

Комплексоутворюючі властивості функціональних порошків

Функціональні продукти належать до категорії продуктів, які забезпечують організм людини не лише енергією, а й пластичними речовинами, і виконують в першу чергу оздоровчу функцію. Створення профілактичних та лікувальних продуктів цього напрямку засновано на концепції введення в їх рецептуру добавок, які відповідають таким вимогам, як безпека для організму та ефективне зв'язування важких металів (утворення з ними міцних нерозчинних комплексів, стійких до дії ферментів у широкому діапазоні рН). У деякій мірі цим вимогам відповідають харчові полісахариди, які містяться в пребіотичних функціональних порошках. У статті наведено результати досліджень *in vitro* зв'язування іонів важких металів функціональними пребіотичними рослинними порошками з метою визначення їх радіопротекторних властивостей. Результати досліджень, проведених за розробленими теплотехнологіями сушіння, свідчать про високі комплексоутворюючі властивості пребіотичних порошків та їх ефективність, більшу за ефективність чистого яблучного та цитрусового пектину. Правильне збалансоване харчування з використанням пребіотичних порошків у продуктах швидкого приготування сприятиме зменшенню ризику різноманітних захворювань та виведенню радіонуклідів з організму.

Ключові слова: радіонукліди, комплексоутворення, пробіотики, функціональні порошки.

Взаємодія елементів тріади «людина — техніка — природа» дуже далека від гармонії. Силовий вплив перших двох складових на третю спричинює незворотне протистояння: природа відповідає руйнівними стихійними катаклізмами, методичною корозією металевих деталей технічних виробів, введенням в організм людини (через дихання та прийом їжі) шкідливих для нього речовин [1]. До останніх належать важкі, зокрема радіоактивні метали, контакт з якими є найімовірнішим у зоні ризику підвищеного забруднення навколишнього середовища (металургійні заводи, атомні електростанції тощо). Для населення, яке проживає в таких умовах, однією з головних є проблема профілактичного харчування, призначеного для виведення важких металів та радіонуклідів, а в Україні надзвичайна актуальність цієї проблеми пов'язана з чорнобильськими подіями 1986 року [2].

У раціоні харчування населення розвинених країн переважають рафіновані продукти, позбавлені харчових волокон, вітамінів та інших біологічно активних речовин. Це призводить до зміни мікрофлори кишечника, уповільнення біосинтезу низки вітамінів, збільшення утворення токсичних продуктів, зокрема канцерогенних, підвищення всмоктування їх кров'ю. Недостатня кількість у раціоні природних харчових волокон обумовлює передчасне старіння, розвиток ожиріння, цукрового діабету, захворювання серцево-судинної системи, раку, а надлишок харчових волокон є причиною порушення процесів всмоктування в кишечнику.

Створення профілактичних та лікувальних продуктів радіопротекторного напрямку засновано на введенні в їх рецептуру добавок, які задовольняють таким вимогам, як безпека для організму та ефективне зв'язування важких металів (утворення з ними міцних нерозчинних комплексів, стійких до дії ферментів у широкому діапазоні рН). Деякою мірою цим вимогам відповідають харчові полісахариди, які містяться в пребіотичних функціональних порошках.

Сьогодні здоров'я людей в Україні послаблене не лише через Чорнобильську аварію, але й через стреси, невдоволеність життям, забруднення атмосфери, води, ґрунту промисловими відходами, інтенсивність хімізації, недостатність потрібних продуктів харчування.

Практичний досвід Чорнобиля показав, що в разі променевого впливу дуже малої інтенсивності, але довговічного, всі методи захисту (хімічного і фізичного) є малоефективними. Класичні радіопротектори не можна вживати протягом тривалого часу, до того ж їхня ефективність при малих дозах радіації різко знижується. Такі методи лікування, як переливання крові, введення антибіотиків тощо, дають лише тимчасовий ефект і є неіндиферентними для організму. Потрібні зовсім інші засоби лікування: вони мають бути орієнтовані на підвищення опірності самого організму, нетоксичними і такими, які без усяких застережень можна було би вводити в організм тривалий час і переважно через рот. Такі властивості мають вітаміни груп А, С, Е, та особливо групи В, а також речовини, головним чином, рослинного походження, які підвищують загальну, специфічну опірність організму до будь-яких шкідливих впливів.

