

УДК 664.126.1.038

EVALUATING THE IMPACT OF MECHANICAL ACTIVATION ON IMPROVING THE BIOAVAILABILITY OF COMPONENTS OF PROTEIN-CONTAINING SEMI PRODUCTS

L. Solodko, H. Simakhina

National University of Food Technologies

Key words:

Sugar beet

Ramson

Dispersion

Mechanical activation

Digestibility

Assimilability

Particle size distribution

Article history:

Received 30.09.2014

Received in revised form

12.10.2014

Accepted 25.10.2014

Corresponding author:

L. Solodko

Email:

npnuht@ukr.net

ABSTRACT

The article represents the results of experimental researches of influence of grinding methods of dried protein-containing semi products from overground part of the plants on the grade of bioavailability of their components. It was found that the processing of plant materials in a disintegrator, accompanied with mechanical activation effects, enables to increase the biological value of a product and maximally transform the biologically active substances (BAS) into a free form, and thus to improve their bioavailability and consequently to enhance the curative effects.

ОЦІНКА ВПЛИВУ МЕХАНОАКТИВУВАННЯ НА ПІДВИЩЕННЯ БІОДОСТУПНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ПРОТЕЇНОВІСНИХ НАПІВФАБРИКАТІВ

Л.М. Солодко, Г.О. Сімахіна

Національний університет харчових технологій

У статті наведено результати експериментальних досліджень впливу способу подрібнення висушених білоквмісних напівфабрикатів із надземної маси рослин на ступінь біодоступності їх компонентів. З'ясовано, що оброблення рослинних матеріалів у дезінтеграторі, яке супроводжується ефектами механоактивування, надає можливість підвищити біологічну цінність продукту, максимально перевести біологічно активні речовини (БАР) у вільну форму, а отже, підвищити їх біодоступність і, відповідно, посилити оздоровчі ефекти.

Ключові слова: *цукровий буряк, черемша, диспергування, механоактивування, перетравлюваність, засвоюваність, гранулометричний склад.*

Актуальним завданням, що постає перед сучасною харчовою промисловістю, є використання інноваційних підходів до перероблення рослинної сировини на біологічно активні добавки до їжі та напівфабрикати для збагачення харчових продуктів з метою створення конкурентоспроможної продукції оздоровчого й профілактичного призначення, що відзначалася б істотним попитом як на вітчизняному, так і на світовому ринках. Одним із основних процесів у технології виробництва дієтичних добавок та функціональних інгредієнтів є процес подрібнення, оскільки засвоюваність останніх, а відтак, їхній профілактичний, оздоровчий і лікувальний ефекти значною мірою визначаються ступенем дисперсності матеріалу. Відомо, що порошкоподібні рослинні матеріали, які використовуються як біодобавки до харчових продуктів, повинні мати дисперсність не вище 100 мкм.

Сучасним прогресивним способом подрібнення вважається кріогенне, для реалізації якого необхідні спеціальні млини та рідкий азот, що, у свою чергу, збільшує собівартість продукту. Слід зазначити, що проведені дослідження з вивчення ефективності дезінтеграторного диспергування сухих сублімованих продуктів доводять можливість досягнення значної дисперсності та підвищення біологічної активності компонентів рослинних порошків за рахунок механоактивування [1].

Нами проведено дослідження, присвячені отриманню з нетрадиційних сировинних джерел протеїновмісних добавок і напівфабрикатів з метою подальшого їх застосування як сухих протеїново-вітамінних композитних сумішей для використання у хлібобулочному виробництві, отримання соусів, приправ, снєків тощо. Для реалізації поставленої мети необхідно отримати продукт у вигляді тонкодисперсного порошку з високими органолептичними та фізико-хімічними показниками, а також істотною біологічною активністю при максимальному збереженні всіх нутрієнтів. Відомо, що біологічна цінність складних білкових систем безпосередньо залежить від ступеня протеолізу білків, доступності окремих амінокислот для засвоєння та інших факторів.

