

УДК 664.126.1.038

Г.О.Сімахіна, докт. техн. наук, О.А.Штанько, аспірант

ЕКОЛОГІЧНІ ТА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ОТРИМАННЯ СУБЛІМОВАНИХ ВУГЛЕВОДОМІСТКИХ ПРОДУКТІВ

Виконані дослідження показали, що сублімовані продукти з цукрових буряків та інших вуглеводомістких матеріалів є складними гетерогенними системами, до складу яких входять вуглеводи, білки, азотисті сполуки, харчові волокна, органічні кислоти, вітаміни, мікро- та макроелементи тощо. Властивості отриманих кріопродуктів, їхня структура, тривалість зберігання, ефект біологічної дії на живий організм безпосередньо залежать від біохімічних, конформаційних та фізичних змін, що відбуваються у сировині під час її технологічного перероблення. Тому екологічна та медико-біологічна оцінка сублімованих порошків є невід'ємною частиною роботи зі створення, впровадження у виробництво і введення до раціону споживання населення країни нових харчових продуктів масового та спеціального призначення.

Особливо актуальним є вивчення харчової, біологічної цінності та екологічної безпеки сировини і харчових продуктів, отриманих із нетрадиційних джерел і за новими технологіями [1].

Незважаючи на успіхи у створенні промислової технології кріогенного консервування харчових продуктів за кордоном, результати виконаних нами досліджень показали, що заморожування-сушіння спричиняють певні зміни структурно-функціонального стану біокомпонентів рослинних матеріалів. Не виключено [2], що в зоні низьких температур утворюються вільні радикали кріолітичного розкладу, здатні негативним чином впливати на біополімери.

Однак якісну оцінку цих змін до нинішнього часу не з'ясовано. Це стосується, насамперед, особливостей модифікації неліпідних компонентів сублімованих продуктів, зокрема каталітичних білків та амінокислот. Встановлено [3], що деякі з них, наприклад дегідрогенази, досить швидко руйнуються під час сублімаційного сушіння, а інші, навпаки, активізуються [4].

Аналіз причин руйнування деяких біокомпонентів у процесі сублімаційного зневоднення показує [5], що в їх основі лежать: втрати деяких летких ароматичних речовин, які руйнуються під час дегідратації рослинних матеріалів; зменшення здатності сухих продуктів утримувати воду під час регідратації і зберігання; розвиток неферментативних і ферментативних процесів, що спричиняють денатурацію біополімерів і модифікацію текстури продуктів рослинного походження. Показано [6], що сублімовані продукти з плодово-фруктової сировини містять різну кількість таких денатурованих білків.

На текстуру сухих продуктів рослинної сировини істотно впливає залишкова вологість. Є припущення [7], що при її значенні 2 % на поверхні біомолекул зберігається мономолекулярний шар води, який запобігає шкідливому контакту кисню повітря з реакційноздатними групами білків та ліпідів. Видалення цього шару спричинює взаємодію кисню з біомолекулами.

Експериментальний характер низькотемпературної технології передбачає необхідність дослідження дії рослинної сировини, обробленої в атмосфері рідкого чи пароподібного азоту, на живий організм, перевірки отриманих матеріалів на вміст у них вітамінів, мікроелементів, токсичних речовин, зокрема нітратів, та розроблення науково обґрунтованих рекомендацій щодо використання в харчуванні населення сублімованих продуктів.

Наведені нижче дані доповнюють цю інформацію і підтверджують результати досліджень кріотехнології щодо переваг

низькотемпературного зневоднення рослинних матеріалів перед іншими способами отримання сухих харчових продуктів.

З табл. 1 видно, що масова частка мікро- та макроелементів у сублімованих матеріалах практично не відрізняється від такої у контрольних зразках (вихідна сировина) в межах похибки вимірювання. Дані наведено для представників трьох груп вуглеводомісткої сировини (овочів - буряки; плодів - яблука; ягід - полуниці) в перерахунку на вміст сухих речовин.

Оскільки сублімовані матеріали розглядаються як засіб отримання натуральних вітамінізованих харчових продуктів для населення, важливим показником їхньої якості є вміст вітамінів основних груп. Їх визначали для всіх отриманих порошків, а в роботі навели, по-перше, найхарактерніші результати і, по-друге, для сировини найменш досліджених видів (табл. 2—4). Як бачимо, вміст вітамінів основних груп та окремих біокомпонентів у матеріалах, оброблених азотом, сублімованих і диспергованих для сировини більшості видів майже не відрізняється від вмісту їх у контрольних зразках, а за деякими показниками і переважає їх, що може бути наслідком позитивного впливу дезінтеграції на деградацію зв'язків між аскорбіною кислотою, каротиноїдами та біополімерами.

