

ВИЗНАЧЕННЯ КОМПЛЕКСУ БАР ХЛОРОФІЛОВМІСНИХ ОВОЧІВ ТА РОЗРОБКА НАНОТЕХНОЛОГІЙ ПРОДУКТІВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ХАРЧУВАННЯ

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарська, В.М. Михайлов, О.С. Погарський,
О.Є. Тельонков, С.М. Лосева**

Визначено комплекс БАР хлорофіловмісних овочів та розроблено оздоровчі нанопродукти з високим вмістом хлорофілу. Як інновацію використано комплексний вплив на сировину процесів паротермічної обробки та механолізу із застосуванням нового покоління обладнання для теплової обробки та дрібнодисперсного подрібнення. Установлено існування прихованих форм хлорофілів. Доведено, що застосування зазначених інновацій дозволяє додатково вилучити приховані форми хлорофілів (у 2–2,3 рази більше).

Ключові слова: хлорофіловмісні овочі, комплекс БАР, оздоровчі нанопродукти, паротермічна обробка, механоліз, приховані форми хлорофілів.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСА БАР ХЛОРОФИЛЛОСОДЕРЖАЩИХ ОВОЩЕЙ И РАЗРАБОТКА НАНОТЕХНОЛОГИЙ ПРОДУКТОВ ДЛЯ ЗДОРОВОГО ПИТАНИЯ

**Р.Ю. Павлюк, В.В. Погарская, В.М. Михайлов,
А.С. Погарский, А.Е. Теленков, С.М. Лосева**

Определен комплекс БАВ хлорофиллсодержащих овощей и разработаны оздоровительные нанопродукты с высоким содержанием хлорофилла. Как инновацию использовано комплексное воздействие на сырье процессов паротермической обработки и механолиза с применением нового поколения оборудования для тепловой обработки и мелкодисперсного измельчения. Выявлено существование скрытых форм хлорофиллов. Доказано, что применение указанных инноваций позволяет дополнительно извлечь скрытые формы хлорофиллов (в 2–2,3 раза больше).

Ключевые слова: хлорофиллсодержащие овощи, комплекс БАВ, оздоровительные нанопродукты, паротермическая обработка, механолиз, скрытые формы хлорофиллов.

DETERMINATION OF THE BAR COMPLEX OF CHLOROPHYLL CONTAINING VEGETABLES AND DEVELOPMENT OF NANOTECHNOLOGIES OF FOOD FOR HEALTHY FOOD

R. Pavlyuk, V. Pogarskaya, V. Mikhaylov,
A. Pogarskyi, A. Telenkov, S. Loseva

The complex of BAR was determined in chlorophyll-containing vegetables (cabbage broccoli, spinach, Brussels sprouts, green bean beans). The presence of 100 grams of fresh airway complexes of the BAR (chlorophyll, phenolic compounds, L-ascorbic acid, β -carotene) in a quantity that is capable of meeting the daily requirement of human organism is established.

It was established that in comparison with cooking in the traditional equipment during steam-thermal treatment of IVV in a steam-convection machine, the inactivation of oxidative enzymes occurs more intensively. It is shown that after 10 minutes of thermo-thermal treatment of XVI there is a complete inactivation of enzymes.

Wellness nano-products with high chlorophyll content are developed. As an innovation, a complex action on the raw materials of the processes of steam-thermal treatment and mechanolysis with the use of a new generation of equipment for heat treatment and fine-grained grinding is used. The regimens of steam-thermal treatment of XVI are established, during which there is not only preservation of chlorophylls a, b, β -carotene, as well as thermal destruction and extraction of hidden forms. In comparison with fresh airway transport, the mass fraction of chlorophyll increases in 1,33-1,4 times, β -carotene – in 2 times. The mechanism of the process involves the inactivation of oxidative enzymes and the thermodestruction of hydrogen and other connections between hidden forms of chlorophylls in nanocomplexes with proteins and polysaccharides.

It has been established that significantly greater effect of sequestering of latent forms of BAR occurs when finely divided chopping of thermally treated chlorophyll-containing vegetables. Increase in the production of finely divided mashed potatoes for chlorophyll and β -carotene is 2,0-2,1 times and 2,0-3,3 times respectively. With the help of the innovations used, it was possible to establish the existence of hidden forms of chlorophylls, carotenoids and to transfer the product into easily digestible nanomorphs.

It has been shown that the quality of fine-dispersed mashed potatoes obtained with the use of these innovations exceeds the quality of the raw material. On the basis of fine-grained mashed potatoes, a wide range of health food products was developed. The products are in an easily irradiated nanosized form. Developed: soup-puree, nano-napos, nanosorbets, dressings-sauces. The quality has been studied, a comparison with analogues has been made. It has been established that new types of products from chlorophyll-containing vegetables on the content of the BAR complex (chlorophyll, ascorbic acid, β -carotene, phenolic compounds, etc.) exceed existing ones. In one portion of the product contains from 1/3 to the daily requirement of a person in BAR. The contents of the BAR obtained nanoproducts can be attributed to the products of health and recommend the immunization of the population.

Keywords: chlorophyll-containing vegetables, BAR complex, health nano-products, steam-thermal treatment, mechanolysis, hidden forms of chlorophylls.

Постановка проблеми у загальному вигляді. Актуальність роботи обумовлена необхідністю вирішення глобальної проблеми зниження імунітету населення в багатьох країнах світу [1]. Ця проблема спричинена дефіцитом (близько 50%) у раціонах харчування біологічно активних речовин (БАР), голодом (кожний восьмий житель Земної кулі голодує) та ускладнюється загальним погіршенням екологічної ситуації у світі [2]. Підвищити імунітет можна шляхом уживання продуктів із високим вмістом БАР (вітамінів, β -каротину, білка, мінеральних речовин, хлорофілів, біофлавоноїдів та ін.) [3]. Основним джерелом зазначених БАР є фрукти, ягоди, овочі, лікарська та пряно-ароматична рослинна сировина, продукти бджільництва. З оглядом на це в провідних країнах світу для зміцнення імунної системи застосовують оздоровчі продукти, особливо із фруктів, ягід та овочів [4]. Розробкою технологій таких продуктів займаються вчені в провідних країнах світу, зокрема в Японії, США, Німеччині, Нідерландах та ін. [1]. Це один із пріоритетних і актуальних наукових напрямів у харчовій галузі, який інтенсивно розвивається.

Серед біологічно активних речовин, що сприяють зміцненню імунітету, особливе місце займають хлорофіли. За останніми даними японських учених, «Основа здоров'я людини – рослинна їжа, а хлорофіл – це основа рослинної їжі і всього рослинного світу. Хлорофіл – продукт сонячної енергії, який, потрапляючи в організм людини, дає імпульс руху та молодості». Вміст хлорофілу в рослинах становить 0,008–0,8% [5].

За даними вчених провідних медичних установ США, Нідерландів, Індії, Японії, Швеції, хлорофіл в організмі людини виконує багато різних захисних та регуляторних функцій. До таких функцій належать передусім очищення (детоксикація і видалення з організму людини шкідливих і токсичних речовин); регуляція кислотно-лужного рН-балансу і рівня гормонів в організмі; крім того, підвищення імунітету, антибактеріальна, геропротекторна дія та зміцнення судин серця і мозку [6].

