

17. Барамбойм, Н. К. Механохимия высокомолекулярных соединений [Текст] / Н. К. Барамбойм. – М.: Химия, 1978. – 384 с.

18. Pavlyuk, R. The development of cryogenic method of deep treatment of inulin-containing vegetables (topinambour) and obtaining of prebiotics in the nanopowders form [Text] / R. Pavlyuk, V. Pogarska, V. Pavlyuk, K. Balabai, S. Loseva // EUREKA: Life Sciences. – 2016. – Vol. 3. – P. 36–43. doi: 10.21303/2504-5695.2016.00145

19. Balaz, P. Mechanochemistry in technology: from minerals to nanomaterials and drugs [Text] / P. Balaz, M. Balaz, Z. Bujnakova // Chemical Engineering and Technology. – 2014. – Vol. 37, Issue 5. – P. 747–756. doi: 10.1002/ceat.201300669

20. Balaz, P. Mechanochemistry in Nanoscience and Minerals Engineering [Text] / P. Balaz. – Cambridge: Woodhead Publishing Limited, 2010. – 400 p.

Дата надходження рукопису 24.03.2017

Павлюк Раїса Юрївна, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський 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

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

Таубер Роман Давід, доктор педагогічних наук, професор, ректор, Академія готельного бізнесу та громадського харчування в Познані, вул. Нізавска, 19, м. Познань, Польща, 61-022
E-mail: wshigua@i.ua

Маціпура Тетяна Сергіївна, старший викладач, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування і торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

Каплун Олена Анатоліївна, кандидат біологічних наук, Харківський торговельно-економічний коледж Київського національного торговельно-економічного університету, вул. Клочківська, 202, м. Харків, Україна, 61045

УДК 637.141.8

DOI: 10.15587/2313-8416.2017.102152

РОЗРОБКА НОВОГО ПОКОЛІННЯ ОЗДОРОВЧИХ НАНОНАПОЇВ ЗБАГАЧЕНИХ КАРОТИНОЇДНИМИ, ХЛОРОФІЛВІСНИМИ, АНТОЦΙΑНОВИМИ НАНОДОБАВКАМИ

© Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Л. М. Біленко, О. С. Погарський, Ю. П. Какадій,
Г. Е. Гасанова, Т. А. Стуконоженко

Розроблено нові натуральні функціональні оздоровчі сокові нанонапої з рекордним вмістом БАР (L-аскорбінової кислоти, β-каротину, хлорофілу, антоціанів, фенольних сполук) та пребіотиків – целюлози, пектинових речовин в розчинній іономолекулярній формі. Як інновацію в технології нанонапоїв використовували в якості збагачувачів БАР, барвників, структуроутворювачів рослинні каротиноїдні, хлорофілвісні, антоціанові кріопюре в наноформі із плодів та пряноців

Ключові слова: оздоровчі нанонапої, натуральні нанопюре, каротинвісні, хлорофілвісні, антоціанові добавки, плоди, овочі

1. Вступ

Актуальність та своєчасність представлених в статті наукових результатів та відомостей пов'язана з необхідністю вирішення на планеті таких глобальних проблем, як: голод, 50 %-вий дефіцит в раціонах харчування біологічно активних речовин (БАР), зокрема вітамінів, каротину, мінеральних речовин, білка та інших, які посилюються погіршенням екологічної ситуації та зниженням імунітету у населення України та багатьох інших країнах світу [1, 2]. Одним із важ-

ливих напрямків вирішення даної глобальної проблеми, за даними ЮНЕСКО в міжнародному прогнозі «Харчування XXI століття» є розробка та створення оздоровчих функціональних продуктів, спрямованих на зміцнення здоров'я [3].

В зв'язку з цим сьогодні в багатьох країнах світу знаходять широке застосування функціональні оздоровчі продукти (особливо із фруктів, ягід та овочів), які направлені на підвищення імунітету населення. Основними вимогами, які пред'являються до

таких продуктів є їх нешкідливість, тобто відсутність в їх складі шкідливих синтетичних домішок і високий вміст в них перш за все натуральних рослинних БАР таких як: вітаміни (особливо L-аскорбінова кислота, β -каротин, α -токоферол, фенольні сполуки, хлорофіл, ароматичні та мінеральні речовини та ін.). Особливо великою популярністю у населення багатьох країн світу користуються натуральні соки та сокові напої [4, 5].

2. Літературний огляд

Вивчення асортименту плодоовочевих соків та напоїв, які виробляються та реалізуються в Україні показав, що вони відрізняються низьким вмістом вітамінів та інших БАР, високим вмістом цукру і містять синтетичні компоненти (барвники, ароматизатори, загущувачі, консерванти), які негативно впливають на організм людини [6, 7]. В зв'язку з цим актуальним є розробка нового покоління натуральних сокових нанопаїв з високим вмістом вітамінів та інших БАР, які мають імуномодулюючі та детоксуючі властивості для використання в здоровому харчуванні.

