

УДК 635.076:613.292(100)

DOI: 10.15587/2313-8416.2019.168943

ВІДКРИТТЯ ПРИХОВАНИХ РЕЗЕРВІВ ПЛОДООВОЧЕВОЇ СИРОВИНИ ПІД ЧАС ВИГОТОВЛЕННЯ ОЗДОРОВЧИХ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ ДЛЯ КУЛІНАРІВ СВІТУ

© Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Л. О. Радченко, В. А. Павлюк, Л. М. Біленко, Т. А. Стуконоженко, С. М. Лосєва

Відкриті приховані форми пектинових речовин та біологічно активних речовин (БАР) в наноконформах з біополімерами та мінералами в плодах та овочах. Показано, що в прихованій формі їх знаходиться в плодах і овочах в 2,5...5 разів більше, ніж визначається традиційними хімічними методами досліджень. В якості інновації використано комплексний вплив процесів паротермічної обробки, кріообробки та механолізу при дрібнодисперсному подрібненні на біополімери та БАР. Встановлено, що при дії указаних процесів відбувається більш повне вилучення із сировини пектинових речовин та БАР (в 4,5...7,3 раз) із прихованої форми, і трансформація у розчинну форму

Ключові слова: приховані форми, неферментативний каталіз, механоліз, паротермічна обробка, кріообробка, наноконформи гетерополісахаридів, пектинові речовини

1. Вступ

Робота присвячена науковому обґрунтуванню високоефективного способу інтенсифікації та глибокої переробки рослинної сировини з високим вмістом важкорозчинних неактивних форм гетерополісахаридів різної природи і розробці нанотехнологій дрібнодисперсних добавок з високим вмістом розчинних легкозасвоюваних форм біополімерів, БАВ і оздоровчих продуктів на їх основі.

В якості інновації було використано комплексну дію на плодовоовочеву сировину паротермічної обробки в порівнянні з кріообробкою і неферментативного каталізу-механолізу при дрібнодисперсному подрібненні. Це дозволило авторам вилучити із сировини приховані, неактивні, зв'язані в наноконформах або наноасоціатах важкорозчинні біополімери та БАР, провести їх деструкцію – руйнування і трансформацію в активну розчинну форму.

Актуальність роботи пов'язана з вирішенням проблеми дефіциту в Україні та інших країнах світу рослинних пектинвмісних гідроколіїдних добавок з високими желюючими властивостями, які одночасно є носіями вітамінів та інших БАР (таких як каротиноїди, амінокислоти, хлорофіли, біофлавоноїди та ін.). Потреба в таких добавках при виробництві харчових продуктів тільки в Україні становить понад 1 млн. т на рік.

2. Літературний огляд

Сьогодні в Україні та інших країнах світу спостерігається дефіцит високоякісних натуральних добавок із плодовоовочевої пектинвмісної сировини, які одночасно є і носіями цілющих БАР. Такі добавки сьогодні необхідні для створення продуктів для здорового харчування.

Крім того, актуальність і своєчасність представлених результатів досліджень пов'язана з необхідністю вирішення такої глобальної проблеми, як імунодефіцит, який пов'язаний з недостатньою кількістю в раціонах харчування БАР, таких як вітаміни, каротиноїди, мінеральні речовини, білки та ін., а також неперетравлюваних компонентів їжі, зокрема, пектинових речовин, целюлози та ін. Саме вони від-

повідають за імунітет. Потреба населення в перерахованих речовинах в світі задовольняється всього на 50 %. Відомо також, що пектинові речовини, целюлоза, інулін та ін. відносяться до пребіотиків, які підтримують шлунково-кишковий тракт в здоровому стані. Відомо, що стан здоров'я населення, а також його імунної системи на 80 % залежить від підтримки кишечника в здоровому стані.

В найбільш розвинених країнах проблему імунодефіциту вирішують шляхом введення в раціони харчування оздоровчих продуктів та добавок, особливо із плодовоовочевої сировини, яка відрізняється значною кількістю БАР і пребіотиків.

Перспективною сировиною для отримання таких добавок є традиційна сировина: яблука, абрикоси, гарбуз, морква, топінамбур та ін. Відомо, що при споживанні свіжих фруктів, ягід та овочів організмом людини засвоюється всього 30–40 % БАР, що містяться в них. При їх переробці в різні продукти з використанням традиційних технологічних процесів відбуваються втрати БАР і вітамінів від 20 до 80 %.

Труднощі при переробці пектинвмісних плодів та овочів та їх споживанні в свіжому вигляді пов'язані з тим, що пектин в них міститься в неактивній важкозасвоюваній формі (зокрема, в формі протопектину). Існуючі в світовій практиці методи обробки такої сировини цитолітичними і пектолітичними ферментними препаратами не дали бажаних результатів. Сьогодні навчилися за допомогою ферментних препаратів і механічного подрібнення руйнувати 18...20 % важкорозчинних пектинових речовин. Разом з тим ніхто в світовій практиці не розглядав і не підозрював, що в плодах і овочах можуть міститись в значній кількості також приховані резерви цих речовин, які не визначаються існуючими хімічними методами. Це приховані зв'язані форми важкорозчинних біополімерів, таких як пектин, целюлоза, білок та ін. Нами вперше в світовій практиці було зроблено відкриття і розроблено унікальний метод глибокої переробки рослинної сировини, який дозволив нам впевнено довести і продемонструвати на різних видах сировини, що в фруктах, ягодах та овочах існують

скриті (зв'язані) форми як низькомолекулярних БАР, так і біополімерів. Їх масова частка в 3–5 разів більше, ніж дозволяють вилучити існуючі методи екстракції та хімічні методи визначення їх кількості [1, 2].