Отримані результати досить оптимістичні, оскільки відомо, що при холодному кулінарному обробленні плодоовочевої сировини (механічне подрібнення) втрачаємо близько 20 % аскорбінової кислоти, а рибофлавін швидко руйнується навіть під дією світла [8].

На користь дезінтегративного подрібнення матеріалів свідчать також вперше отримані дані з амінокислотного вмісту сублімованого зерна амаранту (табл. 5). І в цьому разі, як і для ягід смородини, зростає частка сполук у вільній формі, що сприяє кращому засвоєнню кріопорошків амаранту живим організмом.

Таблиця 1

**Масова частка мінеральних сполук у рослинній сировині та сухих
продуктах з неї, мг/100 г**

Елемент	Буряк		Яблука		Полуниця	
	свіжий	сублімо- ваний	свіжі	сублімо- вані	свіжі	сублімо- вані
Натрій	1,0	1,0	5,0	5,0	2,0	2,0
Кальцій	0,8	0,5	5,0	5,0	5,0	3,0
Фосфор	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Магній	4,0	3,0	2,0	3,0	4,0	5,0
Залізо	0,2	0,1	0,3	0,5	1,0	1,0
Марганець	0,03	0,02	0,03	0,04	0,2	0,1
Барій	0,02	0,02	0,08	0,1	0,1	0,08
Кремній	0,06	0,3	0,8	1,0	2,0	2,0
Алюміній	0,01	0,025	0,1	0,1	0,2	0,2
Мідь	0,01	0,006	0,01	0,02	0,015	0,006
Нікель	0,0002	0,0001	0,0006	0,006	0,002	0,006
Титан	0,002	0,002	0,005	0,01	0,03	0,02
Хром	0,002	0,001	0,028	0,03	0,05	0,1
Молібден	0,0001	0,0001	0,0001	0,0001	0,0005	0,0003
Срібло	0,0001	0,0001	0,0005	0,0001	0,0001	0,0002
Ітрій	0,0003	0,0003	0,0003	0,0004	0,0006	0,0006
Сvineць	-	-	0,003	0,005	0,02	0,025
Кобальт	-	-	-	-	0,0003	0,0003
Вісмут	-	-	-	-	0,0001	0,0001
Цинк	-	-	-	-	0,01	-
Ніобій	-	-	-	-	0,0003	0,0003
Ванадій	0,0001	0,0001	0,0002	0,0003	0,0006	0,0005
Цирконій	0,001	0,001	0,001	0,001	0,005	0,003
Олово	-	-	-	-	0,0001	0,0001

Таблиця 2

**Масова частка вітамінів основних груп в сублімованих продуктах
відносно свіжої сировини, мг/100 г**

Об'єкт дослідження		Рибоф- лавін (вітамін В ₂)	Аскорбі- нова кислота	Фолієва кислота (вітамін В ₉)	Флаво- нові сполуки
Картопля	свіжа	1,84	24,63	0,11	1,14
	сублімована	2,00	26,98	0,11	1,12
Яблука	свіжі	0,80	16,09	0,13	1,17
	сублімовані	1,08	17,34	0,12	1,17
Буряки	свіжі	2,62	41,60	0,16	2,06
	сублімовані	2,68	45,15	0,16	2,10
Полуниці	свіжі	1,03	68,03	0,08	2,12
	сублімовані	0,91	52,74	0,07	2,16
Зерно амаранту	свіже	1,34	21,6	0,31	0,49
	сублімоване	1,28	27,8	0,33	0,49
Ягоди смородини	свіжі	2,98	560,2	0,17	2,70
	сублімовані	2,76	535,4	0,15	2,68
Бруньки смородини	свіжі	0,53	526,4	0,09	6,05
	сублімовані	0,48	542,8	0,09	6,00
Лист смо- родини	свіжий	Сліди	496,7	0,20	1,23
	сублімований	Сліди	518,9	0,18	1,28

Таблиця 3

**Масова частка вітамінів групи В в сублімованих
продуктах відносно свіжої сировини, мг/100 г**

Об'єкт дослідження		Віта- мін В ₁ (тіамін)	Вітамін В ₃ (нікоти- нова кислота)	Вітамін В ₆ (піри- доксин)	Віта- мін В ₇ (біотин)
Амарант	Свіжий	3,40	40,4	2,9	0,052
	сублімований	3,36	40,0	2,9	0,066
Ягоди Смородини	свіжі	Сліди	9,3	1,32	0,13
	сублімовані	Сліди	8,5	1,24	0,11
Бруньки Смородини	свіжі	2,0	35,4	2,27	0,56
	сублімовані	2,0	37,2	2,29	0,68
Лист Смородини	свіжий	Сліди	10,26	1,79	0,10
	сублімований	Сліди	10,30	1,72	0,10

Таблиця 4

Масова частка окремих біокомпонентів у сублімованих продуктах**відносно свіжої сировини**