Аналіз періодичної літератури за останні 15 років показав, що при отриманні сокових напоїв з м'якоттю харчові речовини зберігаються, але втрачаються, як і при виробництві прозорих сокових напоїв, але в меншій кількості вітаміни та інші БАР [8, 9]. Втрати вітамінів та інших БАР відбуваються на різних етапах технологічної обробки сировини (при тепловій обробці, в процесі протирання, пастеризації та ін.) і становлять від 20 до 80 % у порівнянні з їх вмістом в свіжій сировині [7, 10].

Труднощі при отриманні сокових напоїв з м'якоттю із плодоовочевої сировини пов'язані не тільки з втратами вітамінів та інших БАР свіжої сировини при протиранні і отриманні плодового пюре, а також з отриманням однорідної консистенції за гранулометричним складом при подрібненні високомолекулярних білково-полісахаридних важкорозчинних наноконкомплексів сировини. Це призводить до розшарування сокових напоїв, випадання осаду та втрати їх товарного вигляду [8].

Таким чином, існуючі в світовій практиці технології не дозволяють отримати сокові напої високої якості. На сьогоднішній день не знайдені технологічні прийоми, що дозволяють отримати сокові напої високої якості за вмістом натуральних вітамінів та інших біологічно активних речовин. В зв'язку з цим актуальним є розробка натуральних високоякісних сокових нанопаїв з високим вмістом вітамінів та інших БАР, які можуть використовуватися населенням для зміцнення імунітету та для здорового харчування.

Для збагачення сокових напоїв натуральними БАР в дослідженні були використані в якості інновації наноструктуровані добавки із натуральної рослинної сировини – каротинвмісної, хлорофілвмісної, антоціанової, а також пюре із яблук і лимонів з цедрою, які виступали в ролі стабілізаторів і структуроутворювачів. До складу збагачуючих добавок з високим вмістом БАР, що були використані в дослідженні, входять також білки, пектин та целюлоза, які зна-

ходяться переважно у розчинній формі в іонномолекулярному та колоїдному стані, утворюють з водою та між собою колоїдну однорідну консистенцію і текстуру сокових нанопаїв. Отримані з їх застосуванням сокові нанопаї не розшаровуються в процесі зберігання, тобто збагачуючі добавки виступають і як стабілізатори текстури.

3. Мета та задачі дослідження

Мета дослідження – розробка нового покоління натуральних сокових оздоровчих нанопаїв, збагачених каротинвмісними, хлорофілвмісними, антоціановими дрібнодисперсними нанодобавками із плодів та овочів, які отримані за кріогенною нанотехнологією та фітоекстрактами із натуральних прянощів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити наступні задачі:

- дати характеристику і визначити вміст БАР в заморожених нанодобавках (із абрикос, обліпихи, гарбуза, яблук, шпинату, вишні, лимонів з цедрою, бананів в порівнянні із вихідною сировиною) – як основного компоненту для сокових нанопаїв;

- вивчити вплив дрібнодисперсного подрібнення натуральних прянощів на швидкість і ступінь вилучення БАР при отриманні фітоекстрактів із майорану, кардамону, коріандру, естрагону, які використовувались при виготовленні сокових нанопаїв;

- розробити три групи рецептур сокових нанопаїв на основі плодоовочевих кріодобавок в формі нанопюре із хлорофілвмісних, каротинвмісних та антоціанових плодів та овочів і фітоекстрактів із натуральних прянощів;

- вивчити вміст БАР в сокових нанопаєх (L-аскорбінової кислоти, β -каротину, хлорофілу а і b, антоціанів, низькомолекулярних фенольних сполук та ін.), закономірності і механізми стабільної дисперсної текстури оздоровчих нанопаїв.

4. Матеріали і методи досліджень

Дослідження проведені в Харківському державному університеті харчування та торгівлі на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока в лабораторії «Інноваційних кріо- і нанотехнологій рослинних добавок та оздоровчих продуктів» в співдружності із фахівцями Харківського торговельно-економічного коледжу Київського національного торговельно-економічного університету.

Дослідження проведені з використанням каротинвмісних ягід та овочів (зокрема, обліпихи, абрикосів, гарбуза), хлорофілвмісних овочів (шпинату), антоціанових ягід (вишні), а також яблук, лимонів разом з цедрою, бананів, та заморожених дрібнодисперсних нанопюре з них і нових оздоровчих нанопаїв на їх основі та фітоекстрактів із натуральних прянощів (кардамону, майорану, коріандру, естрагону).

В дослідженні використовувалось сучасне кріогенне обладнання, яке є на вищезазначеній кафедрі Харківського державного університету харчування та торгівлі, а саме: кріогенний програмний швидкокомрозильний апарат з комп'ютерним забезпеченням для кріогенного «шокового» заморожування плодів та овочів та низькотемпературний дрібнодисперсний подрібнювач – гомогенізатор – кутер (Франція). Об-

робку зразків здійснювали з використанням газоподібного і рідкого азоту в морозильному апараті. Більш детально можна ознайомитись в роботі [4].