За допомогою розроблених авторами унікальних методів – нового напрямку глибокої переробки харчової рослинної сировини – вдалося хімічні речовини, що знаходяться в прихованій, зв'язаній з іншими біополімерами БАР та мінералами, на 50...70 % трансформувати в легкозасвоювану форму [3, 4].

Як інновацію в розроблених методах глибокої переробки рослинної сировини було запропоновано використовувати криогенну обробку сировини: комплексний вплив криогенного «шокового» заморожування і криогенного або низькотемпературного дрібнодисперсного подрібнення, в основі якого лежить, на нашу думку, неферментативний каталіз-механоліз, а також кріомеханоліз.

У даній роботі як інновацію запропоновано альтернативний криогенній обробці і подрібненню метод, а саме: паротермічну обробку в сучасному апараті – пароконвектоматі (в ньому вода кипить при 70 °С і одночасно відбувається три процеси: обробка продукту паром, жарка і варіння) та дрібнодисперсне подрібнення в сучасному обладнанні без застосування холоду, яке активно застосовується на підприємствах ресторанного бізнесу та торгівлі.

Слід зазначити, що використання дрібнодисперсного подрібнення, яке супроводжується процесами механохімії, кріо- та механодеструкції в даний час вже знайшло широке застосування в металургійній, хімічній, авіаційній промисловості, будівництві в таких країнах, як Японія, США, Німеччина та ін. Їх використання дало можливість розробити технології порошкової металургії, технології пластмас з поверхнею, що не дряпається, технологію текстильної продукції з водо- і брудовідштовхуючими властивостями та ін.

Відомо також, що традиційні методи переробки рослинної сировини призводять до значних втрат вітамінів та інших БАР, біополімерів та неповного використання біологічного потенціалу сировини. У зв'язку з цим, на сьогодні в міжнародній практиці актуальною є розробка високих технологій, зокрема, нанотехнологій, які можуть зробити процес обробки харчової сировини більш ефективним та максимально зберегти та вилучити цінні цільові компоненти – БАР та поживні речовини. Крім того, актуальним є запровадження ресурсозберігаючих процесів, розробка безвідходних технологій та менш енергоємних процесів [7].

Під час отримання дрібнодисперсних добавок із фруктів, ягід і овочів як інновацію було запропоновано використовувати комплексну дію на пектинвмісну сировину двох процесів. А саме: процесів паротермічної обробки (або криогенного заморожування) та неферментативного каталізу – механолізу наноасоціатів та нанокомплексів високомолекулярних біополімерів (гетерополісахаридів, білків та ін.). Це дозволило розробити новий спосіб отримання дрібнодисперсних добавок із плодоовочевої сировини (у формі пюре) з якісно новими споживчими властивостями, ніж у вихідній сировині, які не можливо отримати, використовую-

ючи традиційні методи. На основі останніх розроблено широкий асортимент натуральних продуктів для оздоровчого харчування (начинок для кондитерських виробів, нанопаїв, наносорбетів та ін.) як для підприємств ресторанного бізнесу, так і для великих харчових підприємств.

3. Мета та задачі дослідження

Метою даної роботи є наукове обґрунтування високоефективних способів відкриття прихованих резервів плодоовочевої сировини під час глибокої переробки важкорозчинних неактивних форм гетерополісахаридів різної природи і розробка нанотехнологій дрібнодисперсних пюре і порошоків з високим вмістом розчинних форм біополімерів і БАР та оздоровчих продуктів на їх основі.

Для досягнення поставленої мети необхідним є вирішення наступних задач:

- науково обґрунтувати параметри активації та вилучення пектинових речовин із прихованої, зв'язаної форми у розчинну при отриманні заморожених та термооброблених дрібнодисперсних пюре із плодів та овочів з використанням процесів неферментативного каталізу;

- визначити та вивчити біологічно активний комплекс основних БАР та пектинових речовин свіжих плодів та овочів (зокрема, чорної смородини, абрикос, яблук, лимонів з цедрою, гарбузу, шпинату);

- провести порівняння якості дрібнодисперсних пюре (термооброблених та заморожених) зі свіжою плодоовочевою сировиною та пюре – аналогами за вмістом основних БАР (низькомолекулярних фенольних сполук, поліфенолів, β-каротину, L-аскорбінової кислоти), пребіотичних речовин (розчинного пектину, целюлози) та білків;

- розробити рекомендації використання наноструктурованих дрібнодисперсних пюре із плодів та овочів у складі продукції для оздоровчого харчування (сокових нанопаїв, наносорбетів, начинок для кондитерських виробів, цукатів, кремів, хлібобулочних виробів та ін.).

