

ПЕКТИНОВМІСНІ ПОРОШКИ З ЖОМУ БУРЯКОЦУКРОВОГО ВИРОБНИЦТВА

Г.О. Сімахіна, доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри технології оздоровчих продуктів, Національний університет харчових технологій

З'ясовано сучасні погляди на доцільність використання у раціонах харчування пектиновмісних біодобавок, отриманих із різних видів рослинної сировини, у тому числі з вторинних сировинних ресурсів. Показано перспективи використання з цією метою побічного продукту бурякоцукрового виробництва – жому; описано результати експериментальних досліджень отримання пектиновмісних порошків шляхом низькотемпературного зневоднення жому.

Ключові слова: пектин, пектинові речовини, радіонукліди, ксенобіотики, декорпорація, оздоровче харчування, заморожування.

Выяснены современные взгляды на целесообразность использования в рационах питания пектинсодержащих добавок, полученных из разных видов растительного сырья, в том числе из вторичных сырьевых ресурсов. Показаны перспективы применения с данной целью побочного продукта свеклосахарного производства – жома; описаны результаты экспериментальных исследований получения пектинсодержащих порошков путем низкотемпературного обезвоживания жома.

Ключевые слова: пектин, пектиновые вещества, радионуклиды, ксенобиотики, декорпорация, оздоровительное питание, замораживание.

This article represents the analysis of the modern viewpoints concerning the usage of pectin-containing additives obtained from various kinds of plant raw material (including the secondary raw resources) in diets. There are also shown the perspectives of using the side product of sugar beet procession – the oilcakes – with the purpose outlined above. The results of experiments in obtaining pectin-containing powders by low-temperature influences are described in the article.

Keywords: pectin, pectin substances, radionuclides, xenobiotics, de-corporation, healthy nutrition, freezing.

Завданням сучасної харчової технології, науковців та практиків галузі є розроблення, виробництво і використання функціональних харчових

продуктів, які не лише поповнюють організм людини пластичними матеріалами та енергією для здійснення всіх процесів життєдіяльності. Вони відзначаються також високою біологічною та фізіологічною активністю, необхідною для реалізації механізмів ферментативного каталізу та обміну речовин, підтримання гомеостазу, біохімічного забезпечення всіх життєвих функцій організму, що справляє позитивний вплив на здоров'я людини, її настрій та працездатність і сприяє активному творчому довголіттю.

Праці вітчизняних та зарубіжних науковців, світова практика свідчать про те, що щоденне споживання харчових продуктів із достатнім вмістом пектинових речовин та інших харчових волокон сприятливо впливає на роботу серцево-судинної та травної систем, розумову діяльність, запобігає втомі. Введення пектинових речовин до раціону харчування знижує ризик таких захворювань, як діабет, ожиріння, атеросклероз, тромбози судин тощо.

Тому робота, спрямована на пошук нових природних джерел пектинових речовин і отримання пектиновмісних композицій, є **актуальною** як із позицій розширення спектру оздоровчих продуктів та функціональних інгредієнтів, так і з точки зору раціонального використання рослинних матеріалів. **Метою** даного дослідження є вибір найбільш ефективних технологічних прийомів перероблення буякового жому на порошкоподібні матеріали та оцінка їхніх біохімічних показників і безпеки при споживанні.

В 1944 році Комітет Американського хімічного товариства дав офіційну назву полісахаридному компонентові рослинної сировини – пектин. Це сполука, що складається з залишків α -D-галактуранової кислоти, частково або повністю етерифікованих метиловим спиртом або фосфорною кислотою.

Розрізняють високоетерифіковані пектини (H-пектини) зі ступенем етерифікації понад 50% та низькоетерифіковані (L-пектини) зі ступенем етерифікації менш ніж 50%. Цей показник є не лише хімічною характеристикою пектинів, а й визначає їхню здатність до виведення радіонуклідів чи інших токсичних сполук з організму людини. Наприклад, у

кишечнику вища дезінтоксикаційна здатність характерна для високоетерифікованих пектинів, а в шлунку за умов кислого середовища – для низькоетерифікованих пектинів [1].