4.1. Методи визначення показників досліджуваних зразків

Для виконання поставлених задач використовували такі методи досліджень: колориметричний метод Мурі для визначення β -каротину, метод візуального і потенціометричного титрування для визначення L-аскорбінової кислоти, колориметричний метод Фоліна-Деніса для визначення загальної кількості низькомолекулярних сполук (за хлорогеновою кислотою), колориметричний метод визначення суми флавонолових глікозидів (за рутином). Визначення хлорофілу а і b проводили по методу спектрофотометрії, поліфенольні речовини (за таніном) визначали за ДСТУ 4373:2005, білок за методом Кьельдаля, загальний цукор – перманганатометричним методом (метод Бертрана), целюлозу визначали стандартним методом, що заснований на утворенні фурфуролу з пентозанів при обробці целюлози розчином з масовою часткою соляної кислоти 13 % при нагріванні і визначенні відігнаного фурфуролу спектрофотометричним методом. Детально з методиками визначення показників досліджуваних зразків можна ознайомитись в роботі [4].

5. Результати досліджень розробки нового покоління оздоровчих сокових нанопаїв збагачених каротиноїдними, хлорофілмісними, антоціановими нанодобавками і фітоекстрактами та їх обговорення

При розробці сокових нанопаїв як інновацію в роботі використовували в якості основи високовітамінні каротиноїдні, хлорофілмісні, антоціанові антиоксидантні, заморожені нанодобавки із абрикос, гарбуза, обліпихи, яблук, шпинату, вишні, лимонів з цедрою, які отримані на кафедрі технологій переробки плодів, овочів і молока ХДУХТ, з використанням криогенної технології та додатково вносили фітодобавки в формі екстрактів із лікарської пряноароматичної рослинної сировини (кардамону, коріандру, майорану, естрагону) [3, 4, 6].

Показано, що нові заморожені добавки із плодів та овочів знаходяться в наноструктурованій формі, мають розмір частинок в десятки разів менший, ніж традиційне пюре. Крім того, в порівнянні з виготовленими за традиційними технологіями пюре вони мають принципово нові властивості, зокрема, в декілька разів краще розчиняються та диспергуються в воді; відрізняються в 2,5...4 рази вищим, ніж у свіжих плодах, вмістом натуральних вітамінів, каротиноїдів, хлорофілів, антоціанів та інших низькомолекулярних БАР у вільному стані (табл. 1).

Таблиця 1

Порівняльна характеристика L-аскорбінової кислоти, β -каротину, фенольних сполук, пребіотичних речовин (пектину, целюлози) та харчових речовин в свіжих плодах і овочах та заморожених нанопаїв із них

Продукт	Масова частка, мг в 100 г					Масова частка, г в 100 г			
	L-аскорбінової кислоти	β -каротин	Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою)	Флавонолові глікозиди	Полі феноли (за таніном)	Пектинові речовини	Целюлоза	Білок	Загальний цукор
Гарбуз свіжий	10,2±1,2	8,5±0,5	130,4±1,2	48,4±3,2	150,2±4,2	1,6±0,1	1,1±0,1	1,4±0,1	6,6±0,5
Наноструктуроване кріопюре із гарбуза	25,6±3,1	35,2±2,6	245,2±5,2	96,8±7,3	290,0±6,8	7,3±0,2	0,8±0,1	2,0±0,2	8,0±0,6
Абрикоси свіжі	40,5±1,6	8,5±1,6	120,3±10,1	45,4±1,2	180,0±5,6	1,4±0,1	1,0±0,1	1,5±0,1	7,1±0,5
Нанопає заморожене із абрикос	120,3±10,4	28,6±2,2	180,5±12,1	80,3±3,9	281,4±6,2	7,0±0,2	0,9±0,1	1,8±0,1	8,2±0,6
Обліпиха свіжа	70,2±5,4	12,8±0,6	160,2±12,1	70,2±5,4	150,6±3,8	1,3±0,1	1,2±0,1	2,0±0,2	8,5±0,5
Нанопає заморожене із обліпихи	215,3±11,2	36,8±2,8	240,2±25,2	125,2±1,6	280,4±5,8	7,5±0,2	0,9±0,1	2,4±0,1	9,5±0,6
Яблука свіжі	32,2±1,2	0,1±0,05	410,6±26,1	120,2±5,4	320,3±7,4	1,5±0,1	1,6±0,2	1,8±0,1	7,5±0,5
Нанопає заморожене із яблук	75,4±2,8	0,3±0,06	670,2±10,5	204,1±12,5	560,2±10,5	7,2±0,3	1,3±0,1	2,2±0,2	9,5±0,6
Лимони свіжі	60,2±3,2	0,2±0,05	305,2±10,2	65,1±5,2	280,1±5,6	1,8±0,1	2,5±0,1	2,5±0,1	6,2±0,5
Нанопає заморожене із лимонів з цедрою	125,6±4,2	0,4±0,07	550,3±12,5	110,6±4,5	420,0±10,3	7,5±0,4	2,1±0,2	3,0±0,2	7,5±0,6
Банани свіжі	31,0±1,0	0,1±0,05	210,0±10,2	385,2±11,2	180,2±5,2	2,0±0,1	0,8±0,1	1,0±0,1	10,2±0,5
Нанопає заморожене із бананів	65,2±2,5	0,2±0,05	315,2±10,2	450,8±25,2	280,3±6,8	8,0±0,4	0,5±0,1	1,3±0,1	10,8±0,6
Вишня свіжа	40,8±3,2	0,3±0,05	318,2±4,5	75,6±3,8	310,2±5,4	1,3±0,1	1,0±0,1	1,4±0,1	6,4±0,6
Нанопає заморожене із вишні	89,6±5,1	0,7±0,05	610,6±10,2	131,2±2,4	600,1±12,5	6,8±0,3	0,9±0,1	2,0±0,2	7,5±0,7
Шпинат свіжий	48,2±4,0	4,2±0,5	240,6±5,8	80,4±5,6	320,4±10,2	1,3±	1,5±0,1	2,5±0,1	6,0±0,2
Нанопає заморожене із шпинату	99,8±10,1	9,8±1,0	420,5±6,5	150,2±6,8	510,5±25,0	7,1±0,5	1,3±0,1	3,2±0,1	6,8±0,2