4. Матеріали та методи

Дослідження проведено в Харківському державному університеті харчування та торгівлі (ХДУХТ, Україна) на базі науково-дослідної лабораторії «Інноваційних кріо- та нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» кафедри технологій переробки плодів, овочів і молока. Роботу виконано з використанням для криогенного заморожування сучасного оригінального обладнання, яке є на кафедрі ХДУХТ – програмного криогенного «шокового» заморожувача, в якому як хладагент та інертне середовище використовували рідкий азот. При цьому, температура в морозильній камері була більшою за –60 °С. Плоди та овочі заморожували з різними високими швидкостями до різних температур в продукті. Для подрібнення використовували низькотемпературний подрібнювач («SIRMAN», Італія).

Паротермічну обробку зразків яблук, абрикосів та гарбуза проводили в пароконвекційній печі ("Unox", Італія) при 105 °С в печі, в продукті –

70...75 °С. Дрібнодисперсне подрібнення проводили в кутері (Robot Coupe, Франція).

В дослідженнях використовували свіжу плодовоовочеву сировину (чорну смородину, абрикоси, лимони з цедрою, яблука, гарбуз, шпинат), що містить важкорозчинні гетерополісахаридні наноконплекси (рис. 1, 2). Крім того, дрібнодисперсні доба-

вки в формі термооброблених або криозаморожених пюре та продукти для оздоровчого харчування з застосуванням.

Крім того, в них визначили пребіотичні речовини такі як пектин (зокрема, загальні пектинові речовини, розчинний пектин та протопектин – нерозчинний пектин), целюлозу, білок.

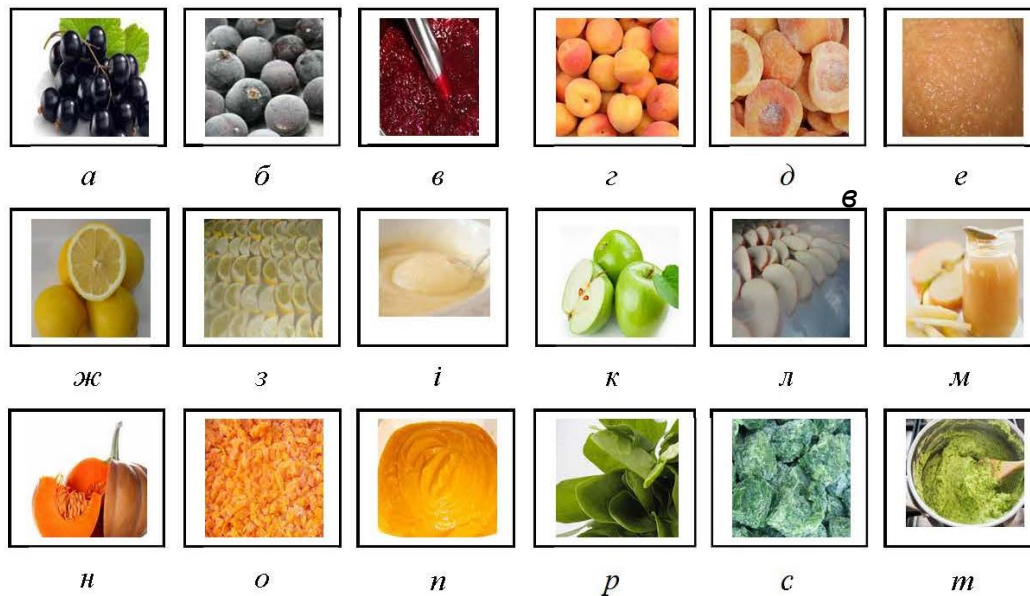


Рис. 1. Об'єкти досліджень: *а* – чорна смородина свіжа; *б* – заморожена чорна смородина; *в* – нанопюре із чорної смородини; *г* – абрикоси свіжі; *д* – заморожені абрикоси; *е* – нанопюре із абрикосів; *ж* – лимони свіжі; *з* – заморожені лимони; *і* – нанопюре із лимонів з цедрою; *к* – яблука свіжі; *л* – заморожені яблука; *м* – нанопюре із яблук; *н* – гарбуз свіжий; *о* – заморожений гарбуз; *п* – нанопюре із гарбуза; *р* – шпинат свіжий; *с* – заморожений шпинат; *т* – нанопюре із шпинату

