

**КРИОМЕХАНІЧНА МОДИФІКАЦІЯ ДОБАВОК  
ІЗ ШАМПІНЬЙОНІВ У ВИГЛЯДІ ДРІБНОДИСПЕРСНОГО  
ЗАМОРОЖЕНОГО ПЮРЕ  
З УНІКАЛЬНИМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

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

*Розроблено і науково обґрунтовано нанотехнології дрібнодисперсних добавок із шампінйонів з унікальними характеристиками із застосуванням процесів криомеханодеструкції та механоактивації. У ході комплексних досліджень доведено, що отримане заморожене дрібнодисперсне пюре має принципово нові властивості, відрізняється більшим (в 1,5...2,5 рази), ніж у свіжих грибах, вмістом низькомолекулярних БАВ у вільному стані. Нова технологія дозволяє вилучити приховані в рослинній сировині форми БАВ і біополімерів (білків) та більш повно використати її біологічний потенціал.*

**Ключові слова:** гриби шампінйони, криодеструкція, наноструктуроване пюре, вільні амінокислоти, легкозасвоювана форма, механоактивація.

**КРИОМЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДОБАВОК  
ИЗ ШАМПИНЬОНОВ В ВИДЕ МЕЛКОДИСПЕРСНОГО  
ЗАМОРОЖЕННОГО ПЮРЕ  
С УНИКАЛЬНЫМИ ХАРАКТЕРИСТИКАМИ**

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, В.А. Павлюк,  
Т.С. Мацпура, Т.В. Котюк**

*Разработана и научно обоснована нанотехнология мелкодисперсных добавок из шампиньонов с уникальными характеристиками с использованием процессов криомеханодеструкции и механоактивации. В ходе комплексных исследований показано, что полученное замороженное мелкодисперсное пюре имеет принципиально новые свойства, отличается большим (в 1,5...2,5 раза), чем в свежих грибах, содержанием низькомолекулярных БАВ в свободном состоянии. Новая технология позволяет извлечь скрытые в растительном сырье формы БАВ и биополимеров (белков) и более полно использовать его биологический потенциал.*

**Ключевые слова:** шампиньоны, криодеструкция, наноструктурированное пюре, свободные аминокислоты, легкоусвояемая форма, механоактивация.

## **CRYOGENIC MECHANICAL MODIFICATION OF ADDITIVES BASED ON CHAMPIGNONS IN FORM OF FINE-DISPERSED FROZEN PUREE WITH UNIQUE CHARACTERISTICS**

**R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Pavlyuk, T. Matsipura, T. Kotyuk**

*Nanotechnology of fine-dispersed additives based on champignons with unique characteristics using mechanical destruction and mechanical activation processes is scientifically justified and created. Comprehensive researches show that the received frozen fine-dispersed puree has substantially new properties. It is found that destruction of protein-chitin-mineral complexes and mechanical destruction (mechanolysis) of proteins take place during the fine-dispersed low-temperature grinding of champignons it is revealed that the use of mechanical activation during cryogenic mechanical grinding of mushrooms into a fine-dispersed puree leads to cryogenic destruction and mechanolysis of champignon's proteins to its monomers – free amino acids on 70...75%. It means that protein is transformed (modified) into nanostructured form, 2/3 of which are free amino acids and much more soluble and absorbed by the human body.*

**Keywords:** champignons, cryodestruction, nanostructured puree, free amino acids, easily digestible form, mechanical activation.

**Постановка проблеми у загальному вигляді.** У наш час спостерігається погіршення екологічної ситуації в Україні і у світі, а також конкуренція на ринку продуктів харчування, що приводить не тільки до необхідності вдосконалення існуючих технологій отримання традиційних продуктів харчування, а й до створення нового покоління харчових продуктів. До них належать продукти зі збалансованим хімічним складом, низькою калорійністю, а також продукти функціонального призначення із застосуванням для збагачення добавок із нетрадиційної рослинної сировини у формі порошків, пюре, паст, концентратів, екстрактів з високим вмістом біологічно активних речовин. За роки незалежності в Україні відбулося істотне погіршення структури раціонів харчування населення. Зменшилося споживання основних харчових речовин, у тому числі білків (з 110 г/добу в 1990 р. до 55 г/добу у 2010 р.) [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Одним із перспективних методів переробки харчової сировини є застосування прогресивних методів подрібнення, що приводять до процесів механодеструкції, у тому числі криодеструкції й механоактивації, які особливо проявляються при збільшенні ступеня дисперсності