Останні мають потенційні імуномодулюючі, антиокислювальні, детоксуючі властивості, а також при введенні в різні види продуктів, зокрема сокові нанопаї, виступають як натуральні збагачувачі БАР, загусники, структуроутворювачі та барвники.

Аналіз розмірів біологічних компонентів, речовин або наноконкомплексів, наноасоціатів в дрібнодисперсному замороженому нанопюре із плодів та овочів, отриманих за новою технологією свідчить про те, що вони нанорозмірні [3]. Так, розміри каротиноїдів, L-аскорбінової кислоти, вітамінів В₁, В₂, які знаходяться у вільному стані складають від 1,0 до 1,6 нм та ін. Розміри α-амінокислот, які містяться у рослинних гетерогенних дрібнодисперсних біосистемах у вільному стані знаходяться у діапазоні від 0,42 нм (у гліцина) до 1,5 нм (у триптофана). Розміри інших амінокислот займають проміжні значення. Розміри молекул моноцукрів (глюкози, фруктози) теж складають біля 1 нм. Розміри молекул білків в розчинному стані в замороженому пюре знаходяться в інтервалі 100...500 нм, розміри асоціатів або наноконкомплексів біополімерів складають від 200 до 800 нм і т.п. [3].

Виявлено, що дрібнодисперсні заморожені нанопюре, які використовувались в роботі, на 70 % знаходяться в нанорозмірній формі [3]. В якості добавок при виготовленні нанопаїв використовували також фітодобавки із натуральних прянощів в формі водно-спиртових екстрактів із натуральних прянощів. В даній роботі використовували водно-спиртові настої або наноекстракти із пряно – ароматичної сировини: кардамону (*Elettaria cardamomum* Maton, сімейство імбирні – *Lingiberaceae*), майорану садового (*Majoran portensis* Moench, сімейство ясноткових *Lamiaceae*), плодів коріандру (*Coriandri fructus*, сімейство Аріасеал *Umbelliferae*) та естрагону, які готували за класичною технологією методом настоювання та екстракції. Як інновацію для інтенсифікації процесу екстракції і більш повного вилучення БАР із сировини в розчин використовували механічну обробку та криообробку сировини при екстракції, яку на кафедрі розробили та впровадили у виробництво на різних підприємствах України, Росії, Латвії.

Встановлено, що використання дрібнодисперсного подрібнення пряно-ароматичної рослинної сировини при отриманні водно-спиртових екстрактів значно збільшує вихід екстрактивних БАР із сировини (в 1,4...1,5 разів) і значно прискорює процес екстракції в порівнянні з традиційними методами (в 4...5 разів швидше) (рис. 1, табл. 2).

Показано, що вміст сухих речовин в водно-спиртових екстрактах складає від 1,8 до 4,8 % в 100 мл (табл. 2). Кількість екстрактивних речовин в фітонаноекстрактах залежить від хімічного складу, архітектоники рослинних тканин, клітин сировини і кількості БАР, які знаходяться у зв'язаному стані в асоціатах або наноконкомплексах з біополімерами полісахаридів, білків, дубильних речовин та ін.

Установлено, що фітоекстракти із пряно-ароматичної сировини знаходяться в нанорозмірній формі і аналогічно вихідній (висушеній) сировині відрізняються високим вмістом БАР (табл. 2). Так, в 100 мл дослідних фітоекстрактів містяться: ароматичних речовин – 82,3...168 мг Na₂S₂O₃, низькомолекулярних

фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) – 320,6...1210,6 мг, флавонолових глікозидів (за рутином) – 115,4...199,4 мг, вільних катехінів – 41,2...310,2 мг, дубильних речовин – 302,6...890,8 мг (табл. 2). Найбільшим вмістом ароматичних речовин відрізняються фітоекстракти із кардамону та майорану, найменшим – із естрагону.