Здоров'я людини значною мірою визначається її харчовим статусом, це аксіома. Здоров'я можна зберегти тільки за умови повного задоволення фізіологічних потреб в енергії й харчових речовинах. Вивчення раціонального харчування різних груп населення України показало надлишкове споживання хлібопродуктів, цукру, тваринних жирів, яєць. Якщо розглянути профіль споживання

основних харчових речовин, то головні порушення в харчовому статусі українців — надлишкове споживання тваринних жирів і вуглеводів, а також дефіцит поліненасичених жирних кислот сімейств омега-3 і омега-6, повноцінних тваринних білків, вітамінів, мінеральних речовин, харчових волокон [3, 4].

Наслідок порушення харчового статусу — прогресуюча кількість хворих людей (серцево-судинні захворювання, онкологічні, діабет, остеопороз тощо). За деякими епідеміологічними даними, в Україні вважається здоровим лише 20 — 25 % населення. Тому на перший план наразі висуваються проведення фундаментальних досліджень з питань забезпечення населення країни здоровим харчуванням, розробка прогресивних технологій і створення на їх основі нового покоління вітчизняних продуктів здорового харчування, підвищеної харчової цінності, що базуються на сучасних досягненнях нутриціології [5].

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено технології отримання харчових порошоків та відповідне обладнання. Оздоровче харчування потребує необхідної кількості енергії з компонентів їжі (головним чином вуглеводів та жирів), адекватного вживання незамінних амінокислот (у вигляді білків), незамінних жирних кислот, вітамінів, мінеральних речовин. Особливе місце в харчуванні сучасної людини, яка вживає багато рафінованої їжі, посідають грубі харчові волокна.

Розвиток функціональних продуктів харчування, які можуть впливати на роботу шлунково-кишкового тракту є одним з найперспективніших шляхів розвитку харчування. Вченими доведено позитивний вплив пре- і пробіотиків на вміст та активність специфічних корисних бактерій, які населяють шлунково-кишковий тракт. Різноманітні способи переробки овочів забезпечують більш високе збереження біологічно активних речовин порівняно із свіжими овочами в процесі зберігання. Одним із способів переробки овочів та фруктів є сушіння. Рослинне зневоднення зменшує природну вологу, яка міститься в рослинах, нижче критичного рівня для росту мікроорганізмів (12—15%). Притому важливі харчові компоненти не руйнуються, зберігаються аромат та властивість набухання, тобто здатність знову поглинати вологу. Процес зневоднення супроводжується суттєвими змінами в рослинній сировині. Спочатку концентруються білки, вуглеводи та мінеральні речовини.

Вибір оптимального способу сушіння завжди визначається природою матеріалу та вимогами до якості кінцевого продукту. У більшості випадків останній фактор є основним, тому що кінцевий продукт із заданими характеристиками (низький вологовміст, пористість, збереження складових повного виду речовин, стабілізація натурального забарвлення, мінімальні втрати речовин під час зберігання тощо) можна раціонально отримати тільки використовуючи певні способи і режими зневоднення.

У процесі засвоєння продуктів харчування в організмі людини відбувається підтримка його життєвих функцій, здоров'я.

Функціональні продукти належать до категорії продуктів, які забезпечують організм людини не лише енергією та пластичними речовинами, а виконують насамперед оздоровчу функцію.

Метою цієї роботи є теоретичне та експериментальне обґрунтування комплексуючої властивості пектинів та пребіотичних порошоків для використання

в профілактичному харчуванні, визначення енергоефективних режимів сушіння з максимальним збереженням біологічно активних речовин, розробка ступеневих режимів сушіння пребіотичних порошоків на дослідно-промисловій установці Інституту технічної теплофізики НАН України.

Для досягнення зазначеної мети проаналізовано попередні дослідження за тематикою роботи; розроблено енергоефективні режими сушіння функціональної рослинної сировини; визначено хімічний склад пребіотичних порошоків; досліджено комплексуючу властивість пектину та пребіотичних порошоків.

Аналіз попередніх досліджень. Наш час — це час високих технологій та рафінованої їжі, тому вживання продуктів з великим вмістом клітковини є дуже актуальним. У функціональних порошках частка клітковини становить від 0,7 до 45 % загального вмісту речовин, що є позитивним фактором.

У процесі травлення виключно важливу роль відіграють пектини, хоча вони й належать до незасвоєваних вуглеводів [6, 7]. Розрізняють два види пектинових речовин: пектини і протопектини. Пектини є метиловими ефірами полігалактуронових кислот, а протопектини — це нерозчинні у воді комплекси пектину з целюлозою та геміцелюлозою. Під час сушіння, при температурі 80—85 °С протопектин частково перетворюється на розчинний пектин.