В організмі людини хлорофіл блокує вплив канцерогенів, захищає ДНК від пошкоджень, спричинених дією токсинів, вільних окиснювальних радикалів. Хлорофіл є натуральним засобом профілактики онкологічних захворювань [7].

Захисні властивості хлорофілу пояснюються його будовою. За хімічною структурою хлорофіл наближається до гему гемоглобіну крові людини і являє собою порфіринові кільця. Відмінність структури молекул полягає в тому, що в центральній частині гему знаходиться атом заліза, а хлорофілу – магній [8]. Захисна дія хлорофілів пояснюється тим, що вони належать до ненасичених реакційно активних конюгованих сполук. Разом із L-аскорбіновою кислотою,

β -каротином, фенольними сполуками хлорофіли блокують негативні процеси, що відбуваються в організмі, під дією канцерогенів, вільних окиснювальних радикалів, процесів старіння та інших факторів.

Джерелами хлорофілу в харчуванні населення є свіжі хлорофіломісні овочі (ХВО), зокрема капуста броколі, шпинат, салат, зелень укропу, петрушки тощо, та виготовлені з їх застосуванням продукти [5]. Відомо, що внаслідок переробки ХВО відбуваються значні втрати хлорофілу та інших БАР. Тому актуальним є пошук технологічних прийомів, що дозволять зберегти БАР хлорофіломісних овочів, та розробка оздоровчих нанопродуктів із високим вмістом хлорофілу.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Незважаючи на унікальні цілющі властивості хлорофілу, хлорофіломісні овочі не знайшли широкого застосування в харчуванні населення. Це пов'язано з відсутністю реклами в засобах масової інформації про цілющі властивості хлорофілу хлорофіломісних овочів, про рекомендовані добові норми споживання. Серед продуктів із ХВО популярністю в населення користуються зелені супи-пюре, зелені напої (коктейлі, смузі), салати зі свіжих овочів та ін. Традиційно салат, зелень петрушки та кропу, шпинат уживають переважно у свіжому вигляді, а різні види хлорофіломісної капусти, квасолі, зелений горошок – у переробленому. За даними літератури [9], вміст хлорофілу a в ХВО становить 380–420 мг в 100 г та хлорофілу b – 420–580 мг в 100 г.

Слід зазначити, що хлорофіли є нестійкими сполуками, які під час переробки швидко руйнуються, знебарвлюються або набувають бурого кольору та втрачають свої корисні властивості [10]. Втрати хлорофілів під час переробки ХВО під дією теплової обробки, світла, кисню, рН-середовища становлять від 20% до 100%. Побуріння продукту під дією цих факторів відбувається внаслідок реакції заміщення в молекулах хлорофілу комплексно зв'язаного магнію на водень. При цьому утворюється речовина бурого кольору – феофітин [9]. Тому актуальною є проблема збереження та стабілізації хлорофілу, а також зеленого кольору продуктів, отриманих із ХВО.

У науковій літературі є несистематизовані дані щодо методів вилучення та стабілізації хлорофілів під час переробки деяких видів ХВО [8; 10]. Так, наприклад, вивчено вплив різних видів технологічної обробки на збереження хлорофілів під час переробки зелених овочів шпинату на барвники та збагачувальні добавки [8]. Досліджено вплив обробки ферментними препаратами, поверхнево активними речовинами, жировими компонентами та ін. Однак на сьогоднішній день способи обробки ХВО, що дають змогу зберегти та стабілізувати хлорофіли вихідної сировини під час переробки, не встановлені [10]. За даними

літератури [6; 8], втрати хлорофілу при теплової обробці ХВО становлять від 40% до 100%. Показано, що в замороженому шпинаті кількість хлорофілу зменшується на 35%, а після розморожування додатково втрачається ще 50% [9; 10]. Добова потреба людини в хлорофілі становить 100–300 мг [1], тому споживання зелених овочів у свіжому непереробленому вигляді є надійним способом отримання хлорофілу для харчування населення.

Традиційні технології переробки ХВО, як і інших видів плодоовочевої сировини, в готові продукти призводять до суттєвих втрат хлорофілу та інших БАР свіжої сировини. Це призводить до нерационального використання закладеного у свіжій сировині біологічного потенціалу. Втрати під час переробки становлять для різних видів сировини та різних БАР від 20% до 80% [5]. Тому актуальним є пошук технологічних прийомів та розробка високих технологій, що дозволять зберегти й використати якість свіжої сировини.

У дослідженні [11] проведено аналіз сучасних технологій виробництва харчових продуктів, у тому числі з ХВО, розроблених та впроваджених за останні 10 років. Технології засновані на застосуванні нових харчових процесів, що відбуваються під впливом високого тиску, імпульсного електричного поля, ультра- та мегазвуку, екстракції кавітацією за негативного тиску, гіпербаричного зберігання. Порівняно з традиційними, нові технології дають можливість значно інтенсифікувати процес та скоротити загальний час виготовлення продукту, крім того, суттєво зменшити енергозатрати й отримати продукти високої якості. При цьому під якість науковці зазвичай мають на увазі не харчову та біологічну цінність, а харчову безпеку продукту та привабливий зовнішній вид [11].

До прогресивних методів переробки рослинної сировини, що дозволяють зберегти якість свіжої сировини за вмістом БАР, належить заморожування [5]. Є різні результати досліджень для окремих видів ХВО. Дані періодичної літератури переважно констатують втрати БАР під час морозильного зберігання ХВО та інших видів рослинної сировини. Крім того, в цій літературі висвітлено вплив режимів заморожування на кліткову структуру та визначено втрати клітинного соку під час розморожування. Так, наприклад, для зеленої квасолі та цвітної капусти досліджено вплив морозильного зберігання протягом 9 місяців за температури $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$, $-26\text{ }^{\circ}\text{C}$, встановлено втрати вмісту аскорбінової кислоти, хлорофілу та виявлено причини формування темного кольору овочів. Максимальні втрати та зміни кольору зафіксовано в зразках, що зберігалися за температури $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$. Встановлено, що швидкість втрат аскорбінової кислоти в зразках, що зберігалися за температури $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$, у три рази більша, ніж у зразках, що зберігалися температури $-18\text{ }^{\circ}\text{C}$ [12]. Вивчено вплив кінцевої

температури та тривалості заморожування шпинату на клітинну структуру та втрати клітинного соку під час розморожування. Дослідження проведено при заморожуванні тривалістю 0,5; 3,0; 5,5; 10,5 годин до кінцевої температури продукту $-4,0 \dots -5,0$ °С. Доведено, що чим більша швидкість та мешна тривалість заморожування, тим менші порушення клітинної структури та втрати клітинного соку шпинату під час заморожування–розморожування [13].