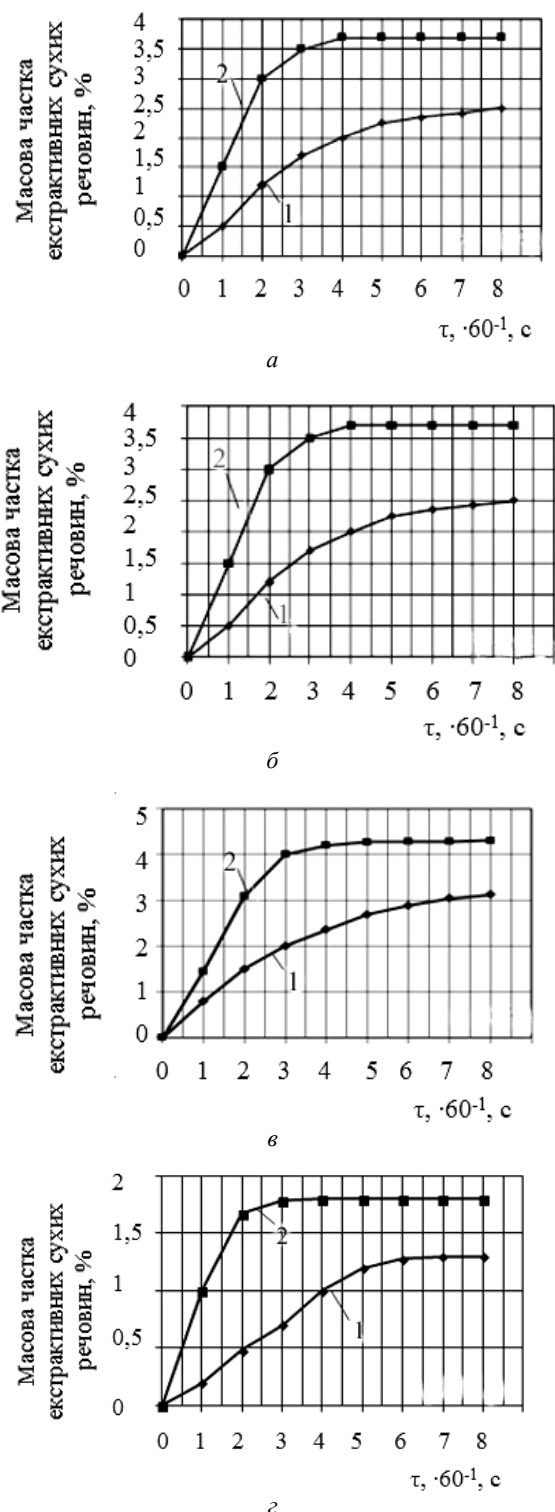


Рис. 1. Вихід екстрактивних сухих речовин із пряно-ароматичної рослинної сировини в водно-спиртовий екстракт в залежності від тривалості настоювання та способу подрібнення: традиційного (1) і дрібнодисперсного (2): а – майоран; б – кардамон; в – естрагон; з – коріандр

Таблиця 2

Вміст БАР в фітонаноекстрактах із пряно-ароматичної рослинної сировини (n=3, P≥0,95)

Найменування показника	Водно-спиртові фітонаноекстракти			
	із кардамону	із майорану	із естрагону	із насіння коріандру
Ароматичні речовини (за числом аромату), мл Na ₂ S ₂ O ₃ в 100 мл	168,8	152,4	82,3	140,2
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 мл	540,6	1210,6	860,4	320,6
Флавонолові глікозиди (за рутіном), мл в 100 мл	115,4	189,2	145,5	199,4
Вільні катехіну (за d-катехіном), мг в 100 мл	156,4	310,2	320,6	41,2
Дубильні речовини (за таніном), мг в 100 мл	890,8	505,6	405,6	302,6
L-аскорбінова кислота, мг в 100 мл	10,4	8,9	6,5	5,1
Сухі речовини, %	3,5	4,8	4,3	2,0

Головним при розробці рецептур сокових натуральних нанопаїв з м'якоттю з використанням дрібнодисперсних нанодобавок із плодів та овочів було отримати однорідну стабільну консистенцію напою, яка б при зберіганні не розшарувалась і не втрачала натуральний жовто-оранжевий колір, або зелений чи рожевий, не вміщувала б синтетичних компонентів (зокрема, згущувачів, стабілізаторів, барвників, ароматизаторів). В зв'язку з цим в якості стабілізаторів і структуроутворювачів в напої введено заморожене нанопоре із яблук і лимонів з цедрою (як носіїв розчинних пектинових речовин в активній формі та розчинних білків у формі вільних амінокислот, дипептидів, тритерпеноїдів), які знаходяться в добавках в іономолекулярному і колоїдному стані і утворюють з водою та між собою стійкі колоїдні наокомплекси, що забезпечує однорідну консистенцію і стабільну текстуру нанопаїв з м'якоттю, які не розшаровуються в процесі зберігання. Жовто-оранжевий колір соковим нанопаєм забезпечували каротиноїди абрикос, обліпихи та гарбуза. Зелений колір забезпечував шпинат, а рожевий – вишня. Наноекстракти із пряно-ароматичної рослинної сировини крім того, що забезпечують збереження каротиноїдів в напоях в процесі зберігання, вони також збагачують напої природними антиоксидантами, детоксика-

нтами та іншими речовинами і продовжують строки зберігання.

