

УДК 664.045-5

## **ІНКОРПОРАЦІЯ РАДІОНУКЛІДІВ БІОКОМПОНЕНТАМИ ХАРЧОВИХ ПРОДУКТІВ**

**Сімахіна Галина Олександрівна**

д. т. н., професор

**Науменко Наталія Валентинівна**

д. філол. н., професор

**Межубовський Олександр Михайлович**

магістрант

Національний університет харчових технологій

м. Київ, Україна

E-mail: [lyutik.0101@gmail.com](mailto:lyutik.0101@gmail.com)

[warhammer.sanka.23@gmail.com](mailto:warhammer.sanka.23@gmail.com)

**Анотація.** За останні 35 років загальний фон радіоактивності довкілля значно зріс. Подальшому його підвищенню сприяє дифузія радіоактивних речовин з місць захоронення відходів АЕС і особливо аварія на Чорнобильській атомній станції. Оскільки населення України перебуває під постійним впливом малих доз радіоактивного опромінення, то і засоби захисту повинні мати постійний характер і постійно надходити в організм людини. Це реально лише з уживанням харчових продуктів із компонентами радіопротекторної дії.

**Ключові слова:** радіоактивність, дози опромінення, нутрієнти, радіопротектори, харчування, радіоізотопи стронцію та цезію.

Не існує безпечних способів зберігання радіоактивних відходів і немає безпечних доз опромінення. Радіоактивний фон в усьому світі призводить до передчасної старості, природжених дефектів, росту дитячої смертності, поширенню раку та лейкемії, а також раніше не відомих інфекційних захворювань. Основною причиною цих страждань людства є непередбачувано серйозний вплив малих доз опромінення протягом тривалого часу [1, р. 280].

В умовах впливу іонізуючої радіації складаються ефекти онкогенних чинників, таких як джерела гепатотоксичних нітросполук, поліциклічні ароматичні вуглеводні, різноманітні забруднювачі харчових продуктів, що утворюються при технологічному та кулінарному обробленні. Небезпека виникнення злоякісних новоутворень різко підвищується при сумісній дії іонізуючої радіації та названих онкогенних чинників.

Аналіз сучасного стану проблеми не залишає сумнівів у тому, що на випадок ураження організму радіоактивними речовинами основний акцент має бути зроблено на причинний, каузальний захист, тобто на запобігання інкорпорації та видалення радіоактивних речовин з організму, в результаті чого досягається зниження поглинутої дози і, як наслідок, ослаблення, а то і знешкодження біологічних ефектів опромінення.

Цілком очевидно, що цією констатацією ніскільки не применшується значення іншого шляху захисту, заснованого на використанні загальних принципів профілактики і лікування променевих хвороб, зумовлених зовнішнім опроміненням. Однак усі фахівці звертають увагу на необхідність диференційованого підходу до використання цих принципів і недопустимість простого перенесення існуючих рекомендацій на всі випадки радіоактивної інтоксикації.

Загальновідомо, що використання засобів специфічної профілактики радіаційних уражень є важливим елементом захисту організму в умовах загального опромінення від зовнішніх джерел [2, р. 404]. Якщо керуватись згаданими вище положеннями, то і у випадку отруєнь радіоактивними речовинами повинно бути показано використання радіопротекторів різноманітних речовин штучного та природного походження, здатних зменшити шкідливу дію іонізуючої радіації на біологічні системи. Подібні рекомендації без належного експериментального обґрунтування висловлюються в періодичній та довідковій літературі.

Водночас доведено [2, р. 406], що при ураженні радіоактивними сполуками динаміка накопичення організмом поглинутої дози істотно відрізняється від

характеру її формування в умовах миттєвого чи швидкоплинного – нейтронного або рентгенівського опромінення. При постійному надходженні радіоактивних сполук в організм період формування гостроефективної дози в органах і тканинах виявляється більш тривалим, оскільки цей процес визначається ядерно-фізичними властивостями радіонуклідів і часом перебування їх в організмі.

Звідси висновок – одноразове профілактичне використання радіопротекторів (термін ефективної дії яких переважно короткий) з метою «нейтралізації» частини сумарної дози опромінення явно недостатнє та й недоцільне.