Пектинові речовини мають виражену біологічну дію. Під їх впливом знижується дія гнилісних бактерій в кишечнику, та відбувається детоксикація, під час якої адсорбуються екзо- і — ендogenous отрути. Пектин інгибує всмоктування холестерину в кишечнику [8—10]. Вміст пектинових речовин у функціональних порошках становить 2,1—17,6 %.

Зв'язуючу функцію пектинів характеризують комплексуючою здатністю (КЗ) — кількістю міліграмів іонів металу, яка зв'язує 1 г пектину. Комплексуюча здатність залежить від первинної структури пектину, природи металів та рН середовища [12]. Притому за здатністю утворювати комплекси з пектином метали поділяються на дві групи: 1) група свинцю та міді і 2) група стронцію та цезію; [12]. Комплексуюча здатність металів першої групи слабо залежить як від вмісту полігалактуронової кислоти в пектині, так і від ступеня етерифікації зразків. Для зразків другої групи залежність від полігалактуронової кислоти і ступеню етерифікації сильніша. Так, зразки з етерифікацією меншою за 20% зв'язують близько 50% цезію та стронцію, тоді як високоетерифіковані пектини малоефективні для виведення радіонуклідів з організму.

Комплексоутворення іону металу залежить від походження пектинів. Так, комплексуюча здатність калію в 3,8 раза вища у буряковому пектині, ніж у цитрусовому. Для свинцю комплексуюча здатність відповідає 5,1. Свинець зв'язується інтенсивніше в кислому середовищі, стронцій — в лужному (при рН=11 реакція по зв'язуванню іонів важких металів відповідно до [12] відбувається інтенсивніше в зв'язку з реакцією деметилювання і звільнення реакційних карбоксильних груп).

З огляду на дослідження із зв'язування іонів важких металів пектиновими речовинами авторами запропоновано підхід до використання функціональних рослинних порошоків та продуктів швидкого приготування на їх основі для виведення радіонуклідів з організму людини.

Матеріали дослідження, експериментальна частина. Процеси конвективного сушіння належать до найбільших енергоємних промислових технологічних процесів. Затрати