подрібнених матеріалів, у результаті чого продукт набуває нових властивостей і знаходиться в нанорозмірній легкозасвоюваній формі. Сьогодні дрібнодисперсне (або тонкодисперсне) подрібнення (а це всього кілька мікрометрів) знайшло широке застосування в хімічній, текстильній, металургійній, авіаційній, будівельній та інших галузях промисловості. У харчовій промисловості ці процеси практично не досліджено, за винятком науково-дослідних праць наукових шкіл проф. Р.Ю. Павлюк і проф. В.В. Погарської щодо переробки різної рослинної та молочної сировини. В цей час у міжнародній практиці харчової промисловості нагальною є проблема розробки високих технологій, у тому числі нанотехнологій, вирішення якої дозволить зробити процес обробки харчових продуктів більш ефективним (з високим збереженням біологічно активних і поживних речовин), збільшити вилучення цільових компонентів, запровадити ресурсозберігальні процеси, безвідходні технології та отримати продукт із новими властивостями. Це повною мірою стосується і технології переробки грибів [2].

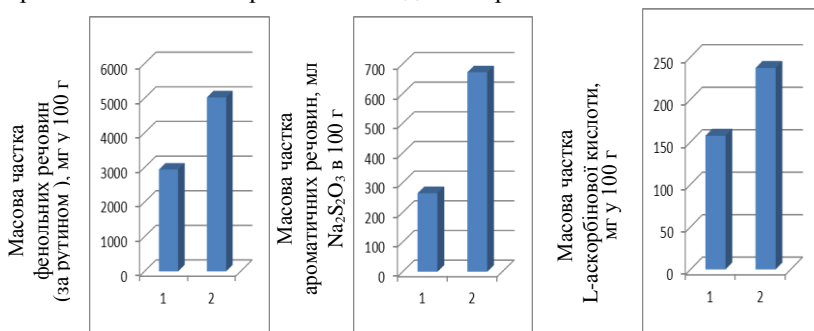
Важливим джерелом повноцінного білка, який не поступається за поживністю тваринному, є гриби шампінйони. Однак відомо, що під час переробки та споживання грибів виникають труднощі, пов'язані з тим, що білок перебуває у зв'язаній формі з хітином і мінеральними солями, які перешкоджають засвоєнню білка організмом людини. У зв'язку з цим актуальним є пошук таких технологічних прийомів переробки грибів, які дозволять зруйнувати білок і перетворити його на легкозасвоювану форму, тим самим поліпшити якість, засвоюваність і асортимент білкових продуктів.

**Мета статті.** Метою є розробка криогенної технології отримання наноструктурованого пюре з шампінйонів із використанням процесів криомеханодеструкції та механоактивації, вивчення ІЧ-спектрів низькотемпературних подрібнених шампінйонів для визначення руйнування складних важкорозчинних білокхітиномінеральних комплексів шампінйонів *Agaricus bisporus*, дослідження трансформації зв'язаних амінокислот у вільну та розчинну форму.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** У ХДУХТ на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока розроблена технологія замороженого дрібнодисперсного наноструктурованого пюре з шампінйонів, яка відрізняється від традиційних використанням криодеструкції й механоактивації до розміру частинок продукту порядку декількох мікрометрів, механодеструкцією наноконкомплексів БАР-біополімерів, їх трансформацією в низькомолекулярні речовини в мономери – амінокислоти, які

знаходяться у вільному стані, з розміром молекул близько нанометра. Отримане заморожене наноструктуроване поре має принципово нові властивості, відрізняється більшим у 1,5...2,5 рази, ніж у свіжих грибах, вмістом низькомолекулярних БАР у вільному стані, а також більш повним вивільненням білків із складних наноконструкцій «білки–полісахариди–хітин–мінеральні речовини», тобто із зв’язаного стану з іншими біополімерами в рослинній клітині у вільний стан, чим і пояснюється погане засвоєння організмом людини складових білків шампінйонів.