Проблема збереження та стабілізації БАР ХВО (капусти броколі, брюссельської капусти, шпинату) вирішувалася розробкою кріогенного методу глибокої переробки та технологій заморожених продуктів. Метод базується на застосуванні кріогенного заморожування із використанням як холодоагенту й інертного середовища рідкого та газоподібного азоту [14]. Від традиційних технологій заморожування новий метод відрізняється використанням високої швидкості заморожування ($2,0 \dots 10,0$ °С/хв) та нижчих кінцевих температур у замороженому продукті ($-32,0 \dots -35,0$ °С), ніж прийнято в міжнародній практиці (-18 °С). Застосування кріогенного заморожування дозволило не тільки повністю зберегти хлорофіли *a* і *b* вихідної сировини, але й сприяло додатковому вилученню хлорофілів із зв'язаної з біополімерами (прихованої) форми у вільну форму. Установлено, що масова частка хлорофілу в ХВО заморожених кріогенним методом в 2,0–2,5 рази більше, ніж у вихідній сировині, що контролюється хімічними методами [14]. Загальноприйнято, що в рослинній сировині у зв'язаній із біополімерами (прихованій) формі перебуває близько 5–10% речовин. Отримані результати дозволили зробити висновок про те, що кількість корисних речовин, що перебувають у зв'язаній формі, значно більша. Таким чином, можна стверджувати, що в хлорофіловмісних овочах переважна кількість хлорофілу перебуває у зв'язаній із біополімерами (прихованій) формі. Доведено, що кріозаморожені ХВО перевершують свіжі овочі та відомі заморожені аналоги за вмістом хлорофілу та інших БАР у 2,0–2,5 рази. Установлено, що застосування кріогенного подрібнення заморожених ХВО приводить до додаткового збільшення порівняно з вихідною сировиною вмісту хлорофілу *a* і *b* та інших БАР (у 3,0–3,5 рази) [14], тобто вивільняються приховані зв'язані з біополімерами неактивні форми. Із застосуванням методів глибокої переробки, заснованих на заморожуванні та дрібнодисперсному подрібненні, розроблені нанотехнології оздоровчих продуктів у формі заморожених пюре із каротиновмісних овочів [15], грибів [16], топінамбура [17]. За вмістом БАР якість отриманих заморожених продуктів у декілька разів перевершує якість вихідної свіжої сировини та аналогів.

Найбільш розповсюдженим методом переробки харчової сировини є теплова обробка [18; 19]. Як було зазначено, традиційні

методи теплової обробки, у тому числі ХВО, призводять до значних втраг хлорофілу та інших БАР. Так, наприклад, для листя шпинату встановлено руйнівний вплив бланшування та різних видів сушіння (із глибоким інфрачервоним випромінюванням, вакуумного, сублімаційного) на вміст каротину, аскорбінової кислоти, хлорофілу [20].

Останнім часом на харчових підприємствах, зокрема в закладах ресторанного господарства, широко використовується нове покоління сучасного теплового обладнання – пароконвекційні печі [21; 22]. Зазначене обладнання дає можливість об'єднати в одному апараті три процеси: приготування на парі, смаження, варіння і за зовнішнім виглядом отримати продукти високої якості [23]. При цьому в науковій літературі під якістю зазвичай мають на увазі органолептичні та фізико-хімічні показники продукту, а не вміст БАР [24]. Для окремих видів харчової сировини нами встановлено, що застосування пароконвекційної обробки під час виготовлення кулінарних виробів дозволяє майже повністю зберегти якість вихідної сировини за вмістом каротиноїдів, аскорбінової кислоти, фенольних сполук [25]. Якість отриманих продуктів із каротиновмісних овочів [26], гороху [27] перевершує якість аналогів, виготовлених із використанням традиційного обладнання. Таким чином, доведено, що обробка в пароконвектоматі дає можливість більш повно зберегти та використати закладений у свіжій сировині біологічний потенціал.

Проте залишається питання щодо впливу різних видів теплової обробки на якість ХВО за вмістом хлорофілу та інших БАР під час переробки свіжих ХВО. Не визначено, які технологічні прийоми дозволяють максимально зберегти якість вихідної хлорофіломісної сировини. Такі дані необхідні для складання раціонів харчування із застосуванням свіжих хлорофіломісних овочів і продуктів із них із метою зміцнення здоров'я.

До завдань роботи входило вивчити комплекс БАР хлорофіломісних овочів як сировини для отримання оздоровчих нанопродуктів методом глибокої переробки. Метод заснований на комплексній дії процесів паротермічної обробки та механолізу під час дрібнодисперсного подрібнення. Застосування зазначеного методу під час отримання продуктів із каротиновмісної сировини та грибів дало можливість максимально зберегти біологічний потенціал свіжої сировини. Зроблено припущення, що цей метод глибокої переробки дозволить також зберегти якість ХВО за вмістом хлорофілу та інших БАР.

Метою статті є визначення комплексу БАР хлорофіломісних овочів та вивчення комплексного впливу процесів паротермічної обробки й механолізу на хлорофіли та інші БАР під час розробки

оздоровчих нанопродуктів із хлорофіловмісних овочів із застосуванням глибокої переробки. Як хлорофіловмісні овочі використовували капусту броколі, шпинат, капусту брюссельську, квасоллю зелену стручкову. Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- визначити вміст біологічно активних речовин (хлорофілів *a* і *b*, β -каротину, низько- та високомолекулярних фенольних сполук, аскорбінової кислоти та ін.) і пребіотичних речовин у хлорофіловмісних овочах;

- дослідити вплив паротермічної обробки на ферментативні та біохімічні процеси в хлорофіловмісній сировині в сучасних апаратах – пароконвектоматах порівняно з традиційним обладнанням;

- науково обґрунтувати параметри паротермічної обробки та механолізу під часотримання дрібнодисперсного пюре на екстракцію хлорофілів та інших БАР із прихованих зв'язаних в наноконплекси з біополімерами у вільну форму;

- розробити нанопродукти – дрібнодисперсні пюре із хлорофіловмісних овочів, зелені супи-пюре, нанонапої, наносорбети, соуси-дресинги; вивчити якість продукції за вмістом хлорофілів, інших БАР та пребіотиків, провести порівняння з аналогами. Розглянути доцільність їх застосування як продуктів оздоровчої дії.

Виклад основного матеріалу дослідження. Дослідження проводилися в Харківському державному університеті харчування та торгівлі (ХДУХТ, Україна) на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока, у науково-дослідній лабораторії «Інноваційних кріо- і нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» із застосуванням для паротермічної обробки пароконвекційної печі UNOX SPA серії XVC (Італія), яка має 70 програм, що відрізняються між собою режимами технологічної обробки: температурою, інтенсивністю та кількістю подачі пари, наявністю циркуляції або обдування повітрям. Для дрібнодисперсного подрібнення використовувався подрібнювач Robot Coupe (Франція).

Як об'єкти дослідження використовували хлорофіловмісні овочі: капусту броколі (лат. *Brassica oleracea*), брюссельську капусту (лат. *Brassica oleracea*, var *gemmi fera*), шпинат (лат. *Spinacia oleracea*), квасоллю стручкову спаржеву (лат. *Phaseolus*). Крім того, як об'єкти дослідження використовували отримані із хлорофіловмісних овочів оздоровчі нанопродукти зеленого кольору: дрібнодисперсні пюре, супи-пюре, напої, сорбети, соуси-дресинги.