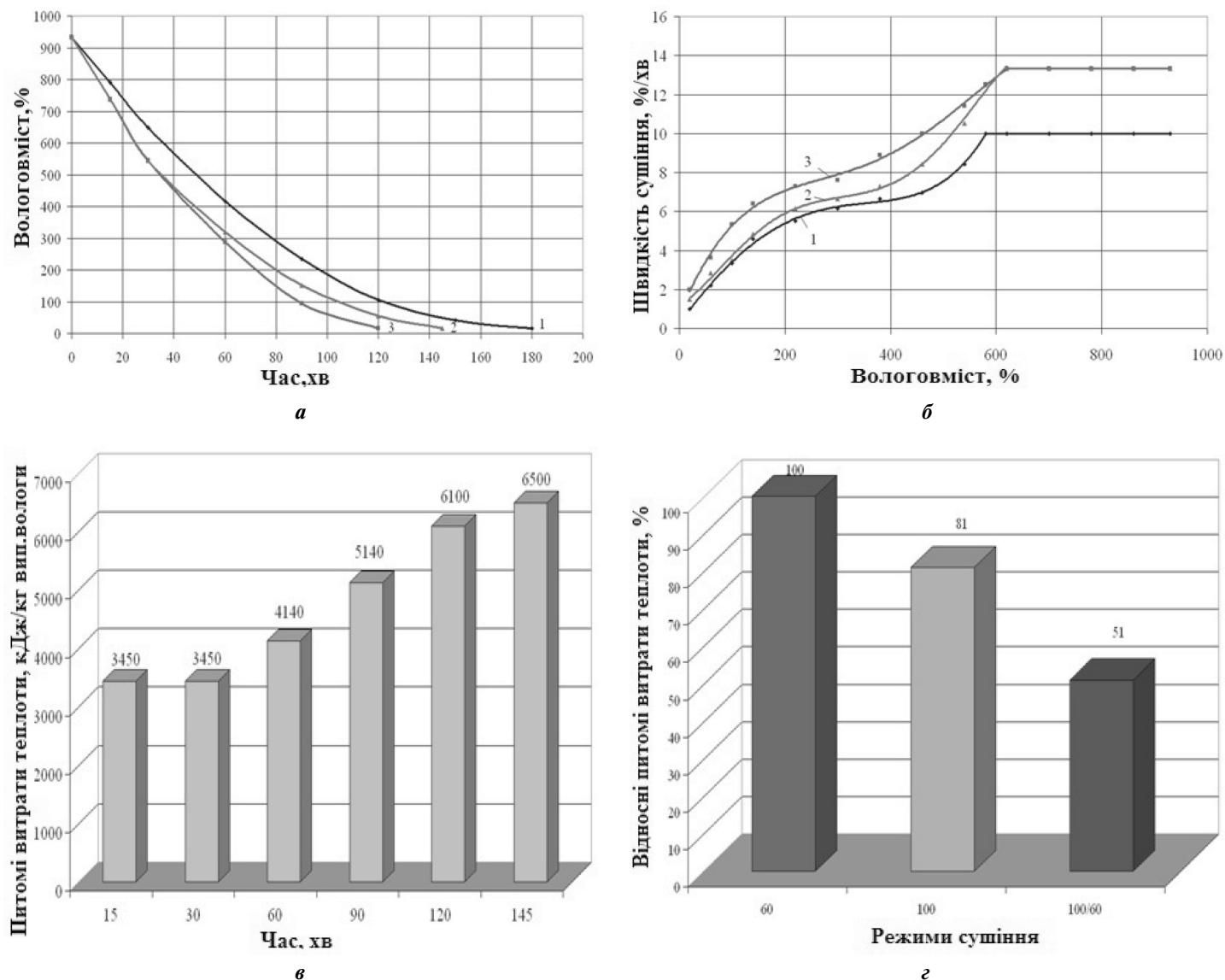


Рис. 1. Кінетика процесу та енергетичні витрати під час сушіння буряково-лимонної сировини на дослідно-промисловій сушарці при температурі теплоносія: 1 – 60 °C; 2 – 100/60 °C; 3 – 100 °C

енергії на видалення вологи сягають більше 3000 кДж/кг, тому питання зменшення енергоспоживання під час сушіння є актуальним. Одним із шляхів його вирішення є розробка енергоефективних режимів сушіння.

Для визначення енергоефективних режимів сушіння функціональної сировини проведено дослідження на дослідно-промисловій установці.

Сушіння функціональної сировини на дослідно-промисловій установці відбувається в період постійної та падаючої швидкості сушіння (рис. 1). З використанням ступеневих режимів 100/60 °C порівняно з режимом 60 °C тривалість сушіння зменшується на 20,5% (рис. 1, а), а швидкість сушіння збільшується в 1,3 раза (рис. 1, б). На початку процесу в ступеневому режимі сушіння за постійної швидкості сушіння температура теплоносія максимальна — відбувається інтенсивне випаровування вологи з матеріалу (рис. 1, в), при цьому питомі енергетичні витрати мінімальні і становлять 3450 кДж/кг вип. вологи. У другому періоді сушіння інтенсивність видалення вологи

зменшується — і знижують температуру теплоносія, тому що температура матеріалу підвищується, і підвищуються середні енергетичні витрати (рис. 1, в).

Загальні витрати теплоти, як видно з рис. 1, г, при ступеневому режимі на 30–49% менші, ніж при одноступеневих режимах, при цьому якість продукту відповідає режиму $T = 60$ °C.

Однією з основних характеристик висушеної сировини є її здатність до набухання та відновлення. Отримані порошки за розробленими режимами мають високу ступінь відновлюваності (до 90%) та максимально зберігають біологічно активні речовини (95–98%).

Інтерпретація результатів та їх апробація. На основі комплексного дослідження тепломасообмінних процесів переробки функціональної рослинної сировини розроблено інноваційні енергоресурсозберігаючі теплотехнології виробництва антиоксидантних, фолатовмісних, фітоестрогенних та пребіотичних порошоків. Купажування сировини в поєднанні з тепловою обробкою стабілізує

Таблиця 1. Хімічний склад пребіотичних порошоків, %, в перерахунку на 100 г сухої речовини

Назва порошку	Моно- і дисахариди	Крохмаль	Клітковина	Органічні кислоти	Білок	Жир	Пектин	Зола
Яблучно-грушевий	40,4	-	32,1	2,5	3,2	-	11,2	6,8
Мандариново-яблучний	33,6	-	34,6	7,1	2,8	-	13,6	7,3
Виноградно-буряковий	31,5	-	32,5	8,3	3,5	-	17,6	10,1
Буряковий жом-яблуко	30,1	-	45,1	2,1	1,8	-	8,1	9,8
Кабачково-яблучний	52,6	-	11,2	9,4	7,5	-	8,4	5,8