З літературних джерел відомо, що при швидкісному диспергуванні внаслідок механічного руйнування структури об'єкта виділяється теплота, що призводить до розігріву продукту. При цьому на поверхні робочих органів подрібнювача локальні температури можуть досягати сотень градусів за Цельсієм, унаслідок чого відбувається руйнування БАР, інактивація ферментів та інші небажані впливи на біокомпоненти готових продуктів [2].

Метою дослідження є експериментальне підтвердження теоретичних уявлень про вплив дезінтеграторного диспергування-активування рослинних матеріалів на ступінь дисперсності, біохімічні зміни, які відбуваються при механо-деструкції рослинної сировини, зокрема на здатність білків до перетравлювання в умовах, що моделюють процес у шлунково-кишковому тракті людини.

Об'єктами дослідження є висушена при низьких температурах до залишкової вологості 8...12 % надземна частина цукрового та столового буряку, моркви, листя черемші, кропиви, лист і стебло портулаку городнього.

Обладнання і методи дослідження. Для подрібнення досліджуваних рослинних матеріалів використовували дезінтегратор-активатор УДА-2,5 Талліннського СКТБ «Дезінтегратор» і лабораторний млин ЛЗМ-1.

Гранулометричний склад порошоків із рослинних матеріалів, подрібнених у дезінтеграторі, визначали шляхом розсіювання досліджуваних проб на наборі сит з розміром комірок, мм: 0,500; 0,315; 0,250; 0,200; 0,160; 0,100.

Результати дослідження. Згідно з отриманими даними (табл. 1), всі порошки, отримані за допомогою дезінтегратора-активатора, мають у своєму складі від 82,9 до 95,4 % фракцій з розміром часток до 100 мкм, а отже, відповідають вимогам, що висуваються до харчових збагачувачів.

Таблиця 1. Гранулометричний склад порошоків із листової рослинної сировини

Продукт	% часток із розмірами <100 мкм	% часток із розмірами 101...160 мкм	% часток із розмірами 161...200 мкм	% часток із розмірами >250 мкм
Цукровий буряк	93,5	2,1	1,3	3,1
Столовий буряк	91,9	1,7	1,6	4,8
Кропива	86,2	2,5	2,3	9,0
Портулак	82,9	6,0	3,4	7,7
Морква	91,2	2,7	1,9	4,2
Черемша	95,4	1,5	0,9	2,2

Також було проведено оцінку впливу тонкодисперсного подрібнення на ступінь перетравності білкових речовин висушеної рослинної сировини.

Для проведення порівняльних досліджень рослинну сировину, попередньо висушену при низьких температурах до залишкової вологості 8...12 %, подрібнювали в лабораторному млині і в дезінтеграторі протягом 60 секунд. Отримані зразки піддавали послідовному ферментативному гідролізу пепсином і трипсином в умовах *in vitro* за стандартною методикою О.О. Покровського та І.Д. Єртанова [3]. В продуктах ферментолізу визначали вміст розчинного білка за кольоровою реакцією Лоурі та виражали в умовних одиницях — мг тирозину на 1 г білка. Ступінь перетравлюваності білків оцінювали за різницею між кількістю білка, взятого для гідролізу, й того, що залишився після послідовної обробки пепсином, трипсином і хемотрипсином, і виражали у відсотках загальної кількості взятого для гідролізу протеїну. Порівняльна характеристика ступеня перетравлюваності подрібнених за різних умов сухих зразків листя цукрового буряку та черемші представлена на рис. 1.

Разом з цим, для більш детального вивчення впливу процесу тонкого подрібнення на біологічну цінність висушених порошкоподібних продуктів із зеленої маси рослин було досліджено швидкість накопичення вільних амінокислот у середовищі під дією пепсину протягом 60 хв (у перерахунку на 100 г продукту) з інтервалом відбору проб у 10 хвилин. Результати проілюстровано у вигляді графіків (рис. 2) швидкості процесу пепсинового гідролізу в умовах *in vitro* для зразків листя цукрового буряку та черемші.