Детальніше обладнання та об'єкти дослідження, а також методики, які використовувалися для проведення експериментів, описано в роботі [28].

Як критерії оцінки якості свіжих, термооброблених ХВО та оздоровчих нанопродуктів із них використовували вміст БАР (хлорофілів *a* і *b*, β -каротину, низькомолекулярних фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою та рутином), високомолекулярних фенольних сполук (за таніном), L-аскорбінової кислоти). Крім того, контролювали вміст білка, пектинових речовин (загальний вміст), розчинного пектину, целюлози, загального цукру, органічних кислот, мінеральних речовин (K, Ca, Mg, P, Na). Ферментативні процеси контролювали шляхом визначення ферментативної активності окиснювальних ферментів, зокрема пероксидази та поліфенолоксидаз.

Крім загальноприйнятих фізико-хімічних, біохімічних, спектроскопічних методів у ході дослідження використовували оригінальний метод визначення засвоюваності продуктів живими організмами – біотестування [5].

Експериментальні методи дослідження проводилися з п'ятиразовим повторенням. Отримані результати наведено в одиницях міжнародної системи СІ.

Як сировину для отримання оздоровчих нанопродуктів обрано хлорофіловмісні овочі, відомі своїми цілющими властивостями. Визначено комплекс БАР хлорофіловмісних овочів. За даними табл. 1, зазначений комплекс БАР свіжих ХВО переважно складає хлорофіл *a* і *b*, масова частка якого залежно від виду сировини становить від 0,3% до 0,6%, а також поліфеноли (240,0–400,0 мг в 100 г), низькомолекулярні фенольні сполуки (190,0–320,0 мг в 100 г), L-аскорбінова кислота (40,0–130,0 мг в 100 г), β -каротин (3,6–15,0 мг в 100 г). Хлорофілвімісні овочі відрізняються також значною кількістю пребіотичних речовин, зокрема целюлози (1,8–5,2%), пектинових речовин (1,0–3,0%). Крім того, у ХВО міститься значна кількість білка (4,2–5,5%) та загального цукру (4,8–7,6%).

Таблиця 1

Вміст комплексу БАР, пребіотичних, мінеральних речовин та фізико-хімічні показники свіжих хлорофіловмісних овочів

Показник, мг в 100 г	Хлорофіловмісні овочі			
	капуста броюлі	капуста брюссельська	квасоля стручкова зелена	шпинат
1	2	3	4	5
Хлорофіл <i>a</i>	87,6–106,0	58,0–80,0	88,6–90,1	147,4–380,0
Хлорофіл <i>b</i>	195,0–280,0	120,0–130,0	198,0–200,0	208,0–420,0

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5
β-каротин	5,0–8,0	6,0–7,0	3,6–4,8	9,8–15,0
L-аскорбінова кислота	52,0–80,0	56,2–90,0	40,0–60,0	60,0–130,0
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	240,0–270,0	210,0–230,0	190,0–240,0	240,0–320,0
Фенольні глікозиди (за рутином)	75,0–80,0	60,0–68,0	55,0–75,0	75,5–80,4
Дубильні речовини (за таніном)	340,0–380,0	310,0–400,0	240,0–245,0	310,0–340,0
Мінеральні речовини (зольність), %	1,5–1,7	1,3–1,5	1,2–1,4	1,8–2,2
Калій	490,0–510,0	380,0–420,0	410,0–440,0	775,0–820,0
Кальцій	100,0–112,0	100,0–105,0	95,0–107,0	110,0–135,0
Магній	85,0–99,0	42,0–50,0	65,0–78,0	95,0–108,0
Фосфор	86,0–92,0	80,0–90,0	82,0–95,0	85,0–99,0
Натрій	35,0–48,0	8,0–10,8	25,0–30,0	65,0–75,0
Загальний пектин, %	1,5–2,5	1,0–1,8	2,0–2,5	2,5–3,0
Протопектин, %	1,3–1,9	0,8–0,9	0,5–0,7	1,8–2,0
Розчинний пектин, %	0,4–0,6	0,2–0,4	1,5–1,8	1,0–1,1
Целюлоза, %	2,5–3,0	1,8–2,5	4,5–5,2	2,0–2,4
Білки, %	4,9–5,5	4,8–5,0	4,2–5,0	4,6–5,2
Органічні кислоти, %	0,7–1,1	0,8–1,0	0,5–0,6	0,6–0,8
Загальний цукор, %	7,0–7,6	6,8–7,4	6,5–7,0	4,8–6,8
Глюкоза+фруктоза, %	5,1–5,8	5,4–6,0	5,0–5,5	2,0–2,8
Суші речовини, %	14,2–15,0	14,0–14,5	12,0–12,5	14,5–14,8

Таким чином, наявність у складі 100 г свіжих ХВО унікального комплексу БАР (хлорофілу, β-каротину, фенольних сполук, поліфенолів, L-аскорбінової кислоти) в кількості, що здатна задовольнити добову потребу в них організму людини, на думку авторів, надає свіжим ХВО цілющих лікувально-профілактичних властивостей.

Включення ХВО в раціони харчування надає їм антиоксидантну, детоксикуючу, антибактеріальну, протипухлинну дію, сприяє зміцненню імунної системи, зміцненню судин серця, мозку та ін.

Слід зазначити, що ХВО (капуста броколі, брюссельська капуста, квасоля стручкова зелена, шпинат) у раціони харчування входять переважно в переробленому вигляді (після теплової обробки, подрібнення та ін.).

Відомо, що традиційні види паротермічної обробки (варіння, бланшування) плодів та овочів призводять до руйнування та окиснення БАР (L-аскорбінової кислоти, фенольних сполук, хлорофілів, каротиноїдів та ін.). При цьому ступінь руйнування БАР залежить від температури паротермічної обробки та відбувається переважно за рахунок дії окиснювальних ферментів сировини (пероксидази, поліфенолоксидази, аскорбіноксидази та ін.). За даними [5], під час паротермічної обробки відбувається активація окиснювальних ферментів, яка порівняно з вихідною (свіжою) сировиною зростає в 4,0–5,5 раз. Активація молекул ферментів, що мають білкову природу, відбувається внаслідок збільшення кінетичної енергії молекул під час нагрівання продукту. Паралельно відбувається значне руйнування та окиснення низькомолекулярних біологічно активних речовин. Під час нагрівання продукту поступово відбувається руйнування (деструкція, коагуляція) білкової складової окиснювальних ферментів, руйнування активних центрів та інактивація ферментів. У разі повної інактивації ферментів у продукті припиняються окиснювальні процеси, що приводять до руйнування БАР та погіршення його якості.

Досліджено вплив паротермічної обробки на ферментативні та біохімічні процеси у ХВО в сучасних апаратах – пароконвектоматах порівняно з традиційним обладнанням. Як видно з таблиць 2 та 3, ферментативні та біохімічні процеси у ХВО відбуваються по-різному.