Таблиця 2. Зв'язування іонів важких металів пребіотичними порошками *in vitro*, % введеної кількості металів

Метал	рН-розчину	Пектин яблучний	Функціональні порошки				
			Яблучно-грушевий	Яблучний	Виноградно-буряковий	Буряковий жом-яблуко	Кабачково-яблучний
Мідь	4,0—6,0	55	58	59	60	57	56
Цинк	3,5—6,0	67	72	73	71	69	68
Цирконій	2,0—3,5	53	68	67	69	61	62
Цезій	1,5—3,0	47	52	48	51	49	50

функціональні інгредієнти сировини, що дає змогу поліпшити структуру раціонів харчування населення України та підвищити ефективність переробки вітчизняної сировини. Найефективнішим напрямом вирішення цієї проблеми є переробка рослинної сировини та отримання функціональних продуктів. Такий шлях можливий лише за умов розробки нових та вдосконалення існуючих технологій.

Відомо, що в процесі переробки рослинної сировини частково втрачаються основні інгредієнти порівняно з нативною сировиною. Дослідження з визначення хімічного складу функціональних порошоків (табл. 1) показали високу ефективність розробленої технології переробки рослинної сировини, яка дає мінімальні втрати основних інгредієнтів — від 5 до 20 %.

Пребіотичні функціональні порошки — це комплекс харчових волокон, їх вміст становить від 50 до 87 %. Одним з компонентів харчових волокон є пектин. Термічна або теплова обробка рослинної сировини змінює активність пектинів. При виділенні вологи в м'яких умовах відбувається перегрупування тих груп, які забезпечують драглетворення та комплексоутворення.

Результати дослідження комплексоутворюючої властивості чистого яблучного пектину та пребіотичних порошоків наведено в табл. 2.

Досліджено такі функціональні порошки, як яблучно-грушевий, мандариново-яблучний, виноградно-буряковий, буряковий жом — яблуко, кабачково-яблучний.

В основу експерименту покладено комплексоутворюючу властивість пектину. Розчин солей металів заданої концентрації контактував з водною суспензією порошоків. За різницею введеного та залишеного металу визначався відсоток зв'язування металу.

Як зазначалося, комплексоутворюючу властивість мають переважно пектини. Дослідження комплексоутворюючих властивостей пребіотичних порошоків визначили

in vitro з різними металами. Для порівняння використовували чистий яблучний пектин (табл. 2).

Кількість зв'язаного металу встановлювали спектрофотометричним методом, враховуючи умови утворення кольорових комплексів з відповідним реактивом методами комплексометрії. Розчин солей металу відповідної концентрації деякий час контактував з водною суспензією порошку. За різницею введеного та залишеного металу розраховували відсоток зв'язування металу. Також визначали рН кінцевих розчинів, оскільки розчинні речовини окремих порошоків змінювали цей показник. У фільтраті контролювали оптимальну величину рН для кожного металу. Для встановлення кількості свинцю використовували піридил-азорезорцин (ПАВ). Нами встановлено *in vitro*, що 1 % розчину порошку зв'язує іони свинцю, цезію, цирконію [14].

Дослідження показали, що комплексоутворююча властивість пребіотичних порошоків на 9—20 % перевищує властивість чистого пектину. Це можна пояснити тим, що пребіотичні порошки містять нативний пектин. Це зумовлено також і високим вмістом клітковини в цих порошках. Пребіотичні порошки, які мають високий вміст пектинів, мають комплексоутворюючу здатність до 80 %, а чистий пектин і яблучний порошок — відповідно 60 і 68 %. Враховуючи, що зв'язування іонів важких металів пребіотичними порошками сягає 50—80 %, треба визнати їх високу радіопротекторну властивість.

Результати дослідження зв'язування функціональними порошками іонів свинцю та церію в оптимальному для кожного металу кислотному середовищі наведено на рис. 2. Для порівняння використовували цитрусовий пектин. Порошки з яблук та яблучної вичавки мають вище на 10—20 % зв'язування іонів металу, ніж цитрусовий пектин.