Дослідження проводились на базі науково-дослідної лабораторії «Інноваційних кріо- і нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ. Заморожування грибів шампінйонів проводили на кріогенно-програмному заморожувачі «КПЗ», який розроблено і виготовлено разом із фахівцями Харківського національного аерокосмічного університету «ХАІ» та кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ. Подрібнення замороженої сировини здійснювали на низькотемпературному подрібнювачі при температурі  $-10^{\circ}\text{C}$ . У праці визначено оптимальні режими заморожування і низькотемпературної обробки, що дозволяють інактивувати окисні ферменти і збільшити вміст БАР у поре порівняно з вихідною сировиною. Характеристику БАР у замороженому дрібнодисперсному поре з шампінйонів порівняно зі свіжою сировиною наведено на рис. 1.



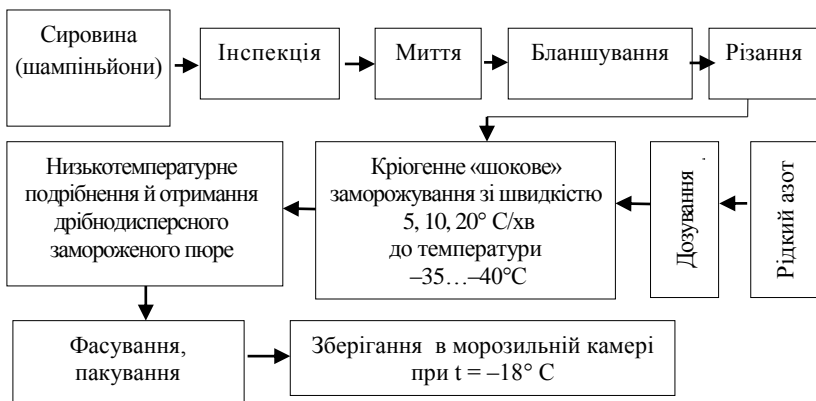
**Рис. 1. Вплив кріодеструкції та механоактивації на масову частку L-аскорбінової кислоти, ароматичних та фенольних речовин під час отримання наноструктурованих поре із шампінйонів, де 1 – свіжа сировина; 2 – наноструктуроване поре**

Показано, що в умовах «шокового» заморожування і низькотемпературного подрібнення сировини, яке супроводжується

процесами криодеструкції та механоактивації, відбувається більш повне вилучення БАР із зв'язаного з біополімерами стану у вільний. Збільшення становить залежно від виду БАР від 1,5 до 2,5 разів відносно вихідної свіжої сировини. Крім того, отримане за інноваційною технологією наноструктуроване поре має принципово нові споживні властивості й високий вміст БАР.

Механізм збільшення вилучення низькомолекулярних БАР із клітин і переходу їх зі зв'язаного з біополімерами стану у вільний пов'язаний із тим, що під час швидкого заморожування й низькотемпературного подрібнення всередині клітин утворюються дрібні кристали льоду, які руйнують міжмолекулярні водневі зв'язки між низькомолекулярними БАР і біополімерами, отже, кількість БАР у вільному стані збільшується [2].

На основі отриманих даних розроблено технологію нового замороженого дрібнодисперсного поре з шампінйонів, яке за якістю та вмістом БАР значно перевищує вихідну сировину (рис. 2). Нове наноструктуроване поре може бути використане як вигляді наповнювач при виготовленні різних продуктів харчування (паштетів, сирних виробів, начинок для кондитерських виробів, холодних закусок та ін.).



**Рис. 2. Технологічна схема виробництва наноструктурованого замороженого поре з грибів шампінйонів з використанням кріогенного заморожування і низькотемпературного подрібнення**

Отримано заморожене дрібнодисперсне поре з шампінйонів з високим вмістом БАР. При цьому встановлено, що в ході дрібнодисперсного низькотемпературного подрібнення шампінйонів відбувається деструкція білокхітинмінеральних комплексів, механічне

руйнування (механоліз) білків, частина білка трансформується в легкорозчинну форму – у вільні амінокислоти, які легко засвоюються організмом людини (табл. 1).