Найважливішою властивістю пектинових речовин, що й визначає доцільність та необхідність їх використання в раціоні харчування, є здатність до виведення з організму людини радіонуклідів, пестицидів, важких металів та інших ксенобіотиків, які викликають важкі захворювання, в тому числі онкологічні, порушують діяльність основних функцій організму, а при тривалому надходженні призводять до смертельних випадків [2].

В умовах нинішнього екологічного довкілля, коли на тлі постійної іонізуючої радіації складаються ефекти онкогенних чинників, таких як джерела гепатотоксичних нітросполук, поліциклічні ароматичні вуглеводні промислових викидів та вихлопів автомобільного транспорту, різноманітні забруднювачі харчових продуктів, що накопичуються в сільськогосподарській сировині при використанні гербіцидів, пестицидів та інших отрутохімікатів, у населення України різко підвищується небезпека виникнення злоякісних новоутворень та інших хвороб.

Тому на сьогодні пектин та пектиновмісні сполуки віднесено до обов'язкових незамінних компонентів при створенні харчових продуктів оздоровчого, профілактичного і лікувального призначення.

Більш того, в організмі людини пектин виступає як синергіст вітамінів, посилюючи їхню активність. Пектинові речовини сприяють засвоєнню вуглеводів, зниженню вмісту ліпідів, стимулюють життєдіяльність кишкової мікрофлори [3].

При споживанні з їжею пектинові речовини не утворюють енергетичного запасу в організмі, вони нейтральні й цим принципово відрізняються від інших полісахаридів. Дослідження показали, що в організмі людини розщеплюється та перетворюється близько 90% пектинів. На думку експертів Всесвітньої організації охорони здоров'я, пектиновмісні добавки можуть використовуватися без кількісних обмежень [4].

На відміну від пектиновмісних добавок чи харчових продуктів, споживання чистого пектину має бути обмеженим – його профілактична доза для людей, що контактують із важкими металами, не перевищує 2...4 г на добу, а в умовах радіоактивного забруднення – 15...16 г. Неконтрольоване тривале вживання чистого пектину як з профілактичною, так і з лікувальною метою може призвести до серйозних порушень сольового обміну, демінералізації організму, розладу діяльності серцево-судинної системи, залоз внутрішньої секреції тощо, оскільки пектинові речовини не мають селективної дії. При введенні в організм вони однаковою мірою зв'язують у малорозчинні комплекси як чужорідні сполуки, так і життєво необхідні елементи [5].

Тому найбільш придатною й фізіологічно допустимою формою постачання організму пектиновими речовинами є їхнє надходження у вигляді природних пектиновмісних комплексів та композицій, які включаються до складу харчових продуктів. З цієї точки зору великого значення набувають різноманітні біологічно активні добавки з різних видів рослинної сировини, які є концентратами як пектинових речовин, так і інших необхідних для організму людини біокомпонентів (наприклад, щоб забезпечити організм дорослої людини необхідною кількістю пектинів, на добу потрібно майже 5 кг свіжих яблук; така ж кількість пектину міститься в 6...8 г сухого пектиновмісного порошку) [6].

У виробництві харчових продуктів профілактичного та оздоровчого призначення на сьогодні виділилося кілька основних напрямів. **Перший** характеризується отриманням традиційних пектиновмісних продуктів (мармелад, желе, соки, напої тощо). Недоліком цього напрямку є обмеження кількості введеного пектину, який виконує одночасно технологічні функції загущувача, драглеутворювача, стабілізатора. **Другий** напрям включає отримання порошкоподібних та таблетованих препаратів з різних видів рослинної пектиновмісної сировини, що дає змогу повністю усунути недоліки першого напрямку. Саме цей напрям є найбільш перспективним і на

сьогодні входить до кола наукових інтересів вчених Національного університету харчових технологій, Одеської національної академії харчових технологій та інших установ і організацій [6, 7, 8].

Вибір сировини для отримання пектиновмісних порошків зумовлюється її хімічним складом, загальними вимогами корисності та лікувальних функцій. Відомо, що найбільшу комплексоутворювальну здатність щодо радіонуклідів та важких металів мають пектинові речовини цукрових буряків. Тому ця сировина і стала об'єктом наших досліджень.