Аналіз кривих процесу пепсинолізу дозволяє констатувати очевидність залежності швидкості даного процесу від стану та способу подрібнення листової сировини.

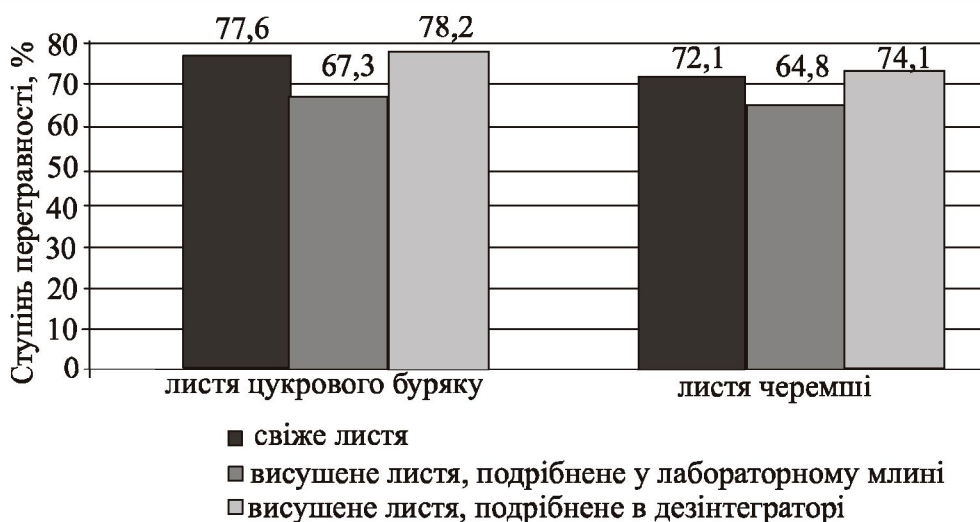


Рис. 1. Залежність ступеня перетравлюваності білків рослинної сировини в умовах *in vitro* від способу подрібнення

Характер цієї залежності є ідентичним як для листя цукрового буряку, так і для листя черемші, а саме: швидкість накопичення вільних амінокислот під час пепсинового гідролізу максимальна протягом перших 20 хв для зразків, подрібнених в дезінтеграторі, для свіжого листя, навпаки, зростає після 20 хв оброблення пепсином, а для зразків, подрібнених в лабораторному млині, — залишається майже сталою протягом усього експерименту.