Таблиця 1

**Вплив кріогенного подрібнення на деструкцію білокхітинового комплексу шампінйонів і механоліз білка до вільних амінокислот під час отримання наноструктурованого дрібнодисперсного пюре**

Амінокислота	Амінокислоти білків (у зв'язаному стані)				Амінокислоти білків (у вільному стані)			Трансформація амінокислот білків (у зв'язаному стані) у вільну форму, % до вихідної сировини
	у грибах, гу 100 г	наноструктуроване дрібнодисперсне пюре із грибів, гу 100 г	додашкове вивільнення з білокхітинового комплексу зв'язаних амінокислот білків після кріогенного подрібнення, % до вихідного	збільшення вільних амінокислот до вихідних, раз	у грибах, гу 100 г	наноструктуроване дрібнодисперсне пюре із грибів, г в 100 г	збільшення (до вихідного) амінокислот у вільному стані після кріогенного подрібнення, раз	
Аспарагінова к-та	1,14	1,61	140	1,4	0,22	0,76	3,5	47,2
Треонін	0,48	0,54	112	1,1	0,06	0,36	6,0	66,7
Серин	0,52	0,73	140	1,4	0,05	0,45	9,0	61,6
Глутамінова к-та	1,34	1,86	138	1,4	0,56	1,86	3,3	100
Пролін	0,42	0,58	138	1,4	0,33	0,68	2,1	117,2
Гліцин	0,57	0,74	130	1,3	0,04	0,25	6,3	33,8
Аланін	0,52	0,70	135	1,4	0,05	0,55	11,0	78,6
Цистеїн	0,06	0,08	133	1,3	0,06	0,09	1,5	112,5
Валін	0,54	0,68	125	1,3	0,05	0,51	10,2	75
Метіонін	0,32	0,96	300	3,0	0,07	0,66	9,4	68,8
Ізолейцин	0,47	0,80	170	1,7	0,06	0,86	14,3	107,5
Лейцин	0,72	1,33	185	1,9	0,27	0,87	3,2	65,4
Тирозин	0,48	0,62	129	1,3	0,09	0,24	2,7	38,7
Фенілаланін	0,42	0,71	169	1,7	0,04	0,38	9,5	53,5
Гістидин	0,33	1,04	315	3,2	0,43	0,74	1,7	71,2
Лізін	1,24	1,52	122	1,2	0,56	0,83	1,5	54,6
Аргінін	0,32	0,91	284	2,8	0,08	0,53	6,6	58,2
Триптофан	0,25	0,55	220	2,2	0,14	0,54	3,9	98,2
Сума	10,14	15,96	-	-	3,16	11,16	-	72,7
Середнє значення	-	-	171,4	1,7	-	-	5,9	-

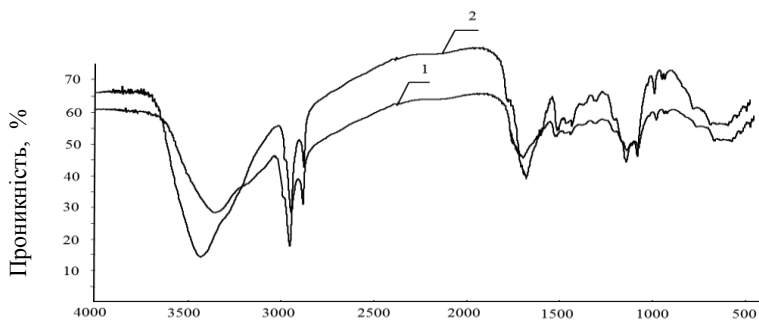
Уперше виявлено, що використання механоактивації при кріогенному механічному подрібненні шампінйонів у дрібнодисперсне поре приводить до кріодеструкції й механолізу білків грибів до їх мономерів – вільних амінокислот на 70...75%, тобто білок трансформується (модифікується) у наноструктуровану форму, яка на 2/3 складається з вільних амінокислот і значно краще розчиняється й засвоюється організмом людини.