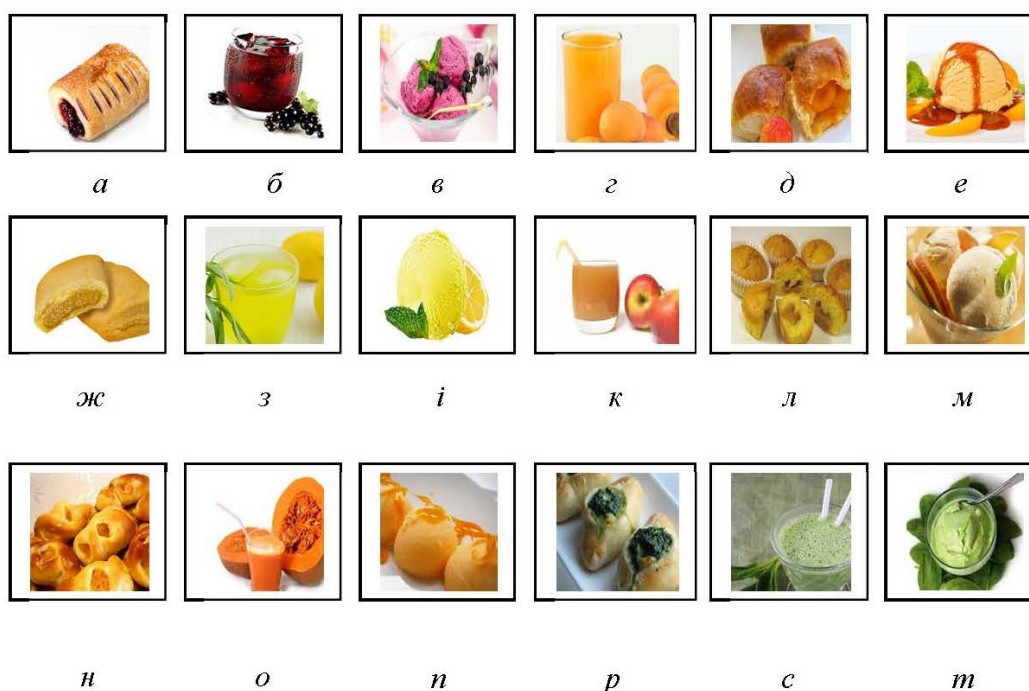


Рис. 2. Нові розроблені продукти для здорового харчування з використанням нанопюре із плодів та овочів: *а, д, ж, л, н, р* – кондитерські вироби з начинкою; *б, г, з, к, о, с* – нананопюї; *в, е, і, м, п, т* – наноморозиво; *а, б, в* – продукти із чорної смородини; *г, д, е* – продукти із абрикосів; *ж, з, і* – продукти із лимонів; *к, л, м* – продукти із

яблук; *n, o, n* – продукти із гарбуза; *p, c, m* – продукти із шпинату

5. Результати досліджень та їх обговорення

Головним при розробці дрібнодисперсних добавок із фруктів, ягід, овочів було максимально вилучити з сировини та трансформувати важкорозчинні пектинові речовини та БАР в розчинну форму. Труднощі полягають в тому, що зазначені речовини знаходяться в важкорозчинних наноконформах з іншими полісахаридами, білками та ін., які не засвоюються організмом людини.

Виявлено та науково обґрунтовано, що при комплексній дії на рослинну сировину паротерміч-

ної або кріообробки та дрібнодисперсного подрібнення відбувається активація важкорозчинних наноконформ гетерополісахаридів (зокрема, пектинових речовин) з іншими біополімерами за рахунок термо- кріо- та механодеструкції. Це призводить до вивільнення із скритих, зв'язаних форм у вільний стан в 4,5...4,8 разів більше ніж у вихідній сировині при кріообробці і в 3,6...3,9 разів більше при термообробці та дрібнодисперсному подрібненні (табл. 1, 2).

Таблиця 1

Вплив кріозаморожування, паротермічної обробки та неферментативного каталізу на трансформацію важкорозчинних пектинових речовин у розчинну форму фруктів і ягід

Сировина	Загальна кількість пектинових речовин		Протопектин		Розчинний пектин		Органічні кислоти	
	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного
Чорна смородина свіжа	1,6	100,0	0,6	100,0	0,8	100,0	6,2	100,0
заморожена	3,0	187,5	1,0	166,0	1,6	200,0	7,0	112,0
Дрібнодисперсне заморожене пюре	7,4	462,5	1,6	266,6	4,9	612,5	9,6	154,8
термооброблена	2,9	184,3	0,9	153,1	1,5	187,5	7,2	116,4
дрібнодисперсне термооброблене пюре	6,9	435,2	1,5	257,9	4,2	525,0	8,8	143,7
Абрикоси свіжі	1,6	100,0	0,6	100,0	0,8	100,0	1,0	100,0
заморожені	2,4	150,0	1,0	166,6	1,2	150,0	1,2	120,0
дрібнодисперсне заморожене пюре	7,2	450,0	1,9	316,6	5,1	637,6	1,5	150,0
термооброблені	2,3	144,0	1,0	166,6	1,1	140,2	1,3	130,6
термооброблене дрібнодисперсне пюре	5,8	362,5	1,6	266,6	4,1	512,5	1,4	140,0
Лимони з цедрою свіжі	1,8	100,0	0,9	100,0	0,9	100,0	10,5	100,0
заморожені	3,6	200,0	1,4	155,5	1,8	200,0	12,5	119,0
дрібнодисперсне заморожене пюре	7,8	433,3	2,0	222,0	5,2	577,7	15,6	148,5
Яблука (сорт Семеренко) свіжі	1,5	100,0	0,7	100,0	0,8	100,0	0,8	100,0
заморожені	2,5	166,6	1,1	157,2	1,4	175,0	1,1	137,5
дрібнодисперсне заморожене пюре	7,2	480,0	2,1	300,0	5,1	637,5	1,4	175,2
термооброблені	2,3	153,3	1,0	144,0	1,3	162,5	1,2	150,0
термооброблене дрібнодисперсне пюре	5,9	393,3	1,2	171,4	4,8	600,0	1,3	162,5