У перерахунку на масу сухих речовин свіжий жом – побічний продукт бурякоцукрового виробництва – містить до 20% клітковини, 30...35% геміцелюлози і стільки ж пектину, 8...10% білків, 2...3% цукру і близько 2% мінеральних речовин.

Для порівняння – коренеплоди цукрових та столових буряків містять до 20% пектинових речовин, моркви – 6...15%, гарбуз – від 3 до 17%. У насінневих плодах найбільша кількість пектину міститься в яблуках (6...18%), горобині (9...11%), грушах (3...8%). Найбільш розповсюджені з субтропічних плодів – цитрусові (лимони, апельсини, мандарини, грейпфрути) – практично не відрізняються між собою за вмістом пектину, який становить 9...14%. Перспективним джерелом для отримання пектиновмісних біодобавок є також ягоди. Кількість пектинових речовин у смородині чорній становить 5...11%, у смородині червоній – 4...13%, в агрусі – 5...8%. А в стеблах та кошичках соняшника міститься від 20 до 35% пектинових речовин.

На жаль, асортимент харчових продуктів із пектиновими речовинами сьогодні ще досить незначний. Це пояснюється дефіцитом вітчизняного пектину у харчовій промисловості. Зважаючи на надзвичайно важливу роль пектиновмісних продуктів у раціоні харчування населення України, це питання повинно стати одним із пріоритетних завдань харчової промисловості й вирішуватися на державному рівні для забезпечення здоров'я нації, особливо дітей та молоді.

Для отримання сухих пектиновмісних продуктів та напівфабрикатів необхідно видалити з жому частину води з тим, щоб у кінцевому продукті її кількість не перевищувала 10...12%.

Відомо багато способів зневоднення рослинної сировини, які використовуються у харчовій та переробній промисловостях. Та найперспективнішим із них і найбільш доцільним для отримання харчових продуктів з підвищеним вмістом біологічно активних речовин є низькотемпературний спосіб сушіння, про що свідчать результати досліджень зарубіжних та вітчизняних авторів [9].

При низькотемпературному сушінні протягом усього процесу температура висушування не перевищує $+40^{\circ}\text{C}$. Такий режим дає можливість отримати кінцевий продукт із максимальним вмістом біологічно активних речовин, які відзначаються термолабільністю, наприклад вітамінів, амінокислот тощо.

Низькотемпературне висушування можна проводити кількома способами, але найбільш перспективним як з точки зору енерговитрат, так і з точки зору якості готової продукції є криогенна (сублімаційна) технологія [9].

Одним із першочергових і основних етапів криогенної технології є заморожування тієї води, що міститься в сировині. Всі живі системи містять 60...80% води, котра відіграє надзвичайно важливу роль у метаболічних процесах та стабілізації функціональної активності біополімерів і надмолекулярних структур клітин і тканин.

Вода, локалізована у клітині чи зв'язана з поверхнею біомакромолекули (зв'язана), істотно відрізняється за своїми властивостями від так званої вільної води. Наявність цих двох основних фракцій води і співвідношення між ними є дуже важливими чинниками при використанні криогенних технологій, оскільки заморожуванню і подальшому сублімуванню підлягає лише фракція вільної води [10].

Жом заморожували у швидкозаморожувальних камерах марки Tabai MiniSubZero у широкому інтервалі температур від 0°C до -80°C . При

зниженні температури на кожні 10 °С з камери відбирали зразки жому і методом мікроскопічного дослідження за допомогою електронного ультрамікроскопа вивчали характер тих змін, які відбувались у зразках при заморожуванні сировини.

На **рис.1** наведено фотографії ультраструктури рослинних клітин жому, заморожених до різних температур: –10 °С; –20 °С; –30 °С; –40 °С.

З усіх фотографій видно, що заморожування води у жомі супроводжується формуванням позаклітинних та клітинних кристалів льоду. Кристалічний лід формує найрізноманітніші поліморфні модифікації, що мають різну будову. Це наглядно видно на **рис. 1б** і **1в** при збільшенні у 16 тисяч разів.