Окиснювальні ферментативні процеси в хлорофіломісних овочах під час обробки в пароконвектоматі відбуваються зі значно меншою інтенсивністю, ніж у разі звичайного варіння та бланшування (табл. 2). Як видно з табл. 2, під час паротермічної обробки ХВО протягом 5 хв у пароконвектоматі ферментативна активність пероксидази та поліфенол оксидази в капусті броколі і брюссельській зберігалися на 10%, у шпинаті вони майже повністю інактивувались. Після обробки ХВО в пароконвектоматі протягом 10 хв відбувається повна інактивація окиснювальних ферментів. Ферментативна активність після обробки ХВО протягом 10 хв у традиційному обладнанні зменшується приблизно у 2 рази. Так, активність пероксидази зберігається на 49–51%.

Таблиця 2

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

Продукт	L-аскорбінова кислота		Окиснювальні ферменти			
			Полі-фенолоксидаза		Пероксидаза	
	мг в 100 г	% до вихідної сировини	мл 0,01 н I до CP	% до вихідної сировини	мл 0,01 н I до CP	% до вихідної сировини
1	2	3	4	5	6	7
<i>Капуста броколі</i>						
Свіжа	65,0	100,0	108,0	100,0	25,8	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	60,2	90,2	105,8	10,0	2,6	29,8
Протягом 10 хв	52,4	80,9	0	0	0	0
Дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	102,3	155,0	0	0	0	0
Після традиційного варіння протягом 10 хв	45,6	69,1	50,9	51,0	13,6	51,0
<i>Капуста брюссельська</i>						
Свіжа	56,8	100,0	42,5	100,0	15,4	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	50,2	89,8	4,2	10,1	5,12	30,0
Протягом 10 хв	46,1	80,5	0	0	0	0
Дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	98,2	179,5	1,0	2,3	0,5	0,9

Продовження табл. 2

1	2	3	4	5	6	7
Після традиційного варіння протягом 10 хв	40,3	68,8	20,0	48,5	7,5	50,0
Шпинат						
Свіжий	75,3	100,0	103,5	100,0	37,5	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	65,2	85,3	2,0	1,0	0,1	0,1
Дрібнодисперсне поре із паротермічно обробленої сировини	150,4	200,0	0	0	0	0
Після традиційного варіння протягом 10 хв	38,6	50,0	39,4	40,0	18,5	49,2

Таблиця 3

Вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення хлорофіловмісних овочів на вміст біологічно активних речовин

Продукт	Масова частка							
	хлорофілів				β-каротину		фенольних сполук*	
	a		b		мг в 100 г	% до вих. сировини	мг в 100 г	% до вих. сировини
	мг в 100 г	% до вих. сировини	мг в 100 г	% до вих. сировини				
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капуста броколі								
Свіжа	98,0	100,0	195,0	100,0	9,0	100,0	270,0	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	138,0	140,2	275,3	141,2	17,5	194,5	290,0	88,0
Дрібнодисперсне поре із паротермічно обробленої сировини	205,0	209,2	390,6	200,1	30,2	333,0	375,0	140,0

Продовження табл. 3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Капуста брюссельська								
Свіжа	60,2	100,0	125,5	100,0	6,2	100,0	210,0	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	81,4	135,0	175,6	140,2	12,6	200,0	185,0	88,1
Дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	121,4	200,1	261,2	208,5	20,6	330,0	315,0	150,0
Шпинат								
Свіжий	147,4	100,0	280,0	100,0	10,5	100,0	280,4	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	198,1	140,0	380,5	136,5	21,2	201,1	340,5	115,2
Дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	301,8	205,1	565,2	201,5	32,3	302,4	421,8	145,0
Квасоля стручкова зелена								
Свіжа	88,6	100,0	198,0	100,0	4,8	100,0	190,2	100,0
Після паротермічної обробки протягом 5 хв	124,2	141,2	277,2	138,0	9,8	201,2	170,6	80,5
Дрібнодисперсне пюре із паротермічно обробленої сировини	203,8	230,0	405,2	100,0	12,2	240,0	205,0	150,0

* Фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою), поліфенолоксидази – на 40–50% (табл. 2). Установлено, що активність окиснювальних ферментів в отриманому дрібнодисперсному пюре після паротермічної обробки ХВО протягом 10 хв повністю відсутня, що сприятиме збереженню якості за вмістом БАР та стабільності готового продукту.

Головним завданням під час переробки ХВО в оздоровчі нанопродукти було максимально зберегти хлорофіли та інші БАР вихідної (свіжої) сировини.

Досліджено вплив процесів паротермічної та традиційної теплової обробки ХВО на вміст БАР (хлорофілу, β -каротину, аскорбінової кислоти, фенольних сполук). За даними табл. 3 та рис. 5, під час паротермічної обробки ХВО в пароконвектоматі через 5 хв спостерігається не тільки збереження хлорофілів *a* і *b*, але й більш повне (у 1,33–1,4 разів) вилучення із прихованої форми порівняно зі свіжими овочами. Механізм цього процесу пов'язаний з інактивацією окислювальних ферментів та термодеструкцією (термолізом) водневих та інших зв'язків між прихованими формами хлорофілів в наноконформаціях із біополімерами (полісахаридами, білками та ін.). Відбувається їх трансформація у вільну форму, що фіксується хімічними методами досліджень. Як видно з даних табл. 3 та рис. 6, порівняно зі свіжими ХВО під час паротермічної обробки вилучення β -каротину із зв'язаної форми збільшується у 2 рази. Так, масова частка β -каротину в 100 г свіжого шпинату становить 10,5 мг, а після обробки в пароконвектоматі протягом 5 хв – 21,2 мг. Для 100 г свіжої та паротермічно обробленої капусти броколі масова частка β -каротину становить відповідно 9 мг та 17,5 мг, квасолі стручкової зеленої – відповідно 4,8 мг та 9,8 мг (табл. 2 і рис. 1).

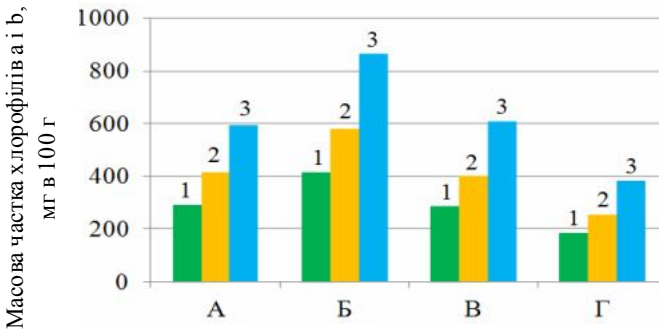


Рис. 1. Комплексний вплив паротермічної обробки та механолізу хлорофіловмісних овочів на збереження хлорофілу *a* і *b* та трансформацію у вільну форму його зв'язаних у наноконформаціях із біополімерами форм, де: 1 – хлорофіловмісні овочі свіжі; 2 – паротермічно оброблені; 3 – дрібнодисперсно подрібнені; А – капуста броколі; Б – шпинат; В – квасоля стручкова зелена; Г – капуста брюссельська

За даними табл. 2, втрати вітаміну С у ХВО оброблених у пароконвектоматі через 5 хв значно менші (10–15%), ніж втрати за традиційного способу теплової обробки (30–50%). Втрати низькомолекулярних фенольних сполук і поліфенолів ХВО, оброблених у пароконвектоматі протягом 5 хв становлять 10–20% (табл. 3).