Виявлено також, що при кріогенному заморожуванні плодів та овочів також відбувається кріодеструкція наноконформ біополімерів і вивільнення загального пектину в 1,5...2,0 рази більше ніж у вихідній сировині (табл. 1, 2). Установлено також, що при паротермічній обробці плодів та овочів в пароконвекційній печі протягом 10 хвилин відбувається також більш повне вилучення загального пектину в 1,4...2,0 разів більше ніж у вихідній сировині (табл. 1, 2). Крім того, виявлено, що при термообробці та кріогенному дрібнодисперсному подрібненні відбувається руйнування пектинових речовин до окремих мономерів. Так, при дрібнодисперсному подрібненні

паротермічно оброблених фруктів та ягід масова частка розчинного пектину збільшується в 5,1...6,0 разів в порівнянні з вихідною сировиною, а при кріогенній обробці та дрібнодисперсному подрібненні в 6,1...7,3 рази. Це свідчить про те, що важкорозчинний протопектин руйнується і трансформується у розчинну форму.

Показано, що значна частина пектинових речовин в пюре знаходиться в розчинній формі (до 70 %), що сприяє збільшенню желуючих властивостей отриманих пюре з фруктів, ягід та овочів (табл. 1, 2).

Аналогічні закономірності відбуваються і під

час такої ж обробки всіх плодів та овочів, які наведе- но в роботі (табл. 1, 2).

Таблиця 2

Вплив криозаморожування, паротермічної обробки та неферментативного каталізу на трансформацію важкорозчинних пектинових речовин у розчинну форму різних овочів

Сировина	Загальна кількість пектинових речовин		Протопектин		Розчинний пектин		Органічні кислоти	
	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного	%	% до вихідного
Гарбуз свіжий	1,0	100,0	0,3	100,0	0,7	100,0	0,6	100,0
заморожений	1,8	150,0	0,7	166,6	1,1	150,0	0,8	120,0
дрібнодисперсне заморожене пюре	4,5	450,0	0,6	200,0	5,2	650,0	1,0	166,6
термооброблений	2,0	200,0	0,6	200,0	1,4	200,0	0,7	112,0
дрібнодисперсне термооброблене пюре	4,4	440,0	0,7	220,0	3,1	430,0	0,9	153,0
Свіжий шпинат	1,3	100,0	0,5	100,0	0,7	100,0	0,6	100,0
дрібнодисперсне заморожене пюре	5,9	454,5	1,0	200,0	5,1	728,5	1,0	166,6
Топінамбур свіжий	1,9	100,0	1,2	100,0	0,7	100,0	0,5	100,0
дрібнодисперсне заморожене пюре	6,5	342,0	2,0	166,6	4,5	642,5	0,8	160,0

Таким чином, показано, що під час заморожування та дрібнодисперсного подрібнення рослинної сировини відбувається більш повне вилучення важкорозчинних пектинових речовин із зв'язаного стану з макромолекулами інших полісахаридів, білків та мінеральних речовин у вільну активну форму. Збільшення у порівнянні зі свіжою сировиною становить 4,5...4,8 раз. Крім того, встановлено аналогічне збільшення під час паротермічної обробки та дрібнодисперсного подрібнення, що становить у порівнянні з вихідною сировиною 3,6...3,9 рази. Паралельно від-

бувається неферментативний каталіз важкорозчинних пектинових речовин до окремих мономерів, тобто, вони трансформуються в розчинну легкозасвоювану форму. Аналогічні закономірності отримані і при заморожуванні та низькотемпературному подрібненні всіх об'єктів дослідження.

Механізм цього процесу пов'язаний з термодеструкцією механо- та криодеструкцією, які призводять до руйнування складних наноконструкцій і вивільнення із прихованої форми пектинових речовин в розчинну легкозасвоювану форму.

Таблиця 3

Порівняльна характеристика БАР (L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук) та пребіотичних речовин (пектину, целюлози) в свіжих фруктах та ягодах і заморожених та термооброблених наноструктурованих пюре з них (n=3, P \geq 0,95)

Продукт	Масова частка, мг в 100 г					білку, %
	фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою)	флавоно-лових глікози-дів (за рутином)	поліфенолів – дубильних речовин	β -каротину	L-аскорбінової кислоти	
Чорна смородина свіжа	680,3	145,5	542,0	4,5	265,0	1,2
заморожене нанопюре	990,0	250,8	984,2	13,5	610,4	1,5
Абрикоси свіжі	250,2	55,6	185,4	9,2	45,1	1,5
заморожене нанопюре	420,6	101,2	302,6	30,2	125,2	1,8
паро-термічно оброблене нанопюре	300,4	70,2	250,3	25,8	57,6	1,8
Лимони свіжі	340,1	70,6	290,1	0,2	68,2	2,5
заморожене нанопюре з лимонів з цедрою	740	150,0	480,0	0,4	132,4	3,0
Яблука свіжі	520,1	156,3	354,0	0,1	56,3	1,9
заморожене нанопюре	870,2	264,2	643,0	0,2	108,2	2,4
паро-термічно оброблене нанопюре	620,2	80,3	470,3	0,2	94,2	2,3