Формування кристалів льоду починається уже при –10 °С, що видно із **рис. 1а**. При –20 °С кількість кристалів льоду збільшується (**рис. 1б**), вони зароджуються і нарастають у цьому інтервалі температур, здебільшого у міжклітинному просторі біля клітинних стінок. Механічний тиск льоду в деяких місцях руйнує клітинну стінку.

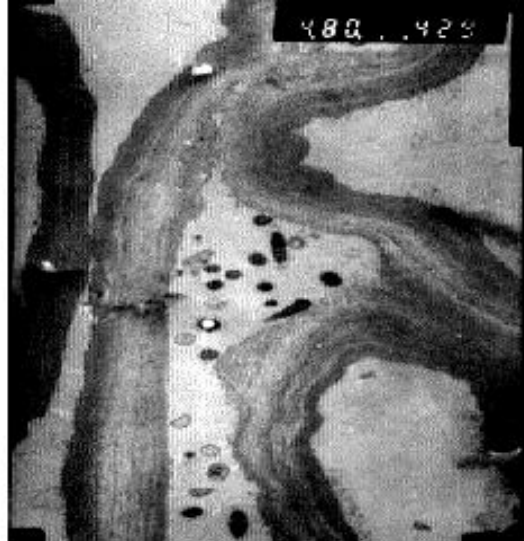
При –30 °С, тим більше – при –40 °С практично вся вільна вода перебуває в закристалізованому стані, причому серед маси дрібних кристаликів льоду спостерігається і досить значна кількість великих кристалів.

Експериментально встановлено, що при температурах нижчих від –40 °С уся вільна вода перетворилася на лід, а зв'язана – залишилася у рідкому стані навіть при температурах –80 °С.

Із цих результатів зроблено практичний висновок, що при кріогенній технології отримання пектиновмісних продуктів заморожувати сировину достатньо до –40 °С, що дає змогу вести процес в економному режимі та інтенсифікувати його. Закристалізовану воду сублімували відповідно до попередньо встановлених параметрів протягом 7,5...8 год. і до досягнення залишкової вологості матеріалу 10...12%.



а)



б)



в)



г)

Рис. 1. *Мікрофотографії зрізів замороженого
бурякового жому при температурах:
а - -10°C ; б - -20°C ; в - -30°C ; г - -40°C*

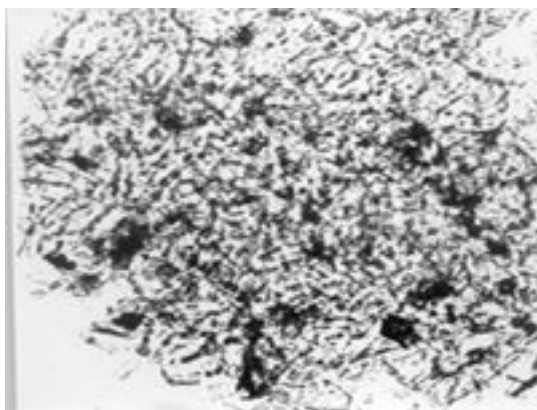
Отриманий сублімований порошок є складним комплексом біополімерів, переважно поліцукридів лінійної та розгалуженої структури, значної молекулярної маси. Структурно-механічні властивості отриманого порошку визначають можливості його безпосереднього використання, а також транспортабельність і здатність до тривалого зберігання.

Сублімований порошок бурякового жому з високим вмістом харчових волокон рекомендовано для використання в якості адсорбенту токсичних металів і радіонуклідів, характеризується низькою насипною густиною і

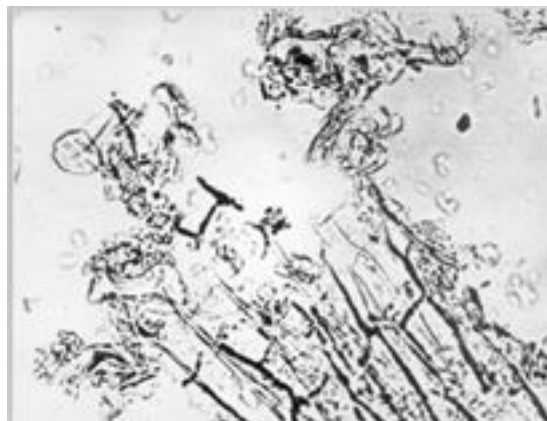
значною величиною пор, що визначає його високу адсорбційну здатність.