Відомо, що розмір молекули мономера протеїнів амінокислот становить близько одного нанометра. Таким чином, кріомеханоактивація за рахунок кріомеханодеструкції приводить до значних змін структури білкової глобули і білокхітинових комплексів, втрати їх нативної конформації та їх формування в окремі вільні амінокислоти, збільшує розчинність у воді й забезпечує високу засвоюваність живими організмами [3]. Показано також, що в ході кріогенного подрібнення руйнуються протеїн-хітинові комплекси, з яких додатково вивільняється 65,0...73,0% зв'язаних амінокислот. Так, наприклад, у вихідних грибах масова частка зв'язаних амінокислот становить 10,14%, а після кріогенного подрібнення – 15,96% (табл. 1). Також виявлено, що кількості окремих амінокислот збільшувалась в 1,3...3,2 разу відносно вихідних грибів. Механізм цього процесу пов'язаний, на наш погляд, із тим, що білкові речовини в сировині (шампінйонах) перебувають в важкорозчинних і важкозасвоюваних організмом людини комплексах із хітином і полісахаридами, а також солями (найчастіше солями кремнію, кальцію, магнію та ін.). Кріогенне подрібнення руйнує ці комплекси, вивільняє білок із них і сприяє їх активації та механолізу білка до окремих амінокислот. Уперше встановлено, що під час кріогенного подрібнення відбувається дезагрегація і деструкція важкорозчинних білокхітинмінеральних комплексів, механічне руйнування білків до вільних амінокислот [3]. Вміст вільних амінокислот збільшується в 1,5...10 разів по відносно вихідної сировини, тобто частина зв'язаних амінокислот трансформується у вільні амінокислоти, які легко засвоюються організмом людини. Крім того, механізм цього процесу пов'язаний із тим, що під час кріогенного механічного подрібнення виникають критичні енергетичні напруги, які приводять до механокрекінгу, деструкції й механолізу білокхітинового комплексу, що приводить до руйнування останніх і більш повного вилучення білка з комплексів із хітином, його механолізу за місцем пептидних, водневих зв'язків у комплексах та ін. Відбувається руйнування макромолекул білків і зменшення їх молекулярної маси.

Отримані вище дані за допомогою хімічних методів були підтверджені за допомогою спектроскопічного аналізу.

Спектральний аналіз показав, що в процесі механоактивації (МА) і механодеструкції (МД) при дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні шампінйонів спостерігаються значні зміни валентних коливань ОН-груп, які перебувають у вільному стані й беруть участь у створенні внутрішніх і міжмолекулярних водневих зв'язків. Показано, що під час низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення спостерігаються значні розбіжності цих груп в області частот при  $\nu=3500\dots2600\text{ см}^{-1}$ , характерних для валентних коливань ОН-груп. У кріоподрібнених грибах спостерігається їх зменшення, що свідчить про руйнування внутрішньомолекулярних і міжмолекулярних водневих зв'язків, як у комплексах біополімерів – БАР, так і в самих біополімерах (наприклад, у білках, целюлозі), що веде до зменшення їх кількості, та підтверджує, що при дрібнодисперсному низькотемпературному подрібненні частина БАР із зв'язаного стану переходить у вільний та відбувається руйнування білка до окремих амінокислот, які переходять у вільну форму.

Збільшення  $\text{CH}_3$ -груп (при  $\nu=1355\dots1470\text{ см}^{-1}$ ) у зразках свідчить про збільшення масової частки ароматичних речовин. Збільшення кількості ненасичених подвійних зразків ( $\nu=1370,43$  і  $1432,79\text{ см}^{-1}$ ) доводить збільшення масової частки ненасичених речовин, зокрема ароматичних після механічної дії. Крім того, відзначено збільшення максимальної інтенсивності в області ( $\nu=1600\dots3500\text{ см}^{-1}$ ), що характерно для білків і свідчить про збільшення  $\alpha$ -амінокислот, які знаходяться у вільному стані.



**Рис. 3. Порівняльна характеристика ІЧ-спектрів шампінйонів (вихідні гриби) (1) та дрібнодисперсного наноструктурованого поре (2) із них**



Отримані методом ІЧ-спектроскопії дані свідчать про збільшення масової частки вільних амінокислот, ароматичних і ненасичених речовин після механічного впливу, що підтвердило результати хімічних методів дослідження.

Показано, що пюре з шампінйонів після механічного подрібнення, яке супроводжується процесами механоактивації, має якісно новий хімічний склад і високу розчинність, набуває нових властивостей, білки значно краще засвоюються організмом людини (табл. 2).