Показано також, що в жовтооранжевих плодах – абрикосах, гарбузі масова частка β -каротину коливалась від 9,2 до 9,6 мг в 100 г. Всі плоди та овочі міс-

тять L-аскорбінову кислоту в кількості від 45 мг в 100 г в абрикосах, до 265 мг в 100 г в ягодах чорної смородини. У всіх плодах містяться пребіотичні ре-

човини, зокрема, пектинові речовини в кількості: від 1,4 % до 6,5 % в залежності від виду сировини, та целюлози – від 1,1 % до 1,9 %. Кількість білку в фруктах, ягодах та овочах коливалась від 1,2 % до 2,5 %. Зазначений комплекс БАР, що міститься в фруктах,

ягодах, овочах, які вивчались в роботі, сприяє зміцненню кровоносних судин серця і мозку, імунної системи та надає організму людини антиоксидантну, детоксикуючу, антибактеріальну та протипухлинну дію.

Таблиця 4

Порівняльна характеристика БАР (L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук) та пребіотичних речовин (пектину, целюлози) в свіжих фруктах та ягодах і заморожених та термооброблених наноструктурованих пюре з них ($n=3$, $P \geq 0,95$)

Продукт	Масова частка, мг в 100 г					білку, %
	фенольних сполук (за хлорогено-вою кислотою)	флавоно-лових глікози-дів (за рутином)	поліфенолів – дубильних речовин	β -каротину	L-аскорбінової кислоти	
Гарбуз свіжий	180,3	56,6	210,2	9,6	18,2	1,61
заморожене нано-пюре	332,1	108,0	390,1	40,2	39,4	2,2
термооброблене нано-пюре	280,5	84,2	325,4	30,2	29,6	1,7
Шпинат свіжий	280,6	95,2	350,0	6,2	50,4	2,5
заморожене нано-пюре	536,2	180,1	590,2	20,8	142,5	3,4
Топінамбур свіжий	360,2	250,1	360,2	0,1	15,4	1,2
заморожене нано-пюре	730,1	480,2	580,3	0,2	23,6	1,5

Проведено порівняння якості за вмістом БАР нових дрібнодисперсних добавок в формі пюре із фруктів, ягід, овочів, вихідної сировини та аналогів. Показано, що нові добавки відрізняються високим вмістом БАР (низькомолекулярних фенольних сполук, дубильних речовин, β -каротину, L-аскорбінової кислоти, розчинних пектинових речовин). Встановлено, що в дрібнодисперсному замороженому та термообробленому пюре із досліджуваної сировини масова частка БАР відповідно була більшою в 1,5...4,0 рази та 1,5...3,0 рази, ніж у свіжій сировині (табл. 3, 4).

Таким чином, якість дрібнодисперсних пюре перевищує якість вихідної сировини і суттєво перевищує якість пюре – аналогів. У порівнянні зі свіжою (вихідною) сировиною пюре – аналоги, що отримані із використанням традиційних методів теплової обробки сировини та подрібнення, відрізняються від нових пюре суттєвими втратами БАР (на 20...80 %).

На основі експериментальних досліджень розроблено нанотехнологію заморожених дрібнодисперсних добавок із фруктів, ягід, овочів. Від традиційних нова технологія відрізняється застосуванням високої швидкості та більш низької кінцевої температури заморожування продукту ($-32...-35$ °C) за рахунок використання рідкого або газоподібного азоту. Крім того, відрізняється застосуванням дрібнодисперсного подрібнення до часточок, розміри яких значно менші за традиційні. Нові види добавок зберігаються за температури -18 °C протягом 12 місяців без втрати вітамінів та інших БАР. Експериментально визначені та обґрунтовані раціональні параметри технології (для кожного з зазначених видів сировини окремо), розроблені технологічні схеми, підібране обладнання, розроблений проект НД (ТУ), проведена апробація у виробничих умовах.

Розроблені рекомендації використання нанос-

структурованих дрібнодисперсних пюре із фруктів, ягід, овочів у складі продукції для оздоровчого харчування з рекордним вмістом натуральних БАР. Розроблено широкий асортимент нанопаїв, наносорбетів, молочно-рослинних коктейлів, начинок для кондитерських та екструдованих виробів, сиркових десертів, хлібобулочних виробів, закусок – фалафелів, кремів. Нові види продуктів призначені для використання на великих та малих харчових підприємствах, у закладах ресторанного бізнесу і торгівлі та для індивідуального харчування.