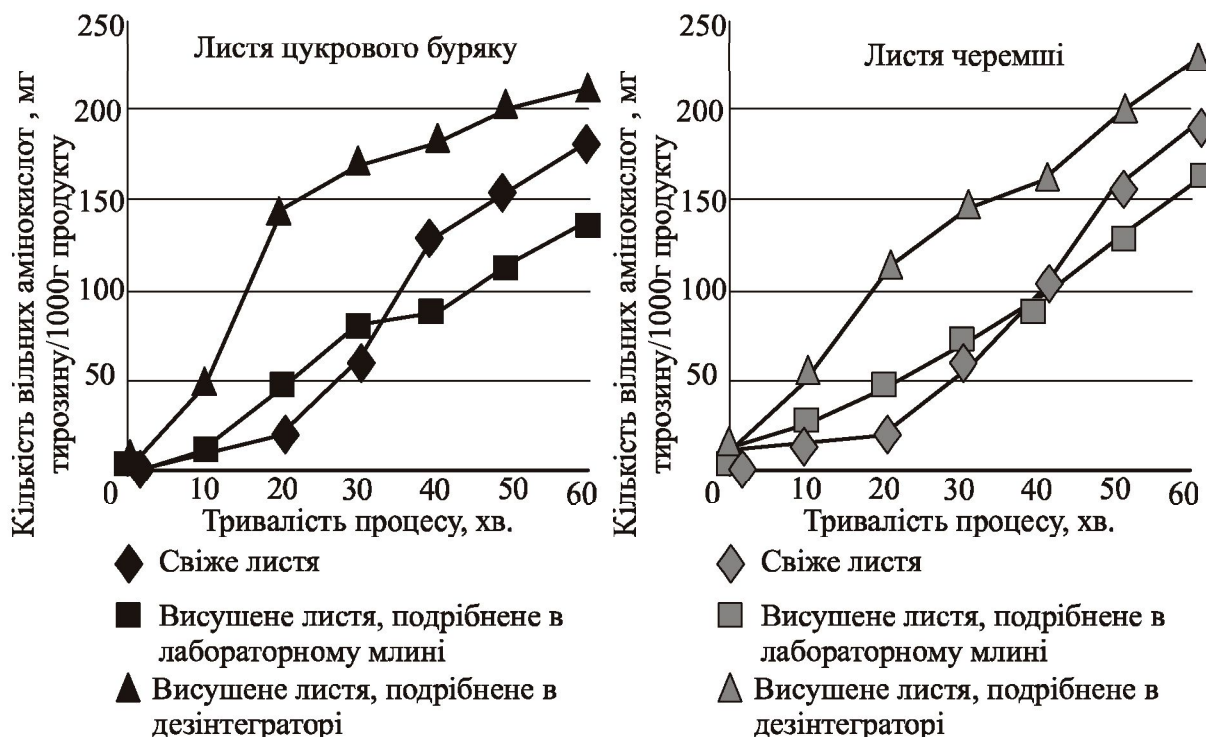


Рис. 2. Динаміка накопичення вільних амінокислот при пепсиновому гідролізі протеїну напівфабрикатів, подрібнених різним способом

Отримані результати показали, що протеїновмісні порошки з рослинної сировини, отримані шляхом подрібнення в дезінтеграторі, піддаються ферментативному гідролізу пепсином краще, ніж за умов звичайного подрібнення. Подрібнена за допомогою дезінтеграторного оброблення висушена

сировина має ступінь перетравлюваності вищий, ніж свіжа (на 16,5...20 %), та подрібнена традиційним способом (на 43...55 %). Очевидно, це пов'язано зі збільшенням кількості вільних амінокислот та, як наслідок, збільшенням швидкості ферментативного гідролізу. Це надає можливість висунути припущення про те, що в результаті проведеного дезінтеграторного оброблення змінюється перерозподіл білків за розчинністю по фракціях, а саме: збільшується частка легкозасвоюваних білків — альбумінів і глобулінів. З метою перевірки даного припущення проведено порівняльний кількісний аналіз [4] концентрації водо- та солерозчинних білкових фракцій у порошках з рослинної сировини, отриманих за допомогою звичайного подрібнення й шляхом оброблення в дезінтеграторі (табл. 2).

Таблиця 2. Масова частка альбуміну у подрібненій рослинній сировині, % від загального вмісту білка

Продукт	Механоактиваційний спосіб подрібнення
	Альбуміни
Листя цукрового буряку	42,2
Листя столового буряку	33,8
Листя моркви	17,4
Листя кропиви	25,7
Лист та стебло портулаку	17,5
Листя черемші	22,8

Аналіз табл. 2 дає змогу стверджувати, що збільшення ступеня перетравлюваності білкових речовин рослинної сировини при застосуванні механоактивування відбувається за рахунок збільшення частки легкозасвоюваних білків у результаті їх вивільнення при додатковому руйнуванні клітинних оболонок висушеної рослинної сировини.

Спектроскопічними дослідженнями спектрів поглинання хлорофільно-каротиноїдного комплексу підтверджено, що подрібнення у дезінтеграторі висушеного за допомогою низьких температур рослинного матеріалу до розміру часток менше 100 мкм сприяє кращому вилученню барвних речовин порівняно зі звичайним подрібненням.

Порошки з висушеної рослинної сировини, подрібненої в звичайних умовах та за допомогою дезінтегратора, використовували для отримання спиртових екстрактів.