У бланшованому яблучному порошку під дією бланшування протопектин переходить в іншу форму — розчинний

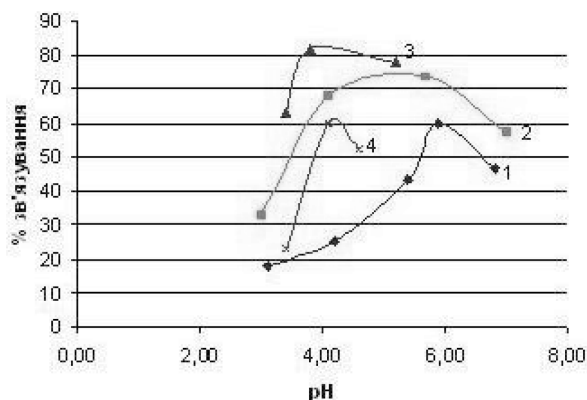


Рис. 2. Ступінь зв'язування іонів металів порошками залежно від рН:

- 1 — яблучний порошок бланшований, Pb^{3+} ;
- 2 — яблучний порошок небланшований, Pb^{3+} ;
- 3 — яблучна вижимка, Ce^{3+} ;
- 4 — цитрусовий пектин, Ce^{3+} .

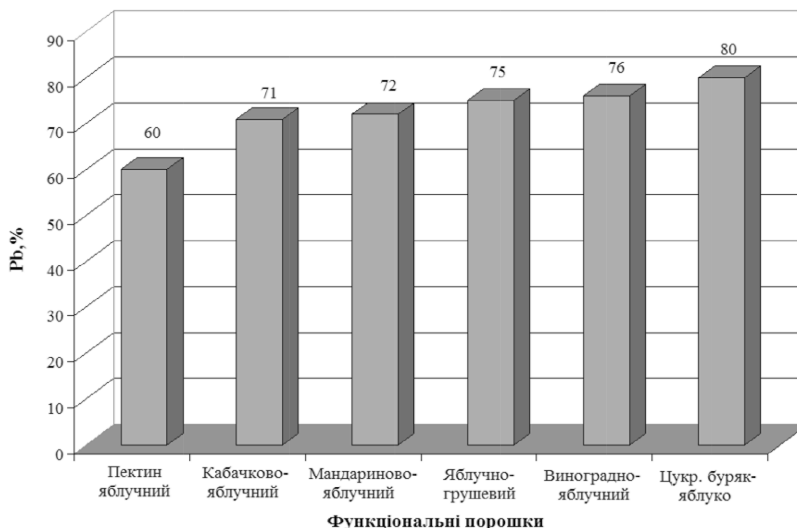


Рис. 3. Ступінь зв'язування іонів свинцю функціональними порошками

пектин. Очевидно, комплексоутворююча властивість з іонами металів вища в протопектині, який переважає у вичавках та небланшованих яблуках, ніж у розчинному пектині. Тому в порошках з цієї сировини зв'язування максимальне.

Після визначення оптимального рН зв'язування для свинцю, подальше дослідження проводилось при рН = 4. Результати досліджень комплексоутворюючої властивості функціональних порошків з іонами свинцю наведено на рис. 3. Для досліджень використовували пребіотичні порошки: кабачково-яблучний, мандариново-яблучний, яблучно-грушевий, виноградно-яблучний, цукровий буряк-яблуко, контрольний зразок — яблучний пектин.

Найвищі показники отримані по зв'язуванню іонів свинцю, вони більші на 20 % у порошок з бурякового жому та яблука порівняно з пектином яблучним. У всіх функціональних порошках також високе зв'язування іонів свинцю.

Дослідження показали, що відсоток зв'язування іонів важких металів функціональними порошками різний: він залежить від рН середовища, виду сировини, її технологічної обробки та режимів сушіння.

Висновки

У результаті енергоефективної попередньої обробки рослинної сировини, застосування оптимальних режимів сушіння і подрібнення висушеного продукту отримано пребіотичні функціональні порошки.

Нативний пектин порошків з іонами важких металів утворює нерозчинний комплекс, який виводиться з організму людини. Досліджено зв'язування іонів важких металів функціональними пребіотичними порошками з метою визначення їх радіопротекторних властивостей порівняно з чистим пектином. Вперше встановлено високі комплексоутворюючі властивості пребіотичних рослинних порошків, які ефективніші за чистий яблучний та цитрусовий пектин. У разі правильного збалансованого харчування з використанням цих порошків у продуктах швидкого приготування зменшується ризик різноманітних захворювань та виводяться радіонукліди з організму.

Розроблені енергоефективні теплотехнології мають не лише науковий, а й соціальний аспект, який полягає у формуванні наукових основ раціонального харчування, забезпечення населення України функціональними оздоровчими продуктами. Вперше були розроблені пребіотичні порошки, які мають вищу комплексоутворюючу властивість, ніж у препаратів виділеного чистого пектину. На ці порошки отримані висновки МОЗ та розроблено нормативно-технічну документацію.