Методом математичного моделювання та експериментальними дослідженнями розроблені рецептури 4-х видів нанопаїв: 2-х каротиноїдних сокових нанопаїв – «Orange-Tonic» і «Каротелла», одного нанопаю зеленого кольору із хлорофілвмісних овочів – «Green-Tonic» та одного нанопаю рожево-вишневого кольору на основі кріопоре із вишні, яблук та лимонів з цедрою – «Purple-Tonic».

Установлено, що по органолептичним показникам нові види каротиноїдних, хлорофілвмісних та антоціанових нанопаїв мають гомогенну, рівномірно забарвлену суспензію жовто-оранжевого, зеленого та рожево-вишневого кольору, кисло-солодкий оригінальний натуральний смак і аромат фантазійного напрямку (зокрема, свіжості, аромату гуаяви і папаї та цитрусових, тощо). Нові нанопаї для оздоровчого харчування мають гомогенну стабільну консистенцію і структуру, яка не розшаровується при зберіганні.

Показано, що нові нанопаї, отримані з використанням заморожених дрібнодисперсних нанодобавок із плодів та овочів та фітоекстрактів із прянощів відрізняються рекордним вмістом вітаміну С, каротиноїдів, фенольних сполук та інших БАР (табл. 3, рис. 2).

Таблиця 3

Вміст біологічно активних, пребіотичних і харчових речовин в сокових нанопаєх в порівнянні з аналогами (n=3, P≥0,95)

Найменування показників	Плодоовочеві сокові нанопаї				Аналоги	
	«Orange-Tonic»	«Green-Tonic»	«Purple-Tonic»	«Каротелла»	«Морквяний Напій»	«Гарбузовий Напій»
β-каротин, мг в 100 мл	5,0	3,5	2,0	4,2	1,0	1,1
L-аскорбінова кислота, мг в 100 мл	37,2	50,0	50,0	42,0	2,0	1,2
Фенольні сполуки (за хлорогеновою кислотою), мг в 100 мл	91,2	105,3	120,7	80,6	9,2	8,8
Флавонолові глікозиди (по рутіну), мл в 100 мл	45,6	48,9	46,3	50,2	4,3	5,0
Поліфенольні дубильні речовини (за таніном), мг в 100 мл	75,2	82,8	79,8	70,6	12,1	10,4
Пектинові речовини, %	1,3	1,2	1,3	1,4	0,3	0,4
Мінеральні речовини, мг в 100 мл:						
К	80,9	85,4	82,3	90,5	110,0	124,0
Са	25,8	29,4	28,6	30,2	20,	16,0
Mg	22,5	19,3	20,6	21,0	10,6	13,2
P	24,3	29,3	25,2	30,2	24,2	19,6
Fe	1,1	0,9	1,1	1,0	0,3	0,6
Загальний цукор, %	8,1	8,0	8,0	8,0	8,0	8,5
Органічні кислоти, %	2,1	2,2	2,2	2,0	2,0	2,0
Целюлоза, %	1,2	0,9	1,2	1,1	0,2	0,3
Сухі речовини, %	11,5	12,0	12,0	12,0	10,0	11,2

Так, наприклад, в 100 мл нанопаю міститься 2,0...5,0 мг β -каротину, який знаходиться в легкозасвоюваній гідрофільній наноформі, що в 2...5,0 разів вище ніж в напоях-аналогах. Відомо, що добова потреба організму людини в β -каротині складає 5...6 мг. Таким, чином, в 100 мл міститься 0,5–1 добова потреба в β -каротині. Тобто, достатньо випити 0,5 стакану нанопаю, щоб задовольнити добову потребу в β -каротині, а в разі лікувальної дози, для ослаблених людей можна вжити і стакан напою на добу. Показано також, що в 100 мл напою міститься 0,5 добової потреби в вітаміні С і в стакані (200 мл) – добова потреба.

Отримані сокові каротиноїдні, хлорофілвісні та антоціанові нанопаї з рекордними характеристиками по вмісту натуральних каротиноїдів, хлорофілів, антоціанів та інших БАР для оздоровчого харчування отримані вперше в міжнародній практиці.