Тому в концептуальному плані можна ставити питання щодо тривалого використання радіопротекторів на фоні постійного внутрішнього опромінення для підтримання в організмі ефективно діючої концентрації препарату захисної дії. З цією метою використовують різноманітні ентеросорбенти, високоокислену целюлозу, сорбенти на основі природних полімерів – пектинів та альгінатів, феррацину тощо.

Однак декорпоруюча дія цих препаратів обмежена. Доведено, наприклад, що пектини малоефективні стосовно зменшення всмоктування радіонуклідів стронцію в шлунково-кишковому тракті, оскільки вони не утворюють стійких комплексних сполук зі  $\text{Sr}^{2+}$ . Тривале (понад місяць) використання ентеросорбентів на основі активованого вугілля та природних полімерів призводить до істотного мінерального дисбалансу, погіршення формули крові, викликає стійкий дисбактеріоз [4, р. 232], оскільки будь-який сорбент, поглинаючи і виводячи із організму радіоактивні елементи, одночасно зв'язує і нерадіоактивні. Тому на даний час склалась ситуація, що виключає доцільність ефективного застосування названих моносорбентів.

Реальнішим видається досягнення зазначеної мети, якщо йти шляхом розроблення радіозахисних рецептур та багатокомпонентних комплексів. Таким чином можливо вирішити декілька завдань: забезпечення вищого рівня захисту, зниження побічних та небажаних ефектів протипроменевих

препаратів, і, нарешті, досягнення більш раннього прояву дії та подовження її, що сприяє корегуванню доз на підставі потенціювання або простої сумації зазначених ефектів.

Значення плодоовочевої продукції в оздоровчому та профілактичному харчуванні визначається наявністю вітамінів, мікро- та макроелементів, вуглеводів та інших груп речовин, котрих у інших харчових продуктах або немає зовсім, або вони присутні в незначних кількостях. Оскільки єдиним на даний час засобом перероблення рослинної сировини, що дає можливість зберегти в готовому продукті всі зазначені цінні біокомпоненти, є низькотемпературна технологія, то, безумовно, саме сублімовані продукти мають стати тією основою, на якій ґрунтуватиметься розроблення рецептур комплексних харчових біодобавок широкого спектру фізіологічної та терапевтичної дії, в тому числі радіопротекторної [3, р. 67].

Для експериментального підтвердження цього положення фахівці лабораторії профілактики внутрішнього опромінення Національного наукового центру радіаційної медицини НАМН України провели широкий спектр досліджень із впливу кріопорошків яблук, буряків, смородини, моркви, топінамбуру, амаранту, цедри цитрусових тощо на основні біохімічні показники функціонування організму лабораторних тварин на фоні тривалого надходження в організм радіонуклідів стронцію та цезію, важких металів та пестицидів у заданій концентрації.

Досліди проводили на безпородних самцях білих щурів із середньою масою 140...160 г. Використано 105 тварин по 15 в кожній групі. Одна група тварин отримувала звичайний віварний раціон, всі інші – по 400 мг сублімованих продуктів. Їх вплив на 335 процеси виведення інкорпорованих радіонуклідів стронцію та цезію вивчали у динаміці в умовах 30-денного експерименту.

Через тиждень після адаптації до даних раціонів тваринам ввели одноразово (додали до їжі) радіонукліди з розрахунку  $90\text{Sr}$  1306 Бк/тварину і  $137\text{Cs}$  343 Бк/тварину. Вміст радіонуклідів у тілі щурів вимірювали за гамма-

випромінюванням  $^{137}\text{Cs}$  та  $^{90}\text{Sr}$  один раз у 3 дні на портативній установці “Ortec” з аналізатором імпульсів на 4000 каналів, сцинтиляційним детектором фірми “Bicron” (США).

Вимірювання проводили в геометрії спеціального пластикового будиночка, в котрому фіксували тварину. Діапазон енергій, що реєструється детектором, складає 40 KeV – 10 MeV. Перед початком вимірювань було проведено енергетичне калібрування гамма-спектрометра для ідентифікації радіонуклідів і калібрування за ефективністю реєстрації гамма-квантів. Це необхідно для кількісного визначення активності радіонуклідів. З цією метою використано еталон фірми “Amersham” (Великобританія), який відповідає вимогам Міжнародної електротехнічної комісії, і фантом тіла тварини з відомою активністю. Похибка радіометричного вимірювання не перевищувала 5%.