Таким чином, під час паротермічної обробки ХВО в пароконвектоматі за певних режимів спостерігається не тільки збереження хлорофілів *a* і *b*, β -каротину, але і термодеструкція та вилучення прихованих форм. Так, масова частка хлорофілу порівняно зі свіжими ХВО збільшується в 1,33–1,4 разу, β -каротину – у 2 рази (табл. 3, рис. 1, 2).

Дані табл. 3 свідчать, що значно більший ефект вилучення прихованих форм хлорофілу, β -каротину, фенольних сполук, вітаміну С отримано внаслідок дрібнодисперсного подрібнення паротермічно оброблених ХВО. Як видно з рис. 3 та 4, у зв'язаній формі в термооброблених нанопродуктах із ХВО міститься в 2,0–2,1 разу більше хлорофілів *a* і *b* ніж до теперішнього часу вдавалося вилучити з рослинної сировини, а каротиноїдів більше у 2,0–3,3 раз.

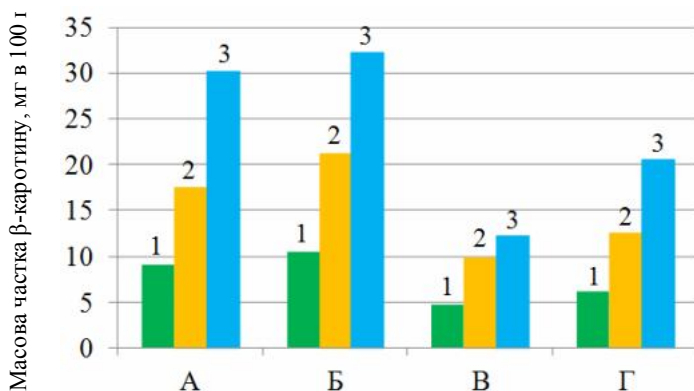


Рис. 2. Комплексний вплив паротермічної обробки та механолізу хлорофіломісних овочів на збереження β -каротину та трансформацію у вільну форму його зв'язаних у наноконформах із біополімерами форм, де: 1 – хлорофіломісні овочі свіжі; 2 – паротермічно оброблені; 3 – дрібнодисперсно подрібнені; А – капуста броколі; Б – шпинат; В – квасоля стручкова зелена; Г – капуста брюссельська

За даними табл. 2 і 3, у разі дрібнодисперсного подрібнення паротермічно оброблених ХВО відбувається збільшення порівнянно зі свіжою сировиною масової частки L-аскорбінової кислоти (у 1,5–2,0 рази), фенольних сполук (у 1,3–1,5 рази) та інших БАР. Збільшення порівняно зі свіжою сировиною відбувається внаслідок вилучення під час дрібнодисперсного подрібнення прихованих форм.

Перевагами цього дослідження є те, що завдяки використаним інноваціям удалося відкрити існування у ХВО прихованих форм хлорофілів, каротиноїдів. Установлені режими паротермічної обробки ХВО, за яких не тільки зберігаються хлорофіли α і b , β -каротину, але й відбувається термодеструкція та вилучення їх прихованих форм. Порівняно зі свіжими ХВО масова частка хлорофілу збільшується у 1,33–1,4 разу, β -каротину – у 2 рази. Це пов'язано з інактивацією окиснювальних ферментів та термодеструкцією водневих та інших зв'язків між прихованими формами хлорофілів у наноконформах із біополімерами (полісахаридами, білками та ін.). Трансформація прихованих форм хлорофілу у вільну форму фіксується хімічними методами досліджень. Установлено, що значно більше вилучення прихованих форм БАР відбувається за умов дрібнодисперсного подрібнення паротермічно оброблених ХВО. Для хлорофілу та β -каротину збільшення при отриманні дрібнодисперсних пюре із ХВО відповідно становить 2,0–2,1 разу та 2,0–3,3 разу. Таким чином, завдяки використаним інноваціям удалося виявити існування прихованих форм хлорофілів, каротиноїдів та перевести продукт у легкозасвоювану наноформу. У цьому полягає новизна, унікальність і незвичність представлених у статті результатів дослідження.

Установлено, що якість дрібнодисперсних пюре із хлорофіломісних овочів, отриманих із застосуванням зазначених інновацій, перевершує якість вихідної сировини, та пюре-аналогів отриманих із використанням традиційних методів теплової обробки та подрібнення, за яких втрати БАР становлять від 20% до 80% [6; 8].

На основі дрібнодисперсних пюре із ХВО розроблено широкий асортимент зелених продуктів для оздоровчого харчування, що мають легкозасвоювану нанорозмірну форму, а саме супи-пюре, нанопапі, наносорбети, соуси-дресинги. Нові види нанопродуктів за вмістом комплексу БАР (хлорофілу, аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук та ін.) перевершують існуючі аналоги. Установлено, що в одній порції продуктів міститься від 1/3 до добової потреби людини в БАР. За вмістом БАР нову продукцію можна віднести до продуктів оздоровчої дії та рекомендувати для імунопрофілактики населення.

До недоліків та особливостей переробки хлорофіловмісних овочів відноситься побуріння продукту, що відбувається внаслідок заміщення в молекулах зеленого пігменту хлорофілу комплексно зв'язаного магнію на водень. Такі перетворення відбуваються під дією тепла, світла, кисню, рН середовища, традиційних видів теплової обробки ХВО. При цьому утворюється речовина бурого кольору феофітин та суттєво зменшується масова частка хлорофілу. Втрати хлорофілу під дією зазначених факторів становлять від 20% до 100%. Запропонований авторами статті метод глибокої переробки ХВО дає можливість зберегти хлорофіл вихідної свіжої сировини та запобігти процесам побуріння продукту. Крім того, метод дозволяє вилучити приховані форми хлорофілу та інших БАР і отримати продукти зеленого кольору з високим вмістом хлорофілу.

У подальшому із застосуванням отриманих дрібнодисперсних пюре із ХВО планується розробити зелену лінійку продуктів високої якості та стабільної консистенції тривалого терміну зберігання; провести дослідження за допомогою хімічних, спектроскопічних, мікробіологічних методів; вивчити вплив хімічного складу рецептурних компонентів, режимів підготовки та внесення пюре з ХВО, умов та терміну зберігання нових продуктів на вміст хлорофілу та інших БАР, фізико-хімічні, мікробіологічні, структурно-механічні показники.

Слід зазначити, що проведення досліджень обмежується сезонністю вирощування ХВО та коротким терміном зберігання свіжих хлорофіловмісних овочів (один місяць). Переважну частину року в наявності є ХВО, що пройшли заморожування та морозильне зберігання. Це значно стримує проведення досліджень зі свіжими ХВО.