Об'єкт дослідження		Каротиноїди, мг/г	Хлорофіл, мг/г	Сума нуклеїнових кислот, мкг/г
Амарант	свіжий	-	-	2,42
	сублімований	-	-	2,38
Ягоди смородини	свіжі	0,097	0,801	6,65
	сублімовані	0,13	0,794	6,68
Бруньки смородини	свіжі	0,123	0,849	20,8
	сублімовані	0,125	0,842	20,6
Лист смородини	свіжий	0,819	2,74	3,7
	сублімований	0,832	2,72	4,34

Таблиця 5

Склад вільних і зв'язаних амінокислот сублімованих**зерен амаранту, мг %**

Амінокислота	До дезінтеграції		Після дезінтеграції	
	Вільні	Зв'язані	Вільні	Зв'язані
Лізин	0,47	4,8	0,89	4,0
Гістидин	0,78	1,9	0,67	1,4
Фенілаланін	0,66	4,39	0,68	4,1
Тирозин	0,44	<u>3,2</u>	0,71	2,5
Лейцин	0,34	5,6	0,49	4,5
Ізолейцин	0,30	3,5	0,44	3,5
Метіонін	0,07	0,6	0,24	0,64
Валін	0,74	0,74	0,93	2,5
Цистин	0,01	1,0	0,02	0,46
Аланін	0,25	2,9	0,18	2,59
Гліцин	0,17	14,4	0,85	8,7
Пролін	0,01	3,6	0,01	1,9
Глютамінова кислота	0,92	47,3	2,2	44,8
Серин	0,32	4,8	0,26	4,9
Аспарагінова кислота	0,27	6,8	0,35	6,3
Треонін	0,18	0,91	0,26	0,8

Для амаранту, як практично недослідженої культури, цікавими виявились результати якісних змін амінокислот, і насамперед незамінних, під час заморожування. Білковий компонент зерна амаранту складається з альбумінів (23...28 %), глобулінів (8...15), глютелінів (21...25), проламінів (11...16), нерозчинного залишку (18...23%). При цьому альбуміни багаті на лізин, триптофан, треонін, лейцин, гліцин; глобуліни - на лізин і сірковмісні амінокислоти, фенілаланін. З отриманих даних видно, що у контрольних і досліджуваних зразках найбільша кількість незамінних (есенціальних) амінокислот міститься в альбуміновій та глобуліновій фракціях. Запасні білки містять таких амінокислот удвоє менше.

Зміни амінокислотного складу різних фракцій білків амаранту після заморожування і в процесі зберігання у замороженому вигляді свідчать про наявний перерозподіл амінокислот у молекулах білків, що триває протягом усього періоду зберігання (табл.6).

Таблиця 6

Зміни амінокислотного складу фракцій білків амаранту під час заморожування рідким азотом

Об'єкт дослідження	Фракції білків			
	Альбуміни	Глобуліни	Проламіни	Глютеліни
Контроль	9,39±0,14	9,22±0,15	4,69±0,27	4,72±0,46
Заморожене зерно	14,22±0,72	13,18±0,27	5,85±0,60	6,79±0,27
Зерно через місяць зберігання	15,47±0,43	14,73±0,48	7,31±0,28	6,94±0,43

Ці деструктивні зміни пов'язані, очевидно, з високим вмістом у зерні амаранту зв'язаної води (до 70 % від загальної маси води), яка сприяє проходженню біохімічних реакцій. Загалом, вони мають позитивний характер, сприяють підвищенню біологічної цінності продуктів після заморожування - сублімації і збільшенню частки водорозчинних білків, що узгоджується з даними роботи [9].

Вміст важких металів визначали у сировині всіх видів. Результати наведено у табл. 7.

Таблиця 7

Вміст токсичних елементів у сублімованих продуктах, мг/кг

Елемент	Сублімовані продукти		
	Амарант	Буряк	Морква
Свинець	0,5±0,05	0,13±0,003	0,46±0,002
Кадмій	0,05±0,005	0,68±0,0004	0,11±0,001
Мідь	1,4±0,3	0,97±0,005	4,27±0,03
Цинк	3,0±0,91	14,39±0,96	15,32±0,09
Ртуть	-	-	-
Арсен	0,08±0,005	0,21±0,001	0,014±0,0001

Вміст нітратів у вивченій сировині невисокий, а оброблення її рідким азотом не збільшує кількості цих сполук (табл. 8). Навпаки, для ягід полуниці виявлено різке зменшення кількості нітратів після заморожування та сублімації. Однак це може бути наслідком того, що під час оброблення ягоди втратили частину соку, а, як відомо, нітрати містяться саме в рідкій фазі.