Пектиновмісний порошок із бурякового жому відзначається також значними водоутримуючими характеристиками, що пов'язано не лише з особливостями складу та будови біополімерів порошку, а й із розмірами його часток, характером поверхні, пористістю (**рис. 2а**). Целюлоза, що складає значну масу порошку, має систему надзвичайно тонких субмікроскопічних капілярів, що підвищує її здатність поглинати та утримувати воду (**рис. 2б**).

Результати визначення сорбційної ємності сублімованих порошоків бурякового жому стосовно токсичних металів (на прикладі іонів свинцю) показують, що для сублімованого жому вона становить 11,7 мг/г, а для виділених із нього харчових волокон досягає 11,9 мг/г.



а)



б)

Рис. 2. *Мікрофотографії зразків пектиновмісного порошку із жому:*
а – збільшення у 2000 разів; б – збільшення у 8000 разів

Присутність в отриманих сублімованих порошках карбоксильних груп геміцелюлоз і пектинових речовин, карбоксильних і амінних груп білку, фенольних гідроксилів лігніну визначає їхню здатність зв'язувати більшою мірою катіони і меншою – аніони, що позитивно впливатиме на мінеральний обмін у шлунково-кишковому тракті. Під впливом цих біокомпонентів очікуються позитивні зміни всмоктування ряду металів, передусім кальцію та магнію, а також полярних органічних сполук.

Важливою характеристикою отриманих пектиновмісних порошків є їхня безпека при використанні у харчовому раціоні. Для з'ясування цього питання визначено вміст важких металів у порошках із жому буряків та моркви і проведено необхідні мікробіологічні дослідження. Отримані результати наведено у **табл. 1**.

Таблиця 1.

Вміст токсичних елементів у сублімованих порошках, мг/кг

Показники	Сублімовані продукти	
	Жом буряку	Жом моркви
Свинець	0,13±0,03	0,46±0,02
Кадмій	0,68±0,004	0,11±0,001
Мідь	0,97±0,05	4,27±0,03
Цинк	14,39±0,96	15,32±0,09
Ртуть	0,009±0,007	0,01±0,005
Арсен	0,014±0,0001	0,21±0,001

Отримані дані показують, що за більшістю показників сублімований порошок із жому буряків менш забруднений токсичними сполуками, ніж із жому моркви, окрім вмісту кадмію. Разом із тим, рівень важких металів і арсену у досліджених порошках не перевищує аналогічних показників для зернових та плодоовочевих культур. І якщо вміст свинцю перебуває на рівні «Медико-біологічних і санітарних норм якості продовольчої сировини і харчових продуктів» №5061-89 (МБТ), то вміст кадмію нижчий удвічі, ртуті,

арсену, міді і цинку – на порядок нижчий від допустимих рівнів забруднення для зернових і плодоовочевих об'єктів.

Вміст нітратів у вивченій сировині невисокий, а оброблення її рідким азотом не призводить до збільшення кількості цих сполук. У пектиновмісних порошках не виявлено хлор- і фосфорорганічних пестицидів, відсутні афлатоксин В і зеараленон. Вміст патуліну не перевищує допустимого рівня в 0,05 мг/кг. За даними мікробіологічного аналізу, загальний вміст мезофільних аеробних, факультативно анаеробних мікроорганізмів і пліснявих грибів у порошку не перевищує допустимих норм. Патогенних мікроорганізмів, бактерій групи кишкових паличок, дріжджів і сульфїтредукуючих клостридій не виявлено. Повторні мікробіологічні дослідження показали можливість зберігання сублімованих пектиновмісних порошків протягом 12 місяців (при відповідних умовах) без погіршення їхніх мікробіологічних показників.