Висновки. Визначено комплекс БАР свіжих хлорофіловмісних овочів. Зазначений комплекс переважно становить хлорофіл *a* і *b* (0,3–0,6%), а також поліфеноли (240,0–400,0 мг в 100 г), низькомолекулярні фенольні сполуки (190,0–320,0 мг в 100 г), L-аскорбінова кислота (40,0–130,0 мг в 100 г), β -каротин (3,6–15,0 мг в 100 г). ХВО відрізняються також значною кількістю пребіотичних речовин, зокрема целюлози (1,8–5,2%) і пектинових речовин (1,0–3,0%). Крім того, у хлорофіловмісних овочах міститься значна кількість білка (4,2–5,5%) та загального цукру (4,8–7,6%). Наявність у складі 100 г свіжих ХВО унікального комплексу БАР (хлорофілу, фенольних сполук, L-аскорбінової кислоти, β -каротину) в кількості, що здатна задовольнити добову потребу в них організму людини, на думку авторів, надає свіжим ХВО цілющих лікувально-профілактичних властивостей.

Установлено, що ферментативні та біохімічні процеси під час паротермічної обробки ХВО із застосуванням пароконвекційної печі порівняно з традиційною тепловою обробкою в стандартних апаратах відбуваються по-різному. Доведено, що окиснювальні ферментативні процеси під дією ферментів (пероксидази та поліфенолоксидази) у ХВО, які оброблені в пароконвектоматі, відбуваються зі значно меншою інтенсивністю (у 2–3 рази менше). Установлено, що через 5–10 хв обробки відбувається повна інактивація ферментів і в пюре вона повністю відсутня. Визначено, що після 10 хв варіння з використанням традиційного обладнання активність пероксидази і поліфенолоксидази у ХВО зберігається на 40,0–50,0%.

Установлено, що під час паротермічної обробки ХВО в пароконвектоматі протягом 5 хв не тільки зберігаються хлорофіли, а й відбувається більш повне вилучення із прихованої форми – в 1,35–1,40 разу порівняно зі свіжими овочами. Механізм цього процесу пов'язаний з інактивацією окиснювальних ферментів та термодеструкцією водневих та інших зв'язків між прихованими формами хлорофілів у наноконформах із білками та полісахаридами. Доведено також, що порівняно зі свіжими ХВО під час паротермічної обробки як у пароконвектоматі, так і в традиційному обладнанні відбувається вилучення прихованих форм β -каротину (у 2 рази більше). Виявлено, що втрати вітаміну С у ХВО, оброблених у пароконвектоматі протягом 5 хв значно менші (10,0–15,0%), ніж втрати за традиційного способу теплової обробки (на 30,0–50,0% більше).

Доведено, що комплексний вплив паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення ХВО приводить не тільки до збереження хлорофілу, а й до додаткового вилучення його прихованих зв'язаних із білками та іншими біополімерами форм та переведення у вільний стан (у 2,0–2,3 рази більше). Розроблено оздоровчі нанопродукти із ХВО: дрібнодисперсні пюре, супи-пюре, нанопаї, нано сорбети, соуси-дресинги. Досліджено якість, проведено порівняння з аналогами. Установлено, що нові види продуктів із хлорофіловмісних овочів за вмістом комплексу БАР (хлорофілу, аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук та ін.) перевершують існуючі аналоги. Отримані нанопродукти можна зарахувати до продуктів оздоровчої дії.

Список джерел інформації / References

1. Научные основы здорового питания / упор. В. А. Тутельян. – М. : Панорама, 2010. – 816 с.
Tutelian, V., Razu mov, A., Vylkov, V. (2010), *Scientific foundations of healthy nutrition*, Panorama, Moscow, 816 p.

2. Global Strategy on Diet, Physical Activity and Health: report of a Joint WHO/FAO/UNU (2010), Expert Consultation: World Health Organization, Geneva.

3. Protein and Amino Acid Requirements in Human Nutrition: report of a Joint WHO/FAO/UNU (2007). Expert Consultation.: World Health Organization, Geneva, 266 p., available at: http://apps.who.int/iris/bitstream/10665/43411/1/WHO_TRS_935_eng.pdf

4. Симахина Г. А. Инновационные технологии и продукты оздоровительного питания: монография / Г. А. Симахина, А. И. Украинец. – Киев: НУХТ, 2010. – 295 с.

Simahina, G., Ukrainec, A. (2010), *Innovative technologies and products of improving nutrition*, NUHT, Kiev, 295 p.

5. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини : монографія / Р. Ю. Павлюк [та ін.]. – Харків: Факт, 2017. – 380 с.

Pavlvuk. R., Poharska. V., Radchenko. L., Pavlvuk, V.A. et. al. (2017), *New direction of deep processing of food raw materials: monografiya*, Fakt, Kharkov, 380 p.

6. Zhong-Ming, Wu. (2017), “Preparation of a chlorophyll derivative and investigation of its photodynamic activities against cholangiocarcinoma”, *Biomedicine & Pharmacotherapy*, Vol. 92, pp. 285-292.

7. Buranaosota, J. (2010), “Partial depolymerization of pectin by a photochemical reaction”, *Carbohydr. Res.*, Vol. 9, pp. 1205-1210.

8. Maëlle, Derrien (2017), «Optimization of a green process for the extraction of lutein and chlorophyll from spinach by-products using response surface methodology (RSM)», *LWT – Food Science and Technology*, Vol. 79, pp. 170-177.

9. Leenawaty, Limantara (2010), «Analysis on the Chlorophyll Content of Commercial Green Leafy Vegetables», *Procedia Chemistry*, Vol. 14, pp. 225-231.

10. Gülay, Özkan (2015), «Enzyme-assisted extraction of stabilized chlorophyll from spinach», *Food Chemistry*, Vol. 176, pp. 152-157.

11. Saraiva Jorge, A., Barba Francisco, J. (2017), «Landmarks in the historical development of twenty first century food processing technologies», *Food Research International*, Vol. 97, pp. 318-339.

12. «The Effect of Storage Temperature on the Ascorbic Acid Content and Color of Frozen Broad Beans and Cauliflowers and Consumption of electrical Energy during Storage» (2015), *Gida. Journal of Food*, Vol. 11(5), available at: [doaj.org/article/10.15587/1729-4061.2015.56111](https://doi.org/article/10.15587/1729-4061.2015.56111)

13. Kyungwon, Min, Keting, Chen, Rajeev, Arora (2017), «Effect of short-term versus prolonged freezing on freeze-thaw injury and post-thaw recovery in spinach: Importance in laboratory freeze-thaw protocols», *Environmental and Experimental Botany*, Vol. 106, pp. 124-131.

14. 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.

Pavlvuk. R., Poharski. O., Kaplun. O., Loseva. S. (2015) «Development of cryogenic technology of freezing of chlorophyll-containing vegetables», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/10 (78), pp. 42-46. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56111.

15. 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: 10.15587/1729-4061.2016.86968.

16. Розробка нанотехнології дрібнодисперсного замороженого пюре із грибів шампіньйонів (*Agaricus Bisporus*) / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Т. С. Маціпура, Н. П. Максимова // Східно-європейський журнал передових технологій. – 2015. – Вып. 6/10 (78). – С. 24–28. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56145.