Із застосуванням отриманих нанопаїв із плодоовочевої сировини розроблені продукти для оздоровчого харчування, зокрема, начинки для кондитерських виробів «ПанКейк» та екструдованих продуктів, які в рамках 2-х госпдоговірних тем впроваджені у виробництво (Кондитерська фірма «Лісова казка», м. Харків). Розроблені також вітамінізовані оздоровчі сокові нанопаї та наносорбети, які були вироблені у виробничих умовах в НВФ «КРІАС» та НВФ «ХПК». Апробація нової продукції у виробничих умовах підтверджує доцільність виготовлення заморожених плодоовочевих нанодобавок та оздоровчих продуктів з використанням).

6. Висновки

1. Встановлено та науково обґрунтовано, що при комплексній дії на плоди та овочі паротермічної (або кріо-) обробки та дрібнодисперсного подрібнення відбувається активація важкорозчинних нанокмплексів гетерополісахаридів (зокрема, пектинових речовин) з іншими біополімерами. Активація відбувається за рахунок процесів термо- кріо- та механо-деструкції. Це приводить до вивільнення із прихованих, зв'язаних форм у вільний стан та збільшення у порівнянні з вихідною сировиною масової частки пе-

ктинових речовин при крио- (або паротермічній) обробці та дрібнодисперсному подрібненні відповідно – в 4,5...4,8 раз та в 3,6...3,9 раз. Паралельно відбувається неферментативний каталіз 70 % важкорозчинних пектинових речовин до окремих мономерів, тобто трансформація в розчинну легкозасвоювану форму.

2. Встановлено, що в плодах (чорної смородини, абрикосів, лимонів, яблук) та овочах (шпинаті, гарбузі) в значній кількості містяться БАР. Кількість в залежності від виду вихідної сировини в 100 г становить: низькомолекулярних фенольних сполук (зокрема, оксикоричних кислот) – 280...680 мг, флавонолових глікозидів (зокрема, рутину) – 55...160 мг, поліфенолів – 185...540 мг. Показано також, що всі плоди та овочі містять від 45 до 265 мг в 100 г L-аскорбінової кислоти в залежності від виду сировини та каротинвмісні плоди містять β-каротин в кількості від 9,2 до 9,8 мг в 100 г. Це складає майже дві добові норми організму людини в β-каротині. Показано також, що у всіх плодах та овочах містяться пребіотичні речовини (пектин, целюлоза, білок). Присутні в плодах і овочах БАР

та пребіотичні речовини надають їм лікувально-профілактичні властивості.

3. Встановлено збільшення у порівнянні зі свіжою сировиною масової частки БАР в дрібнодисперсних заморожених та термооброблених пюре із досліджуваної сировини (чорної смородини, абрикосів, лимонів, яблук, шпинату, гарбузу). Збільшення відповідно становить 1,5...4,0 рази та 1,5...3,0 рази. Якість отриманих нових видів дрібнодисперсних пюре перевищує відомі світові аналоги за вмістом БАР та технологічними характеристиками. Нові види пюре знаходяться в нанорозмірній, легкозасвоюваній формі.

4. Із застосуванням нових видів дрібнодисперсних добавок розроблено широкий асортимент продуктів для оздоровчого харчування з рекордним вмістом натуральних БАР. Розроблені нові види нанопіщів, наносорбетів, молочно-рослинних коктейлів, начинок для кондитерських та екструдованих виробів, сиркових десертів, хлібобулочних виробів, закусок – фалафелів, кремів та ін. Нові добавки рекомендовані для використання, на великих та малих харчових підприємствах, у закладах ресторанного бізнесу, торгівлі, в індивідуальному харчуванні.

Література

1. Новий напрям глибокої переробки харчової сировини: монографія / Павлюк Р. Ю., Погарська В. В., Радченко Л. О., Павлюк В. А., Таубер Р. Д. та ін. Харків: Факт, 2017. 380 с.
2. Нове слово в кулінарії / Павлюк Р. Ю., Погарская В. В., Максимова Н. Ф. та ін. // Міжнародний фестиваль ресторанних технологій «BestCookFest-Podillia». Кам'янець-Подільський-Харків: ХТЕК КНТУ, 2019. 140 с.
3. Энциклопедия питания: Т. 5 Биологически активные добавки / Павлюк Р. Ю., Погарская В. В., Павлюк В. А. и др.; ред. Р. Ю. Павлюк. Харьков: Мир Книг, 2017. 406 с.
4. Безусов А. Т., Малькова М. Г. Технологія виробництва галактуронових олігосахаридів із пектинвмісної сировини // Харчова наука і технологія. 2010. № 1 (10). С. 58–61.
5. Sousa V. M. C. de, Santos E. F. dos, Sgarbieri V. C. The Importance of Prebiotics in Functional Foods and Clinical Practice // Food and Nutrition Sciences. 2011. Vol. 2, Issue 2. P. 133–144. doi: <http://doi.org/10.4236/fns.2011.22019>
6. FAO/WHO/UNU. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation // Food and agriculture organization of the united nations Rome. 2013. Vol. 92. URL: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
7. Голубев В. Н., Шелухина Н. П. Пектин: химия, технология, применение: монография. Москва: Акад. технолог. наук, 1995. 387 с.
8. Научные основы здорового питания / Тутельян В. А. и др. Москва: Издательский дом «Панорама», 2010. 816 с.
9. Structural features of native and commercially extracted pectins / Schols H. A., Ros J. M., Daas P. J. H., Bakx E. J., Voragen A. G. J. // Gums and Stabilisers for the Food Industry. 1998. Vol. 9. P. 3–15. doi: <http://doi.org/10.1533/9781845698362.1.3>
10. Research trends in selected blanching pretreatments and quick freezing technologies as applied in fruits and vegetables: A review / Xin Y., Zhang M., Xu B., Adhikari B., Sun J. // International Journal of Refrigeration. 2015. Vol. 57. P. 11–25. doi: <http://doi.org/10.1016/j.ijrefrig.2015.04.015>