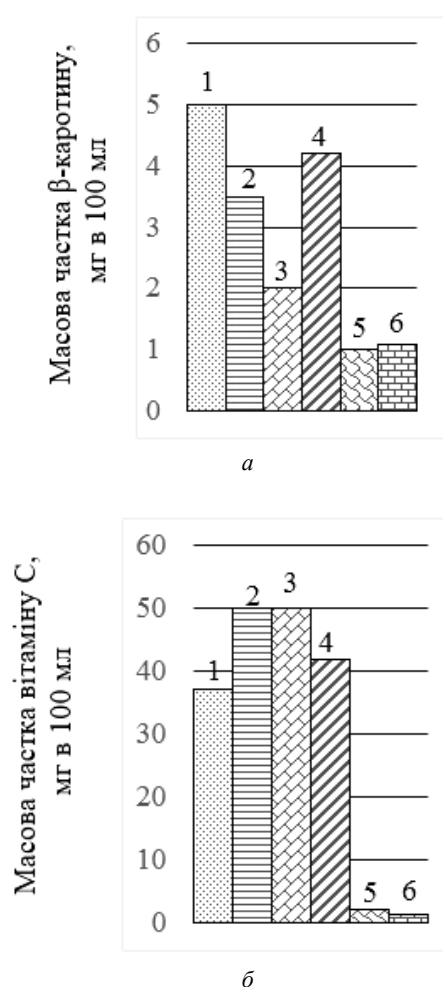


Рис. 2. Вміст β -каротину та вітаміну С в 100 мл плодоовочевих нанопаїв в порівнянні з аналогами: а – β -каротин, б – вітамін С; 1–4 – плодоовочеві нанопаї “Orange-Tonic” (1), “Green-Tonic” (2), “Purple-Tonic” (3), “Каротелла” (4); 5–6 напої - аналоги моркв’яний (5) та гарбузовий (6)

Показано також, що вміст фенольних сполук (за хлорогеновою кислотою) в плодоовочевих нанопаєх в 10 раз вище, ніж в аналогах, флавонолових глікозидів (за рутином) та поліфенолів теж в 10 раз більше, ніж в аналогах (табл. 3). Показано також, що пектинових речовин в аналогах у 3...5 раз більше,

ніж в аналогах. Нанопаї відрізняються також високим вмістом мінеральних речовин і ін. (табл. 3). Показано, що вміст сухих речовин в нанопаєх складає 11,5...12,0 %, органічних кислот – 2,1...2,3 %. Ці показники стандартні для напоїв і відповідають аналогам.

Таким чином, каротиноїдні, хлорофілвісні та антоціанові нанопаї за вмістом β -каротину, L-аскорбінової кислоти та інших БАР перевищують відомі аналоги. Така якість сокових нанопаїв досягається за рахунок використання кріонанодобавок, які отримані за нанотехнологіями, які включають заморожування та дрібнодисперсне низькотемпературне подрібнення, що дозволяють більш повно розкрити та зруйнувати не тільки рослинні клітини, а й складні наоасоціати або наноконплекси каротиноїдів та інших БАР з біополімерами (з целюлозою, пектином, білком та ін.) та вивільнити їх приховані зв’язані форми і трансформувати у водорозчинну вільну форми, що легко засвоюються організмом людини.

6. Обговорення результатів досліджень розробки нового покоління оздоровчих сокових нанопаїв збагачених каротиноїдними, хлорофілвісними, антоціановими нанодобавками і фітоекстрактами

Розвитком і продовженням досліджень в даному напрямку є розширення асортименту нанопаїв з використанням заморожених нанопор та фітоекстрактів для оздоровчого харчування для дітей, людей похилого віку, тощо. Крім того, інтерес представляє подальше проведення мікробіологічних, спектроскопічних, хроматографічних досліджень нових оздоровчих сокових нанопаїв збагачених каротиноїдними, хлорофілвісними, антоціановими нанодобавками і фітоекстрактами. Доцільним також є впровадження їх у виробництво, як на підприємствах ресторанного господарства, так і на великих харчових підприємствах, а також в санаторіях, профілакторіях, в торгових точках супермаркетів і т. п. Вони можуть бути рекомендовані для використання в фітнес центрах і для харчування спортсменів.

7. Висновки

1. Показано, що заморожені кріодобавки із плодів та овочів (абрикос, обліпихи, гарбуза, шпинату, вишень, яблук, лимонів з цедрою) знаходяться на 70 % в наноструктурованій формі та мають розмір частинок в десятки разів менший, ніж традиційне пюре. Установлено, що в порівнянні з пюре, що виготовлене за традиційними технологіями кріопюре мають принципово нові властивості та хімічний склад, зокрема, відрізняються в 2,5...4 рази вищим ніж у свіжих плодах вмістом вітамінів, каротиноїдів, антоціанів, хлорофілів, фенольних сполук та інших БАР у вільному стані в розчинній та легкозасвоюваній формі.

2. Встановлено, що використання дрібнодисперсного подрібнення натуральних прянощів (кардамону, коріандру, майорану, естрагону) при отриманні водно-спиртових екстрактів значно збільшує вилучення із них екстрактивних БАР (в 1,4...1,5 разів більше) і значно прискорює процес екстракції в порівнянні з традиційними методами (в 4...5 разів швид-

ше). Показано, що отримані фітоекстракти відрізняються високим вмістом БАР, зокрема низькомолекулярних фенольних сполук (від 0,3 до 1,2 г в 100 мл), ароматичних речовин та дубильних речовин (від 0,3 до 0,9 г в 100 мл) та ін.