Таблиця 2

**Порівняльна характеристика вмісту БАР у свіжих грибах шампінйонах та в наноструктурованому пюре із них**

Продукт	Масова частка					
	фенольних речовин (за рутином)		ароматичних речовин (за числом аромату)		L-аскорбінової к-ти	
	мг у 100 г	% до вихідної сировини	мл Na <sub>2</sub> S <sub>2</sub> O <sub>3</sub> в 100 г	% до вихідної сировини	мг у 100 г	% до вихідної сировини
Шампінйони свіжі	653,6	100	58,8	100	34,9	100
Наноструктуроване пюре з шампінйонів	1117,0	170,9	149,4	254	52,7	151

**Висновки.** Таким чином, результатом нашого дослідження є розроблена інноваційна кріогенна технологія отримання наноструктурованого пюре з шампінйонів, яке за хімічним складом, а саме за вмістом низькомолекулярних БАР, перевищує вихідну сировину (свіжі шампінйони) в 1,5...2,5 рази. Наноструктуроване пюре з шампінйонів має розмір частинок у десятки разів менше, ніж розмір частинок традиційного пюре. Крім того, воно має принципово нові споживні властивості порівнянно зі свіжою сировиною. Установлено, що під час кріогенного подрібнення грибів відбувається руйнування білокхітинових комплексів, вивільнення білка з комплексів (на 70...75% вище, ніж у вихідній сировині). Кінцевим результатом роботи є розроблена і затверджена нормативна документація на виріб «Пюре з овочів і грибів заморожені дрібнодисперсні» (ТУ У 10.3-01566330-283:2013), а також проведена апробація в промислових умовах на підприємствах м. Харкова (НПФ «КРІАС ПЛЮС», НПФ «ФІПАР»).

## Список джерел інформації / References

1. Товароведение и инновационные технологии переработки лекарственно-технического растительного сырья : учебное пособие / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарская, В. В. Яницкий, В. А. Павлюк, Л. М. Соколова, Н. В. Коробец, Н. Ф. Максимова. – Харьков : ХГУПТ, 2013. – 429 с.

Pavlyuk, R.Yu., Pogarskaya, V.V., Yunizkii, V.V., Pavluk, V.A., Sokolova, L.M., Corobets, N.V., Maccimova, N.F. (2013), Merchandizing and innovative technologies of processing of medicinal vegetable raw materials [*Tovarovedenie i innovatsionnie texnologii pererabotki lekarstvenno-texniheskogo rastitel'nogo siria*], KSUFTT, Kharkov, 429 p.

2. Павлюк Р. Ю. Разработка технологии консервированных витаминных фитодобавок и их использование в продуктах питания профилактического действия : дис. ... д-ра техн. наук : 05.18.13 / Павлюк Р. Ю. – Одесса, 1996. – 446 с.

Pavlyuk, R.Yu. (2013), Development of technology of tinned vitamin phytoadditives and their use in food of preventive action : dissertation [*Razrabotka texnologii konservirovannix vitaminnix fitodobavok i ix ispolzovanie v produktax profilakticheskogo deistvia: dis. ... drs. tehn. nauk*], ONAPT, Odessa, 446 p.

3. Погарська В. В. Наукове обґрунтування технології каротиноїдних і хлорофілмісних дрібнодисперсних рослинних добавок : дис. ... д-ра техн. наук / Погарська В. В. – Одеса, 2012. – 472 с.

Pogarskaya, V. (2012), The scientific substantiation of technology carotenoid and chlorophyll-containing fine-dispersed herbal supplements : dissertation [*Nauchnoe obosnovanie texnologij karotinoidnyh i hlorofillsoderzhashhih melkodispersnyh rastitel'nyh dobavok: dis. ... drs. tehn. nauk*], ONAFT, Odessa, 472 p.

**Павлюк Раїса Юрїївна**, 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. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktprom@mail.ru.

**Павлюк Раїса Юрїївна**, 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, Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktprom@mail.ru.

**Pavljuk Raisa**, doctor of technical sciences, professor, laureate of the State Prize of Ukraine, Honored Worker of Science and Technology of Ukraine, Department of Recycling Technologies of Fruits, Vegetables and Milk, Kharkov State University of Food Technology and Trader. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494-5-92; e-mail: ktprom@mail.ru.