Pavlyuk, R., Pogarska, V., Matsipura, T., Maksimova, N. (2015), “Development of nanotechnology of fine-grained frozen mushroom puree of champignons (*Agaricus Bisporus*)”, *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 6/10 (78), pp. 24-28. DOI: 10.15587/1729-4061.2015.56145/

17. 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: 10.15587/1729-4061.2016.76107.

18. Лисиченко О. В. Влияние методов тепловой обработки на пищевую ценность кулинарной продукции из рыбы / О. В. Лисиченко // Вестник Новосибирского государственного аграрного университета. – 2014. – № 4 (33) – С. 100–104.

Lisichenok, O. (2014). «Influence of methods of heat treatment on the nutritional value of culinary products from fish», *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvenogo agrarnogo universiteta*, No. 4 (33), pp. 100-104.

19. Иванов А. В. Результаты экспериментальных исследований процесса теплообмена в пароконвекционном аппарате / А. В. Иванов // Инновационные технологии в производстве и переработке сельскохозяйственной продукции. – 2011. – Ч. 2. – С. 47–49.

Ivanov, A., Kink, I., Kink, A. (2011), «Rezultati eksperimentalnih issledovaniy processa teploobmena v parokonvekcionom aparate», *Innovacionnie tehnologii v proizvodstve i pererabotke selskohozyastvenoi produkcii*, Part. 2, pp. 47-49.

20. Asep, Sopian (2005), «Pengaruh pengeringan dengan far infrared dryer, oven vakum dan freeze dryer terhadap wama, kadar total karoten, beta karoten dan vitamin C pada daun bayam», *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*, Vol. 16 (2). pp. 131-141.

21. Кирик И. М. Пароконвекционный аппарат для объектов общественного питания / И. М. Кирик // Инновационные технологии в пищевой промышленности. – 2009. – С. 394–401.

Kirik, I. (2009), «Parokonvekcioniy apparat dlya objektov obshchestvenogo pitaniya», *Innovacionie tehnologii v pishhevoi promishlennosti*, pp. 394-401.

22. Куткина М. Н. Разработка индивидуальной технологии овощных полуфабрикатов высокой степени готовности / М. Н. Куткина // Известия вузов. Пищевая технология. – 2014. – № 2/3. – С. 66–69.

Kutkina, M., Eliseeva, S. (2014). «Razrabotka individualnoi tehnologii ovoshnix polufabrikatov visokoi stepeni gotovnosti», *Pishevaia tehnologia*, Vol. 2/3, pp. 66-69.

23. Котова В. Ф. Изучение особенностей тепловой обработки рыбы с использованием комбинированного нагрева / В. Ф. Котова // Инновационные технологии в сельскохозяйственном производстве, пищевой и перерабатывающей промышленности : Матер. междунар. науч.-прак. конф. – 2013. – С. 63–65.

Kotova, V., Ryabova, V., Dolmatova, I. (2013). «Study of the peculiarities of fish heat treatment using combined heating», *Innovacionnie tehnologii v selskhozjastvenom proizvodstve, pishevoi i pererabativa shei prom ishlenosti*, pp. 63-65.

24. Куткина М. Пароконвектомат: знай и умеј: рекомендації по теплової обробці кулінарної продукції різних видів / М. Куткина // Питання і общество. – 2007. – № 10. – С. 10–12.

Kutkina, M., Fedinishina, E. (2007), «Parokonvektomat: znai i umei: rekomendacii po teplovoi obrabotke kulinarnoi produkcii raznih vidov», *Pitanie i obshchestvo*, Vol. 10, pp. 10-12.

25. 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.

26. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Radchenko, L., Tauber, R. D., Timofeyeva, N. (2016), «Deep processing of carotene-containing vegetables and obtaining nanofood with the use of equipment of new generation», *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, Vol. 4/11 (82), pp. 36-43. DOI: 10.15587/1729-4061.2016.76232.

27. Pavlyuk, R., Pogarska, V., Kotuyk, T., Pogarskiy, A., Loseva, S. (2016), «The influence of mechanolysis 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: 10.15587/1729-4061.2016.70996.

Павлюк Раїса Юріївна, 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. Ключківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@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. Адрес: ул. Ключковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@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. Tel.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Погарська Вікторія Вадимівна, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, зав. кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Погарская Виктория Вадимовна, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, зав. кафедры технологий переработки плодов, овощей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Pogarskaya Viktoriya, Doctor of Technical Sciences, professor, Laureate of the State Prize of Ukraine, the Chief of the Department of Processing Technologies 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: ktprom@ukr.net.

Михайлов Валерій Михайлович, д-р техн. наук, проф., лауреат Державної премії України, кафедра процесів, апаратів та автоматизації харчових виробництв, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-43-15; e-mail: process229@ukr.net.

Михайлов Валерий Михайлович, д-р техн. наук, проф., лауреат Государственной премии Украины, кафедра процессов, аппаратов и автоматизации пищевых производств, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел. (057)349-43-15; e-mail: process229@ukr.net.

Mikhaylov Valeriy, Doctor of Technical Sciences, professor, Laureate of the State Prize of Ukraine, Department of processes, devices and automation of food production. Kharkiv State University of Food Technology and Trade. Address: Klochkivska str., 333, Kharkiv, Ukraine, 61051. Tel.: (057)349-43-15; e-mail: process229@ukr.net.

Погарський Олексій Сергійович, асист., кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Погарский Алексей Сергеевич, асист., кафедра технологій переробки плодів, овочей і молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Pogarskii Oleksii, assistant, 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: ktprom@ukr.net.

Тельонков Олександр Євгенович, асп., кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Теленков Олександр Євгеньєвич, асп., кафедра технологій переробки плодів, овочей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)3494-5-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Telenkov Oleksandr, 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. Tel.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Лосева Світлана Михайлівна, доц, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі. Адреса: вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Лосева Светлана Михайловна, доц, кафедра технологій переробки плодів, овочей и молока, Харьковский государственный университет питания и торговли. Адрес: ул. Клочковская, 333, г. Харьков, Украина, 61051. Тел.: (057)349-45-92; e-mail: ktprom@ukr.net.

Loseva Svidana, docent, 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: ktprom@ukr.net.

DOI: 10.5281/zenodo.1306416

УДК 664.8.036:664.8.037:613.292

НОВЕ СЛОВО ПРО ВПЛИВ ПАРОТЕРМІЧНОЇ ТА КРІООБРОБКИ І МЕХАНОЛІЗУ НА БІОПОЛІМЕРИ ТА БАР ПЛОДІВ ТА ОВОЧІВ ПІД ЧАС ОТРИМАННЯ ОЗДОРОВЧИХ НАНОПРОДУКТІВ

**В.В. Погарська, Р.Ю. Павлюк, Ю.П. Какадій,
О.С. Погарський, Т.А. Стуконоженко, О.С. Тельонков**

Вивчено вплив процесів паротермічної кріообробки та механолізу під час дрібнодисперсного подрібнення на біополімери та біологічно активні речовини (БАР) плодів і овочів під час отримання оздоровчих нанопродуктів. Установлено, що під впливом зазначених процесів відбувається активація

© Погарська В.В., Павлюк Р.Ю., Какадій Ю.П., Погарський О.С., Стуконоженко Т.А., Тельонков О.С., 2018