ВИСНОВКИ

Проблема забруднення довкілля радіонуклідами, важкими металами, іншими токсикантами і пов'язана з цим необхідність забезпечити населення України харчовими продуктами з підвищеним вмістом природних сорбентів набула державного значення. Серед природних сорбентів істотну роль відіграють харчові волокна, до складу яких входять пектинові речовини, целюлоза, геміцелюлози. Тому інтенсивно продовжується пошук нових дешевих джерел харчових волокон і створення на їхній основі нових продуктів з яскраво вираженою протекторною дією. З цієї точки зору великий інтерес представляє побічний продукт бурякоцукрового виробництва – жом.

На сьогодні відомо багато способів отримання харчових біодобавок із рослинної сировини та продуктів її перероблення. Всі ці способи передбачають використання високих температур, що негативно впливає на біологічну цінність кінцевого продукту, оскільки при високих температурах більша частина есенціальних сполук, зокрема вітамінів, руйнується, а

мінеральні речовини з органічної форми переходять у неорганічну, яка організмом людини не засвоюється. Тому для отримання пектиновмісних порошків із жому пропонується низькотемпературне його висушування, що дозволяє максимально зберегти всі цінні компоненти вихідної сировини.

Отримані за запропонованим способом пектиновмісні порошки з побічного продукту бурякоцукрового виробництва (та інших видів рослинної сировини) сприятимуть вирішенню важливої соціальної проблеми для населення України – поповнення раціону харчування високоефективними біологічно активними добавками, доступними за своєю ціною для усіх верств населення. Використана сировина та сублімована продукція з неї характеризуються низьким вмістом токсичних сполук природного і антропогенного походження. Рівень важких металів і арсену в отриманих порошках не перевищує аналогічні показники для зернових і плодовоовочевих культур.

Отримані пектиновмісні порошки матимуть широке використання в різних галузях харчової промисловості для збагачення традиційних харчових середовищ природними сорбентами.

Список використаних джерел

1. *Delorme C.B.* The effect of pectin on utilization of marginal levels of dietary protein / C.B. Delorme, C.I. Gordon // J. Nutr. 1993. №11. P. 2432-2441.
2. *Бойко С.А.* Пошук та розроблення засобів виведення радіонуклідів з організму людини / С.А. Бойко, Г.О. Сімахіна // Наукові праці УДУХТ. – 1998. – №4. – С. 33-34.
3. *Falk J.* Exploration studies of lipid-pectin interactions / J. Falk // J. Nutr. 1992. Vol. 112. P. 182-188.
4. *Черно Н.К.* Нова біологічно активна добавка для корекції харчування / Наталія Черно // Наукові праці ОДАХТ. – 1997. – №17. – С. 106-112.

5. *Матеріали* наук.-практ. семінарів з міжнародною участю, приурочених до 20-річчя Чорнобильської аварії у рамках Міжнар. спеціаліз. виставки «Чорнобиль : екологія, людина, здоров'я» (Київ, 13-17.03.2006). – К. : Вид-во Мінприроди України, 2006. – 25 с.

6. *Дудкин М.С.* Пищевые волокна – новый раздел химии и технологии пищи / М.С. Дудкин, Л.Ф. Щелкунов // Вопросы питания. – 1998. – №3. – С. 36-38.

7. *Українець А.І.* Нові технології оздоровчих харчових продуктів радіопротекторної дії / А.І. Українець, Г.О. Сімахіна // Колега. – 2009. – №3. – С. 27-35.

8. *Пищевые* волокна / М.С. Дудкин, Н.К. Черно, И.С. Казанская и др. – К. : Урожай, 1998 – 152 с.

9. *Сімахіна Г.О.* Низькі температури у технологіях оздоровчих продуктів : монографія / Г.О. Сімахіна, Н.В. Науменко. – К. : Видавництво «Сталь», 2011. – 363 с.

10. *Ratti C.* Hot air and freeze-drying of high value foods : a review // Journal of Food Engineering. Vol. 49(4). 2001. P. 311-319.

Рецензент: В.М. Логвін,

д.т.н., проф.