Изд-во СГУ, 2004. – С. 9–15.

Spirichev, V.B., Shatnyuk, L.N., Poznyakovsky, V.M. (2004), *Enrichment of food products with vitamins and minerals [Obogaschenie pischevyih produktov vitaminami i mineralnyimi veschestvami]*, SSU, Novosibirsk, pp. 9-15.

Погарська Вікторія Вадимівна, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-17. E-mail: viktoria.pogarskaya@ukr.net. ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8031-5210>.

Pogarskaya 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. Tel.: (057)349-45-17. E-mail: viktoria.pogarskaya@ukr.net. ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-8031-5210>.

Павлюк Раїса Юрійвна, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, Заслужений діяч науки і техніки України, кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92. E-mail: ktppom@ukr.net. ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3440-0451>.

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. Tel.: (057)349-45-92. E-mail: ktppom@ukr.net. ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-3440-0451>.

Котюк Тетяна Валеріївна, асист., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057) 3494-5-97. E-mail: micleco555@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-2303>.

Kotyuk Tetiana, Assistant, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057) 3494-5-97. E-mail: micleco555@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8854-2303>.

Юр'єва Ольга Олексіївна, канд. техн. наук, асист., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-97. E-mail: olyaureva@ukr.net. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3688-8596>.

Yurieva Olga, PhD in Tehnical Sciences, Assistant, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-97. E-mail: olyaureva@ukr.net. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3688-8596>.

Погарський Олексій Сергійович, канд. техн. наук, ст. викл., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-97. E-mail: valve310@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8714-9518>.

Pogarskiy Aleksey, Senior Lecturer, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-45-97. E-mail: valve310@gmail.com. ID ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8714-9518>.

Балабай Катерина Сергіївна, канд. техн. наук, доц., кафедра харчових технологій продуктів з плодів, овочів і молока та інновацій в оздоровчому харчуванні, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)3494-5-97. E-mail: ekaterinabala@email.ua.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6942-8556>.

Balabai Katerina, PhD in Technical Sciences, Assistant Professor, Department of Food Technologies of Products from Fruits, Vegetables and Milk and Innovations in Health Nutrition, Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494-5-97. E-mail: ekaterinabala@email.ua.

ID ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-6942-8556>.

DOI: 10.5281/zenodo.4369131

УДК 664.681.016.3

ТЕХНОЛОГІЯ ПІСОЧНОГО ПЕЧИВА З ВИКОРИСТАННЯМ БОРОШНА З НАСІННЯ ГАРБУЗА

Л.Г. Дейниченко, В.В. Захаров, Т.О. Роман, М.І. Зорін

Розроблено технологію пісочного печива з використанням борошна з насіння гарбуза, визначено харчову і біологічну цінність отриманого продукту. Розглянуто проблему білкового дефіциту в харчуванні людини та проаналізовано останні дослідження щодо використання альтернативної сировини, що є джерелом цього нутрієнта. Для збільшення відсотка споживання білків населенням запропоновано розробити технології харчових продуктів із застосуванням рослинних інгредієнтів місцевого походження, багатих на білок.

Ключові слова: білкова недостатність, пісочне печиво, борошно з насіння гарбуза, біологічна цінність.

TECHNOLOGY OF SHORTBREAD COOKIES WITH PUMPKIN SEEDS FLOUR

L. Deinychenko, V. Zakharov, T. Roman, M. Zorin

The purpose of this work is to develop the technology of shortbread cookies using pumpkin seed flour, and determine the nutritional and biological value of the product. The article describes the problem of protein deficiency in human nutrition and analyzes recent studies on the use of alternative raw materials, which can be

© Дейниченко Л.Г., Захаров В.В., Роман Т.О., Зорін М.І., 2020