3. Розроблено три групи сокових нанопаїв на основі кріодобавок із хлорофілвмісних, каротинвмісних та антоціанвмісних плодів та овочів і фітоекстрактів для оздоровчого харчування, які мають однорідну стабільну консистенцію та при зберіганні не розшарувались і не втрачають натуральний колір (жовтий, зелений та рожево-вишневий) та не містять синтетичних компонентів.

4. Показано, що нові оздоровчі сокові нанопаї, що отримані з використанням заморожених нано-добавок із плодів та овочів і фітоекстрактів із натуральних прянощів відрізняються рекордним вмістом вітамінів (L-аскорбінової кислоти), β -каротину, хлорофілів а і b, антоціанів, низькомолекулярних та високомолекулярних фенольних сполук, ароматичних речовин та інших БАР. Вони мають яскраво виражений натуральний колір (жовтий, зелений, рожево-вишневий) та оригінальний смак і аромат та не містять синтетичних компонентів. За вмістом БАР нанопаї перевищують відомі світові аналоги і рекомендуються для використання для імунопрофілактики населення.

Література

1. FAO/WHO/UNU. Глобальная стратегия по питанию, физической активности и здоров'ю [Электронный ресурс]. – Резолюция WHA.55.23 принята сессией Всемирной ассамблеи здравоохранения (BA3), World Health Organization, Женева, 2004. – Режим доступа: http://apps.who.int/gb/ebwha/pdf_files/WHA57/A57_R17-ru.pdf?ua=1
2. FAO/WHO/UNU. Dietary protein quality evaluation in human nutrition. Report of an FAO Expert Consultation [Electronic resource]. – Food and agriculture organization of the united nations Rome. – 2013. – Vol. 92. – Available at: <http://www.fao.org/ag/humannutrition/35978-02317b979a686a57aa4593304ffc17f06.pdf>
3. Павлюк, Р. Ю. Новий напрямок глибокої переробки харчової сировини [Текст]: монографія / Р. Ю. Павлюк, В. В. Погарська, Л. О. Радченко, В. А. Павлюк, Р. Д. Таубер, Н. М. Тимофеева та ін. – Х.: Факт, 2017. – 380 с.
4. Pavlyuk, R. Exploring the processes of cryomechanodestruction and mechanochemistry when devising nano-technologies for the frozen carotenoid plant supplements [Text] / R. Pavlyuk, V. Pogarska, N. Timofeyeva, L. Bilenko, T. Stukonozhenko // East-ern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. – Vol. 6, Issue 11 (84). – P. 39–46. doi: 10.15587/1729-4061.2016.86968
5. Симахин, Г. О. Инновационные технологии и продукты оздоровительного питания [Текст] / Г. О. Симахин, А. И. Украинец. – К.: НУХТ, 2010. – 295 с.
6. Павлюк, Р. Ю. Розробка кріогенної технології заморожування хлорофілвмісних овочів [Текст] / Р. Ю. Павлюк, О. С. Погарський, А. А. Каплун, С. М. Лосева // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2015. – Т. 6, № 10 (78). – С. 42–47. doi: 10.15587/1729-4061.2015.56111
7. Шатнюк, Л. Н. Научные основы новых технологий диетических продуктов с использованием витаминов и минеральных веществ [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Л. Н. Шатнюк. – М., 2000. – 60 с.
8. Осипова, Л. А. Научно-практическое обоснование и разработка технологии консервированных функциональных напитков [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук. / Л. А. Осипова. – Одесса, 2007 – 377 с.
9. Капрельянц, Л. В. Функциональні продукти [Текст]: монографія / Л. В. Капрельянц, К. Г. Юргачова. – Одеса: Друк, 2003. – 312 с.
10. Тутельян, В. А. Питание и здоровье [Текст] / В. А. Тутельян // Пищевая промышленность. – 2004. – № 5. – С. 6–7.

Дата надходження рукопису 08.04.2017

Павлюк Раїса Юрївна, доктор технічних наук, професор, Заслужений діяч науки і техніки України, лауреат Державної премії України, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський 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

Біленко Леоніда Мічеславівна, Харківський торговельно-економічний коледж Київського національного торговельно-економічного університету, вул. Клочківська, 202, Харків, Україна, 61045

Погарський Олексій Сергійович, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: ktrpom@ukr.net

Какадій Юлія Петрівна, аспірант, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051
E-mail: yuakadiy@ukr.net

Гасанова Ганна Едуардівна, кандидат технічних наук, асистент, кафедра товарознавства та експертизи товарів, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051

Стуконоженко Тетяна Анатоліївна, аспірант, кафедра технологій переробки плодів, овочів і молока, Харківський державний університет харчування та торгівлі, вул. Клочківська, 333, м. Харків, Україна, 61051