Таблиця 8

Масова частка нітратів у сублімованих продуктах, мг/кг

Об'єкт дослідження		Масова частка нітратів
Картопля	свіжа	140, 00 ±3,26
	сублімована	137,87 + 1,13
Яблука	свіжі	38, 07 ±0,98
	сублімовані	37,54 ±2,15
Полуниці	свіжі	532, 27 ±3,46
	сублімовані	373, 95 ± 1,17
Буряк	свіжий	51, 9± 1,19
	сублімований	50,2 ±3,7
Морква	свіжа	47,7±1,10
	сублімована	47,8 + 0,94
Амарант	свіжий	108,0 ±2,3
	сублімований	107,7 ±4,46

У сублімованих продуктах не виявлено хлор- і фосфорорганічних пестицидів: суми ГХЦГ (γ-ізомер), ДДТ і продуктів його розкладу, гепта-хлору і альдрину. В кріопорошку амаранту немає афлатоксину В і зеараленону. В овочевих продуктах вміст патуліну не перевищує допустимий рівень у 0,05 мг/кг (МБТ).

За даними мікробіологічного аналізу загальний вміст мезофільних аеробних, факультативне анаеробних і плісневих грибів у сублімованих порошках не перевищує допустимих норм. Патогенних мікроорганізмів, бактерій групи кишкових паличок, дріжджів і сульфїтредукувальних клостридій не виявлено. Повторні мікробіологічні дослідження підтвердили можливість зберігання сублімованих продуктів протягом 12 місяців без погіршення їх мікробіологічних показників.

Висновки. Вивчена сировина та сублімовані продукти з неї характеризуються низьким вмістом токсичних речовин природного і антропогенного походження. Рівень важких металів і арсену в досліджених порошках не перевищує подібні показники для зернових та плодовоовочевих культур. Всі отримані кріопорошки характеризуються широким спектром біокомпонентів, що надає отриманим продуктам високої біологічної та харчової цінності і є підставою рекомендувати їх для профілактичного та оздоровчого харчування населення різних верств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Шаробайко В.И. Биохимия холодильного консервирования пищевых продуктов. :Из-во Ленинградского университета, –1986.–220 с.
2. Низкотемпературная кристаллизация в биологических объектах/ Н.С. Пушкарь, А.М. Белоус, Ю.А. Иткин и др.— Киев:Наук. думка, –1997.— 239 с.
3. Сублимационная сушка пищевых продуктов растительного проис—

- хождения /В.Г. Поповский, Л.А. Бантыш, Н.Г. Ивасюк и др.— М.:Пищевая промышленность, —1985.—335с.
4. Алмаш Э., Эрдели Л., Шарли Т. Быстрое замораживание пищевых продуктов //М.: Легкая и пищевая промышленность, —1991.—408 с.
 5. Coldblith S., Karel M., Gusak G./The role of food science and technology in freezedehydratson of foods // Food.Ttchnol.—1993. N139.—P.258—265.
 6. Spiess W. Analitatsveranderungem mei der Gefriertrokung von Cemiise und Obst// Laeltechnik.—1994.—16, N4.—P.349—353.
 7. Birol K.M. Freez—dried foods: palatability tests.—Washington, D.C.: U.S. Department of agriculture marketing Research Report, —1991.—783 p.
 8. Белоус А.М., Цветков Ц.Д. Научные основы технологии сублимационного консервирования. Киев: Наукова думка.—1985.—208 с.
 9. Воскобойников В.А., Рейтблат И.А. Сублимационная сушка — перспективный способ консервирования овощного и плодовоовощного сырья // Холодильная техника. —1987.—№5.—С.21—23

Надійшла до редколегії 29.09.2003

Г.О.Сімахіна, О.А. Штанько

**ЕКОЛОГІЧНІ ТА МЕДИКО-БІОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ
ОТРИМАННЯ СУБЛІМОВАНИХ ВУГЛЕВОДОМІСТКИХ
ПРОДУКТІВ**

У лабораторних умовах оцінено харчову і біологічну цінності, а також екологічну безпеку отриманих низькотемпературним способом за допомогою рідкого азоту сублімованих продуктів із традиційної і нетрадиційної сировини різних видів. Відповідно до отриманих результатів усі продукти містять важливі біокомпоненти, відповідають санітарним нормам якості харчових продуктів, тому можуть бути використані як для масового споживання, так і для профілактичних цілей.

G. Simakhina, O. Shtanko

**THE ECOLOGICAL, MEDICAL AND BIOLOGICAL
ASPECTS OF THE USAGE OF SUBLIMED
CARBOHYDRATE-CONTAINING PRODUCTS**

In the laboratory conditions there was estimated a nutritive and biological value, and the ecological security of the sublimed products made of both traditional and non-traditional raw materials by a low-temperature technology with a help of liquid nitrogen. According to the obtained results, all the products have a wide range of important biocomponents, correspond to the sanitary norms of foodstuff quality, and thus can be used for both mass consumption and the prophylactic purposes.