Для цього 1 г наважки рослинної сировини заливали етиловим спиртом з концентрацією 96 % у співвідношенні 1:20, настоювали протягом 20 хв при періодичному перемішуванні, фільтрували через паперовий фільтр і піддавали спектроскопічному аналізу на спектрофотометрі «UNICO». Спектральні криві всіх зразків екстрактів із висушеної рослинної сировини свідчать про те, що дезінтеграторне оброблення висушеної рослинної сировини сприяє додатковому вилученню із продукту низькомолекулярних БАР — барвних речовин (каротиноїдів і хлорофілів), фенольних сполук, що підтверджується збільшенням їх концентрації у водно-спиртових екстрактах і проілюстровано на рис. 3 на прикладі спектральних характеристик екстрактів цукрового буряку. Вочевидь, збільшення концентрації низькомолекулярних БАР пов'я-

зано з істотною деструкцією рослинної тканини, руйнуванням клітин і виходом з них складових цитоплазми, а також збільшенням активної поверхні продукту, що призводить до більш повного вилучення БАР. Для порівняльної характеристики впливу дезінтеграторного оброблення (ДО) на вміст низькомолекулярних БАР у порошкоподібних продуктах з листової рослинної сировини було проведено їх кількісний хімічний аналіз із визначення загального вмісту фенольних сполук (ФС) у перерахунку на галову кислоту, суми каротиноїдів і хлорофілу (*a* і *b*) з використанням стандартних методик [5]. Результати аналізу порівнювали із вмістом вищезазначених сполук у порошках, отриманих традиційним подрібненням (ТП) у лабораторному млині. Отримані дані представлені в табл. 3.

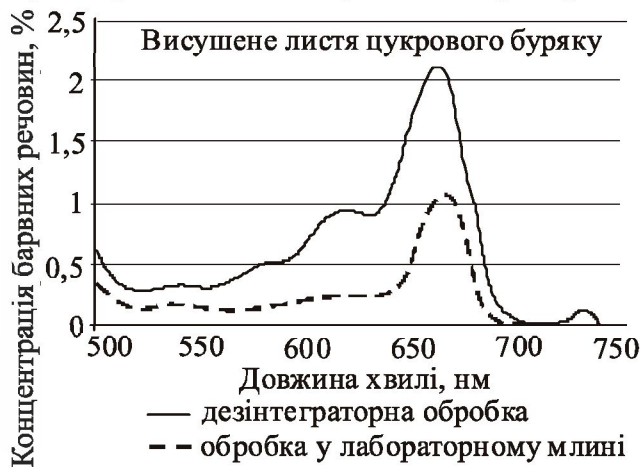


Рис. 3. Вплив способу механічного оброблення висушеного листя цукрового буряку на концентрацію барвних речовин у спиртовому екстракті

Таблиця 3. Вміст основних біологічно активних речовин у порошкоподібних продуктах залежно від способу подрібнення

Продукт	Вміст ФС, %		Вміст β -каротину, мг/100г СР		Вміст хлорофілу, %	
	ТП	ДО	ТП	ДО	ТП	ДО
Цукровий буряк	0,92 $\pm$ 0,11	1,27 $\pm$ 0,05	8,1 $\pm$ 0,03	10,9 $\pm$ 0,02	1,01 $\pm$ 0,12	1,54 $\pm$ 0,22
Столовий буряк	1,12 $\pm$ 0,03	1,51 $\pm$ 0,07	7,9 $\pm$ 0,10	10,7 $\pm$ 0,04	1,06 $\pm$ 0,05	1,61 $\pm$ 0,15
Кропива	0,71 $\pm$ 0,09	1,07 $\pm$ 0,15	7,5 $\pm$ 0,01	9,6 $\pm$ 0,10	2,04 $\pm$ 0,04	2,96 $\pm$ 0,08
Портулак	1,33 $\pm$ 0,10	1,86 $\pm$ 0,02	5,3 $\pm$ 0,08	6,6 $\pm$ 0,08	0,73 $\pm$ 0,10	1,04 $\pm$ 0,19
Морква	1,15 $\pm$ 0,12	1,67 $\pm$ 0,05	11,6 $\pm$ 0,02	15,8 $\pm$ 0,09	2,52 $\pm$ 0,07	3,65 $\pm$ 0,04
Черемша	1,19 $\pm$ 0,04	1,80 $\pm$ 0,04	9,3 $\pm$ 0,01	12,4 $\pm$ 0,07	1,79 $\pm$ 0,02	2,70 $\pm$ 0,09