Результати дослідження динаміки виведення радіонуклідів стронцію та цезію в контролі та в дослідах показали, що введені в організм радіонукліди з певною швидкістю видаляються з нього, особливо лабільним є цезій. Кінетика виведення стронцію та цезію з організму щурів описується, з певним наближенням, двома експонентами. Частина цезію виводиться досить швидко за період у 2...3 доби, стронцію – 4...5 діб, а кількість, що залишилась, видаляється повільніше.

Автори цієї роботи дійшли висновку, що в перші дні виводиться в основному позаклітинний цезій; подальше виведення його сповільнюється тому, що радіонуклід утворює з біосубстратами організму стабільні комплекси. Таке пояснення, очевидно, можна віднести і на рахунок поведінки стронцію.

Використання всіх сублімованих порошків більшою чи меншою мірою посилює елімінацію радіонуклідів. За 30 діб у тварин контрольної групи виводиться близько 60% цезію і 90% стронцію при використанні, наприклад, сублімованого порошку цедри цитрусових.

Підвищена кількість декорпорованого цезію приводить до зменшення його вмісту в органах щурів на 50%. Найменша кількість радіонуклідів виводиться кріопорошками топінамбуру. Хоча, щоб надати конкретного змісту поняттям «більше» чи «менше» для даного випадку, варто скористатись критерієм оцінки ефективності захисної дії будь-якого препарату, запропонованим Л.О. Ільїним. Згідно з ним, ефективність радіозахисної дії окремих сублімованих продуктів складає (табл. 1):

**Таблиця 1.**

**Ефективність захисної дії сублімованих продуктів щодо радіонуклідів  $^{90}\text{Sr}$  та  $^{137}\text{Cs}$  через 30 діб експерименту**

Сублімовані продукти	Ефективність захисної дії, %	
	щодо $^{137}\text{Cs}$	щодо $^{90}\text{Sr}$
Цедра цитрусових	$65 \pm 0,14$	$96,4 \pm 0,41$
Смородина	$53,2 \pm 0,32$	$75,0 \pm 0,17$
Цукровий буряк	$31,3 \pm 0,12$	$66,1 \pm 0,22$
Яблука	$30,2 \pm 0,44$	$64,2 \pm 0,43$
Морква	$21,6 \pm 0,27$	$46,5 \pm 0,19$
Картопля	$18,8 \pm 0,23$	$40,6 \pm 0,15$
Топінамбур	$11,9 \pm 0,31$	$34,0 \pm 0,28$

Загалом, отримані експериментальні дані, результати досліджень інших авторів свідчать про те, що сорбційне видалення двовалентного сильногідратованого стронцію (-н 0 гідр.=342) значно вище від ефекту сорбційного видалення одновалентного слабогідратованого цезію (-н 0 гідр.=61), що підтверджує відомі дані щодо значного впливу на сорбцію радіонуклідів їх валентності та енергії гідратації [5, р. 587].

Результати, представлені в таблиці, показують, що сублімовані продукти, отримані за однією й тією ж технологією з різних видів рослинної сировини, мають різний радіопротекторний ефект: від 34,0% для топінамбуру до 96,4% для цедри цитрусових за стронцієм і, відповідно, 11,9 і 65,6 % за цезієм.

Відомо, що адсорбція на порошкоподібних біоматеріалах унаслідок їх гетерогенності є складним багатосистемним процесом. І це ускладнює з'ясування її механізму. Сорбція різних радіонуклідів біокомпонентами одного й того ж сублімованого порошку може відбуватись різними шляхами: іонним обміном, хемосорбцією, комплексоутворенням. Вибірковість дії сорбентів визначається структурою, природою функціональних груп, їх розташуванням, взаємним впливом.

Тому причину зазначеного явища різного радіозахисного ефекту кріопорошків з різних видів сировини слід шукати у відмінностях в їхньому біокомпонентному складі. В першу чергу, серед сполук, здатних або до іонного обміну, або до утворення малорозчинних комплексів з радіонуклідами.

Описані нижче дослідження підтверджують цю гіпотезу. Та перш ніж перейти до них, варто зупинитись на ще одній позитивній характеристиці сублімованих продуктів – їх здатності до знешкодження дії важких металів та пестицидів в живому організмі.