**Погарська Вікторія Вадимівна**, 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. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktprom@mail.ru.

**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, Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Pogarskaya Viktoriya**, doctor of technical sciences, professor, laureate of the State Prize of Ukraine, Department of Recycling Technologies of Fruits, Vegetables and Milk, Kharkov State University of Food Technology and Trader. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Павлюк Вадим Антонович**, д-р физ.-мат. наук, проф., кафедра технології та організації ресторанного бізнесу, Харківський інститут Київського національного університету. Адреса: пр. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61045. Тел.: (057)340-10-71; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Павлюк Вадим Антонович**, д-р физ.-мат. наук, проф., кафедра технологии и организации ресторанного бизнеса, Харьковский торгово-экономический институт Киевского национального торгово-экономического университета. Адрес: пер. Отакара Яроша, 8, г. Харків, Україна, 61045. Тел.: (057)340-10-71; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Pavluk Vadim**, doctor ph.-m. sciences, professor, department of technology and the organization of the restaurant business, Kharkiv Trade and Economic Institute Kyiv National Trade and Economic University. Address: Otakara Yurosha, str. 8, Kharkiv, Ukraine, 61045. Tel.: (057)340-10-71; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Маціпура Тетяна Сергіївна**, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Маціпура Татьяна Сергеевна**, кафедра технологий переработки плодов, овощей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Matsipura Tetyana**, department of recycling technologies of fruits, vegetables and milk, Kharkov State University of Food Technology and Trader. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Котюк Тетяна Валеріївна**, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Котюк Татьяна Валериевна**, кафедра технологий переработки плодов, овощей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktrpom@mail.ru.

**Kotyuk Tetyana**, department of recycling technologies of fruits, vegetables and milk, Kharkov State University of Food Technology and Trader.

Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)3494-5-92;  
e-mail: ktppom@mail.ru.

*Рекомендовано до публікації д-ром техн. наук В.М. Михайловим.  
Отримано 1.08.2014. ХДУХТ, Харків.*

УДК 621.59:613.229:547.455.65

## **ВИВЧЕННЯ ВПЛИВУ НИЗЬКОТЕМПЕРАТУРНОЇ ОБРОБКИ ТА КРІОДЕСТРУКЦІЇ НА ЗБЕРЕЖЕННЯ БАР І ТРАНСФОРМАЦІЮ ІНУЛІНУ ПІД ЧАС РОЗРОБКИ ОЗДОРОВЧИХ ДОБАВОК ІЗ ТОПІНАМБУРА**

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, О.С. Бессараб, К.С. Балабай,  
А.О. Борисова, С.М. Лосєва**

*Запропоновано та розроблено нанотехнології дрібнодисперсних добавок із топінамбура у формі замороженого пюре та порошку сублимаційного сушіння з використанням низькотемпературної обробки, зокрема кріогенного «шокового» заморожування та низькотемпературного механічного подрібнення. Унікальна нова технологія дозволяє отримати добавки та продукти, які містять рекордну кількість фруктози у вільному стані: 50...55% інуліну трансформується у фруктозу у вільному стані, яка легко засвоюється організмом людини та приводить до зниження глікемічного індексу й укріплення імунної системи.*

**Ключові слова:** *кріогенне «шокове» заморожування, кріомеханодеструкція, топінамбур, інулін, фруктоза, дрібнодисперсне пюре, засвоюваність.*

## **ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ НИЗКОТЕМПЕРАТУРНОЙ ОБРАБОТКИ И КРИОДЕСТРУКЦИИ НА СОХРАННОСТЬ БАВ И ТРАНСФОРМАЦИЮ ИНУЛИНА ПРИ РАЗРАБОТКЕ ОЗДОРОВИТЕЛЬНЫХ ДОБАВОК ИЗ ТОПИНАМБУРА**

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, А.С. Бессараб, Е.С. Балабай,  
А.А. Борисова, С.М. Лосева**

*Предложены и разработаны нанотехнологии мелкодисперсных добавок из топинамбура в форме замороженного пюре и порошка сублимационной сушки с использованием низкотемпературной обработки,*

---

© Павлюк Р.Ю., Погарська В.В., Бессараб О.С., Балабай К.С., Борисова А.О., Лосєва С.М., 2014