Дата надходження рукопису 09.04.2019

Павлюк Раїса Юрїївна, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, арківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

Погарська Вікторія Вадимівна, доктор технічних наук, професор, лауреат Державної премії України, Кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: ktppom@ukr.net

Радченко Людмила Олексіївна, кандидат історичних наук, професор, директор, Харківський торговельно-економічний коледж Київського національного торговельно-економічного університету, вул. Клочківська, 202, м. Харків, Україна, 61045
E-mail: kharkiv@htek.com.ua

Павлюк Вадим Антонович, доктор фізико-математичких наук, професор, кафедра технології і організації ресторанного бізнесу, Харківський торговельно-економічний інститут Київського Національного торговельно-економічного університету, пров. Отакара Яроша, 8, м. Харків, Україна, 61045

Біленко Леоніда Мстиславівна, Заступник директора з навчальної роботи, Харківський торговельно-економічний коледж Київського національного торговельно-економічного університету, вул. Клочківська, 202, м. Харків, Україна, 61045
E-mail: kharkiv@htek.com.ua

Стуконоженко Тетяна Анатоліївна, аспірант, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: tasichkayo@gmail.com

Лосєва Світлана Михайлівна, доцент, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: ktrppom@ukr.net

УДК 628.38: 546: 56

DOI: 10.15587/2313-8416.2019.169005

РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ ЧИСТЫХ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ПРОИЗВОДСТВА РАДИОЭЛЕКТРОННОЙ АППАРАТУРЫ

© М. А. Добрян, А. А. Правда, О. И. Юрченко, Ю. С. Глизнаца, Т. П. Карпова, Р. Р. Зоря

Исследованы составы исходных и отработанных технологических растворов производства радиоэлектронной аппаратуры. Разработаны и внедрены ресурсосберегающие технологии: травления печатных плат меднохлоридными растворами с использованием противотоком отработанных промывных растворов и утилизацией отработанных травильных растворов в производстве фунгицидов на основе хлорокиси меди; регенерации галогенорганических растворителей. Внедрение этих технологий позволяет предотвратить загрязнение окружающей среды токсичными соединениями меди (ПДК меди в рыбохозяйственных водоёмах 0,01 мг/дм³) и галогенорганическими растворителями

Ключевые слова: радиоэлектронная аппаратура, травильные растворы, хлорокись меди, галогенорганические растворители, регенерация, утилизация

1. Введение

По данным Всемирной организации охраны здоровья (ВОЗ), относительно средней продолжительности жизни, в разных странах можно отметить, что верхние строчки таблицы занимают страны двух типов:

– страны, где сложились благоприятные природные условия – есть в достаточном количестве природная маломинерализованная чистая вода;

– страны, где нет природной маломинерализованной природной воды, но государством установлены и соблюдаются жёсткие стандарты на питьевую воду [1].

К сожалению, запасы природной маломинерализованной воды, особенно в восточных регионах Украины, недостаточные для обеспечения нормальной жизнедеятельности. Нильс Бор сказал: «Человечество не погибнет в атомном кошмаре — оно задохнется в собственных отходах» [2]. Действительно, на состояние воздушного бассейна, водных объектов, земельных ресурсов, растительного и животного мира негативно влияет антропогенная деятельность человека [3, 4]. В докладе о состоянии окру-

жающей природной среды в Харьковской области в 2017 году приведена удручающая информация. В течение года 995 предприятий вывезли на полигоны для захоронения отходов области 42 млн. 414 тыс. 898,2 тонн твёрдых промышленных и бытовых отходов, которые под действием атмосферных и грунтовых вод загрязняют почву, почвенные и подземные воды, водоёмы, растительный и животный мир. В поверхностные водные объекты Харьковской области сброшено 270,3 млн. м³ воды, из них только 198,1 млн. м³ нормативно очищенной. Из 76 водочистных сооружений области только 33 (46 %) обеспечивают эффективную очистку воды. В воздушный бассейн из стационарных источников загрязнения выбросы составили 45 тыс. тонн, из них 49,8 % – от сжигания топлива в энергетике, из которых 25,3 % (5,7 тыс. тонн) – окисей и других соединений серы, 5,766 тыс. тонн углекислого газа. Объёмы выбросов от транспорта составляют 3,118 тыс. тонн. В Харьковской области на душу населения приходится 16,7 кг выбросов в воздух [5]. Более 70 % всех загрязнений попадают в организм челове-