В лабораторії радіаційної біохімії Національного наукового центру радіаційної медицини НАМН України та МОЗ України проведено дослідження із впливу композиційних сумішей кріопорошків (яблука та смородина, буряки та морква) на основні біохімічні показники крові лабораторних тварин при тривалому надходженні в організм важких металів і пестицидів.

Досліди проводили на щурах-самцях 5-місячного віку з масою тіла 140...150 г лінії Вістар [6, р. 54]. Усі тварини щоденно отримували кріопорошки у кількості 300 мг, крім контрольної 1-ї групи, яка отримувала лише сир. Дослідна група 2 отримувала суміш порошків з яблук та смородини; група 3 – з буряків та моркви. Експеримент проходив протягом 6 місяців, після чого аналізували основні біохімічні показники крові тварин, що дало можливість з'ясувати ті зміни в організмі, які відбувались під впливом сублімованих продуктів.

Згідно з отриманими результатами, введення до харчового раціону тварин сублімованих продуктів викликає позитивні зміни у характері гемолізу

еритроцитів: основний пік відбувається у більш пізній період, причому частка нестійких форм еритроцитів зменшується. Це є однозначним свідченням сприятливого впливу кріопорошків на процеси еритропоезу та їх захисний ефект клітинних мембран. Сублімовані матеріали справляють також антиоксидантну дію на живий організм, що є основним чинником зниження і знешкодження основної маси токсичних продуктів. Це виявилось у зменшенні рівня перекисного окислення ліпідів і, відповідно, вмісту дієнових кон'югатів ліпідів та малонового діальдегіду.

Таким чином, за даним критерієм усі досліджені кріопорошки, з точки зору їхньої радіопротекторної дії щодо стронцію, можна віднести, згідно з класифікацією Л.О. Ільїна, до таких, що мають значну чи високу ефективність. За радіоактивним цезієм до цієї групи не потрапляє лише топінамбур.

Щоденне вживання кріопорошків викликає також вірогідні позитивні зміни у білковому спектрі крові, сприяючи збільшенню відносного вмісту фракції альбуміну і зменшенню фракції гамма-глобуліну. Загалом це свідчить про здатність біокомпонентів порошків протидіяти патогенним впливам та значною мірою знижувати токсичний ефект дії важких металів і пестицидів на живий організм.

### Список літератури

1. Health effects of the Chernobyl accident and special health care program. Report of the UN Chernobyl Forum. Expert Group "Health". Ed. by Burton Bennett, Michael Repacholi, Zhanat Carr. Geneva, 2006.
2. Oh, J.Y., Fernando, I.P.S., Jeon, Y.J. Potential applications of radioprotective phytochemicals from marine algae. *Algae*. 2016. Vol. 31(4). P. 403–414. <https://doi.org/10.4490/algae.2016.31.12.1>
3. Simakhina, G.O., Naumenko N.V. Antioxidant effectiveness of plant cultures. *Ukrainian Food Journal*. 2021. Vol. 10 (1). P. 62–77. <https://doi.org/10.24263/2304-974X-2021-10-1-6>

4. Smith, T.A., Kirkpatrick, D.B., Smith, S. et al. Radioprotective agents to prevent cellular damage due to ionizing radiation. *Journal of Translational Medicine*. 2017. Vol. 15. P. 232. <https://doi.org/10.1186/s12967-017-1338-x>
5. Zakariya, N.I., Kahn, M.T.E. Benefits and biological effects of ionizing radiation. *Scholars Academic Journal of Biosciences*. 2014. Vol. 2. P. 583–591. [https://www.researchgate.net/publication/329557937\\_Review\\_Article\\_Benefits\\_and\\_Biological\\_Effects\\_of\\_Ionizing\\_Radiation](https://www.researchgate.net/publication/329557937_Review_Article_Benefits_and_Biological_Effects_of_Ionizing_Radiation)
6. Khan, A.M.H., Parvez, S. Hesperidin ameliorates heavy metal induced toxicity mediated by oxidative stress in brain of Wistar rats. *Journal of Trace Element Biology*. 2015. Vol. 31. P. 53–60. [https://doi: 10.106/j.tem.2015.03.002](https://doi.org/10.106/j.tem.2015.03.002).