Сучасне здорове харчування потребує нових високоякісних продуктів, якими є функціональні порошки. На їх основі отримано страви швидкого приготування для гарячого харчування. Продукти швидкого приготування — це сухі концентрати м'якоти та соку, свіжих овочів, фруктів, бобових, що зконцентровані у 7–8 разів після видалення вологи.

Для отримання функціональних порошків використовували спеціальну ефективну попередню обробку сировини перед сушінням, оптимальний режим сушіння та подрібнення з максимальним збереженням біологічно активних речовин.

Продукти швидкого приготування для гарячого харчування на основі функціональних порошків відповідають вимогам раціонального харчування, здатністю до довготривалого зберігання і, головне, наявністю лікувально-профілактичних властивостей. Вихідний продукт отримують без хімічних інгредієнтів та консервантів.

Список використаної літератури:

1. Медицинские аспекты аварии на Чернобыльской атомной электростанции: Мат. науч. конф. 11—13 мая 1988 года, г. Киев. 144 с.
2. Beard J. L. Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal functional. J. Nutr., 2001, 131 (2S - 2), pp. 568S — 579S; discussion —580S..
3. Капрельянц Л. В., Юргачова К. Г. Функціональні продукти. Одеса : Друк, 2003. 312 с.
4. Ракша-Слюсарева О. А. Товарознавство і екологія харчових добавок. Донецьк : ДонНУЕТ, 2010. 182 с.
5. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О. Тепломасообмінні процеси під час одержання каротиновмісних порошків. К. : Академперіодика, 2006. 162 с.

6. Кочетков Н. К., Бочков А. Ф., Дмитриев Б. А., Усов А. И., Чижов О. С., Шибаев В. Н. Химия углеводов. М. : Наука, 1967. 671 с.
7. Smidsrod O., Haug A. Dependence upon uronic acid composition of some ion-exchange properties of alginates. Acta Chem.Scand., 1968. V. 22. pp. 1989—1994.
8. Haug A., Smidsrod O. Selectivity of some anionic polymers for divalent metal ions. Acta Chem.Scand., 1970. V. 24. P. 843—847.
9. Lei K. J., Yo M. Effect of pectin on zinc, copper and iron balance in humans. Nutr.Rep.Inter., 1970. V. 22. P. 459—466.
10. Коцева Г. Н., Кухта Е. П., Панова Э. П., Чирва В. Я. Исследование взаимодействия пектиновых веществ с солями меди, ртути, цинка и кадмия. Химия природ. Соединений. 1988. № 2. С. 171—179.
11. Птичкин И. И., Птичкина Н. М. Пищевые полисахариды: структурные уровни и функциональность. Саратов, 2012. 96 с.
12. Петрова Ж. О. Связывание ионов тяжелых металлов функциональными пребиотическими порошками. Электронный оптический диск CD-ROM. Збірник праць VI Міжнар. наук.-практ. Конф. «Інноваційні енерго-технології», 4—8 вересня 2017 року, Одеса, 2017. С. 192—195.
13. Снежкін Ю. Ф., Петрова Ж. О., Пазюк В. М. Энергоэффективные теплотехнологии производства функциональных пищевых порошков. Вінниця : ВНАУ, 2016. 458 с.

References:

1. Medical aspects of the Chernobyl nuclear power plant accident [Medytsynskie aspekty avaryi na Chernobylskoi atomnoi elektrostantsyi], Scientific conference proceedings, 11 — 13 may 1988, Kyiv, 144 p. (Rus)
2. Beard J. L. (2001) Iron biology in immune function, muscle metabolism and neuronal function. J. Nutr., 2001, 131 (2S-2), pp. 568S — 579S; discussion — p. 580S.
3. Kapreliants L. V., Iorhachova L. V. (2003), "Functional products" [Funktional'ni produkty], Odessa, Druk, 312 p. (Ukr)
4. Raksha-Sliusareva E. A. (2010) "Commodity and ecology of food supplements" [Tovaroznavstvo i ekohihiyena kharchovykh dobavok], Donetsk, DonNUET, 2010. 182 p. (Ukr)
5. Sniezhkin Yu. F., Petrova Zh. O. (2006) "Heat exchange processes during the production of carotene-containing powders" [Teplomassoobminni protsesy pid chas odrzhannya karotylnovmisnykh poroshkiv]. Kyiv: Akadempriodyka, 162 p. (Ukr)
6. Kochetkov N. K., Bochkov N. K., Usov A. F., Dmitriev B. A. (1967) "Chemistry of carbohydrates" [Khimiya uglevodov], Moscow, Nauka, 671 p.
7. Smidsrod O., Haug A. (1968) "Dependence upon uronic acid composition of some ion-exchange properties of alginates", Acta Chem. Scand., V. 22. pp. 1989— 1994.
8. Haug A. Smidsrod O. (1970) "Selectivity of some anionic polymers for divalent metal ions", Acta Chem.Scand., V. 24. pp. 843—847.
9. Lei K. J., Yo M. (1970) "Effect of pectin on zinc, copper and iron balance in humans", Nutr.Rep.Inter., V. 22. pp. 459—466.
10. Kotseva G. N., Kuhta E. P., Panova E. P., Chirva V. Ya. (1988) "Investigation of the interaction of substances with salts of copper, mercury, zinc and cadmium"[Issledovaniye vzaimodeystviya pektinovykh veshchestv s solyami medi, rtuti, tsinka i kadmiya]. Himiya prirod. Soedineniy, № 2. pp. 171—179. (Rus)
11. Ptichkin I. I., Ptichkina N. M. (2012) "Food polysaccharides: structural levels and functionality"[Pishchevye polisakharidy: strukturnyye urovni i funktsional'nost'], Saratov, 96 p. (Rus)
12. Petrova Zh. O. (2017) "Binding of heavy metal ions by functional prebiotic powders" [Svyazyvaniye ionov tyazhelykh metallov funktsional'nymi prebioticheskimi poroshkami], CD-ROM. Workshop VI International science-practice Conf. «Innovative energy technologies» [Innovatsiini enerho-tekhnohii], September 4—8, 2017, Odessa, pp. 192—195. (Rus)
13. Sniezhkin Yu. F., Petrova Zh. O., Paziuk V. M. (2016) "Energy-efficient heat technology production of functional food powders" [Enerhoefektyvni teplotekhnolohiyi vyrobnytstva funktsional'nykh kharchovykh poroshkiv], Vinnytsia, VNAU 458 p. (Ukr)

Ж. А. Петрова, Ю. Ф. Снежкин

Комплексообразующие свойства функциональных порошков

Функциональные продукты относятся к категории продуктов, которые обеспечивают организм человека не только энергией и пластическими веществами, а выполняют в первую очередь оздоровительную функцию. Создание профилактических и лечебных продуктов данного направления основано на концепции введения в их рецептуру добавок, удовлетворяющих требованиям безопасности для организма и эффективного связывания тяжелых металлов (образование с ними прочных нерастворимых комплексов, устойчивых к действию ферментов в широком диапазоне pH). В некоторой степени этим требованиям отвечают пищевые полисахариды, которые находятся в пребиотических функциональных порошках. В статье приведены результаты исследований *in vitro* связывания ионов тяжелых металлов функциональными пребиотическими растительными порошками с целью определения их радиопротекторных свойств. Результаты исследований свидетельствуют о высоких комплексообразующих свойствах пребиотических порошков и их эффективности, превышающей эффективность чистого яблочного и цитрусового пектина. Правильное сбалансированное питание с использованием пребиотических порошков в продуктах быстрого приготовления будет способствовать уменьшению риска различных заболеваний и выведению радионуклидов из организма.

Ключевые слова: радионуклиды, комплексообразование, пробиотики, функциональные порошки.

Zh. Petrova, Yu. Snezhkin

Complexing Properties of Functional Powders

Functional products belong to the category of products that provide the human body with not only energy but also plastic substances and perform primarily the health function. The development of preventive and medical products in this area is based on the concept that envisages introduction of additives into their formulation, which meet requirements such as safety for the organism and effective binding of heavy metals (formation of strong insoluble complexes resistant to the action of enzymes in a wide range of pH). To some extent, these requirements are met by food polysaccharides contained in prebiotic functional powders. The results of *in vitro* studies on the binding of heavy metal ions by functional prebiotic plant powders to determine their radioprotective properties are presented in the paper. The results of research conducted using the developed drying technologies show the high complexing properties of prebiotic powders and their efficiency, greater than the efficiency of pure apple and citrus pectin. Appropriate balanced nutrition using prebiotic powders in fast food products will help to reduce the risk of various diseases and remove radionuclides from the body.

Keywords: radionuclides, complexing, probiotics, functional powders.

Отримано 03.11.2017.