Встановлено, що під час дезінтеграторного оброблення матеріалів з рослинної сировини вилучається більше низькомолекулярних БАР порівняно з традиційним подрібненням за допомогою лабораторного млина, а саме: вміст фенольних сполук збільшився на 38...51 %, масова частка хлорофілу — на 43...52 %, каротиноїдів — на 26...37 %. Подальші дослідження буде спрямовано на вивчення впливу дезінтеграторного оброблення протеїновмісних напівфабрикатів на вміст у них аскорбінової кислоти, відпрацювання оптимальних режимів проведення процесу подрібнення та оцінку якості отриманих порошкоподібних продуктів у процесі їх зберігання.

Висновки

Оброблення рослинної сировини в дезінтеграторі надає можливість отримати високодисперсні порошки, що є основною умовою їх максимального

засвоєння організмом людини. Таке подрібнення сприяє активуванню отриманих помелів, про що свідчить підвищення перетравлюваності білків. Збільшення кількості вільних амінокислот за рахунок переходу їх із зв'язаної форми підвищує біологічну повноцінність продуктів. Встановлено, що під час дезінтегративного подрібнення висушеної листової сировини відбувається не лише збереження, а й істотне збільшення реєстрованої концентрації низькомолекулярних БАР у результаті більш повного вилучення їх із сировини.

Література

1. Сімахіна Г.О. Теоретичні та практичні аспекти механохімії та механоактивування в процесах подрібнення / Г.О. Сімахіна // Харчова промисловість. — 2011. — № 10—11. — С. 24—31.
2. Дубенский А.М., Потемкина С.П. Физическая модель тонкого измельчения в аппаратах планетарного типа // Материалы научной школы СНГ «Вибротехнология-95» по измельчению и активации. — Одесса: НПО «ВОТУМ», — 1995. — Часть 2. — С. 3—7.
3. Покровский А.А., Ертанов И.Д. Атакуемость белков пищевых продуктов протеолитическими ферментами *in vitro* // Вопросы питания. — 1965. — № 3. — С. 38—44.
4. Починок Х.М. Методы биохимического анализа растений. — К.: Наукова думка, 1976. — 334 с.
5. Методы биохимических исследований растений / А.И. Ермаков, В.В. Арасмелович, Н.П. Ярош и др.; Под ред. А.И. Ермакова. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1987. — 430 с.

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ МЕХАНОАКТИВАЦИИ НА ПОВЫШЕНИЕ БИОДОСТУПНОСТИ КОМПОНЕНТОВ ПРОТЕИНСОДЕРЖАЩИХ ПОЛУФАБРИКАТОВ

Л.Н. Солодко, Г.А. Симахина

Национальный университет пищевых технологий

В статье представлены результаты экспериментальных исследований влияния способа измельчения высушенных белоксодержащих полуфабрикатов из надземной части растений на степень биодоступности их компонентов. Выявлено, что обработка растительных материалов в дезинтеграторе, сопровождающаяся эффектами механоактивации, дает возможность повысить биологическую ценность продукта, максимально перевести биологически активные вещества (БАВ) в свободную форму, а значит, повысить их биодоступность и, соответственно, усилить оздоровительные эффекты.

Ключевые слова: сахарная свекла, черемша, диспергирование, механоактивация, перевариваемость, усвояемость, гранулометрический состав.