

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ВИРОБНИЦТВА РАДІАЦІЙНО БЕЗПЕЧНИХ М'ЯСНИХ ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ. ВИВЧЕННЯ ЛОКАЛІЗАЦІЇ ^{137}Cs У М'ЯЗОВІЙ ТКАНИНІ

М. Л. Долгий –

Інститут державного управління у сфері цивільного захисту МНС України

Исследовали, в какой форме радиоактивный цезий находится в мышечной ткани. Установлено, что препараты белков не образуют стабильных комплексов с радиоактивным цезием. Предполагается частичное связывание цезия-137 мембранами мышечной клетки в процессе хранения мяса.

The form in which radioactive caesium is present in muscular tissue has been investigated. It has been found that protein agents under study do not form stable complexes with radioactive caesium. It is suggested that caesium-137 is partially bound by muscular cell membranes upon meat storage.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Аварія на ЧАЕС призвела до довгострокового радіоактивного забруднення понад 53,5 тис. квадратних кілометрів території України і, як наслідок, до включення радіонуклідів в основні продукти харчування – м'ясні та молочні.

Максимальні рівні забруднення продуктів харчування, які формують найбільшу дозу додаткового опромінення (молоко та м'ясо великої рогатої худоби), перевищують показники державних санітарних нормативів у два – три рази, а іноді й більше.

На сьогодні відсутність достатніх коштів для проведення захисних заходів з метою одержання "чистої" сільськогосподарської продукції в особистих підсобних господарствах, недостатній контроль за харчовими підприємствами агропромислового комплексу не дозволяють виключити надходження радіонуклідів у продукти харчування та, як наслідок цього, в організм людини [1].

Як показали результати досліджень, найбільш серйозну небезпеку для здоров'я населення являє ^{137}Cs з періодом напіврозпаду понад 30 років [2], який і обумовлює рівень забруднення м'яса (найціннішого продукту харчування людини).

Стабільний цезій входить до складу організму тварин у кількості 0,002–0,6 мкг на 1 г м'якої тканини. За своїми хімічними властивостями цезій є аналогом калію [3] і відноситься до лужноземельних металів.

Властивість м'язів вибірково накопичувати цезій характерна для тварин незалежно від їх видових особливостей, умов існування та годівлі, а характер розподілу цезію по органах і тканинах залежить від тривалості надходження ізотопу в організм та особливостей мінерального обміну останнього [4–6].

У зв'язку з цим проблема очищення м'яса від радіоактивного цезію ще не одне десятиліття буде

актуальна як у соціально-економічному, так і в науковому аспектах.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Основою більшості розроблених методів для промислової дезактивації м'ясної сировини є такі технологічні операції:

- промивка м'ясної сировини водопровідною водою;
- посол сухий або мокрий;
- термічна обробка.

Установлено, що найбільш ефективним є використання процесу мокрого посолу [7–9], особливо при застосуванні цезій-сорбуючих агентів [10].

Ще в 1965 р. А. Соколов звертав увагу на те, що розуміння дифузійно-осмотичного процесу мокрого посолу дозволить направлено впливати на перерозподіл солі, води і, в кінцевому рахунку, на виведення із м'ясної сировини радіоактивного цезію [11].

На наш погляд, у першу чергу необхідно з'ясувати питання щодо можливості утворення у м'язовій тканині стабільних комплексів білок – ^{137}Cs .

У сучасних вітчизняних дослідженнях до деяких теоретичних та практичних аспектів цієї проблематики звертаються: Р. Алексахін, Л. Альохіна, В. Данилова, І. Дібобес, Е. Дубровіна, Н. Журавська, А. Ілленко, Л. Ільїн, М. Лазарєв, І. Ліхтарьов, П. Малкін, Р. Малкіна, Ю. Москальов, П. Павловський, В. Пальмін, Б. Прістер, С. Пучкова, Г. Сопін, В. Трегубов, Н. Шелудько та ін.

ВИДІЛЕННЯ НЕВИРІШЕНИХ ПИТАНЬ

На сучасному етапі дієвими щодо зменшення вмісту радіоактивного цезію в продуктах харчування є такі контрзаходи: вапнування ґрунтів, внесення мінеральних добрив, поліпшення луків та пасовищ, широке застосування підсиленого сорбентами корму.

У той же час ^{137}Cs не вилучається з кругообігу у природі і так чи інакше потрапляє в організм людини. Тільки принципово новий підхід, а саме визначення оптимальних параметрів міграції радіонукліда у розчин NaCl у присутності сорбенту дозволить розробити ефективну малозатратну промислову технологію очистки м'ясної сировини не тільки від цезію-137, а й від важких металів.

Метою даної роботи є визначення, у якій формі – зв'язаній чи вільній – радіоактивний цезій перебуває у м'язовій тканині.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Матеріали і методи. У роботі використовували м'ясо яловичини з питомою радіоактивністю $2,2 \times 10^3 - 2,4 \times 10^5$ Бк/кг. Для виділення актоміозинового комплексу м'язову тканину подрібнювали та продавлювали через решітку діаметром 2 мм і змішували з 10 об'ємами буферного розчину, що містить 40 мМ KCl , 5 мМ тріс- HCl (рН 7,0), і через 5 хв центрифугували при 2500 г. Цю операцію повторювали 3 рази для максимального видалення водорозчинних білків. Актomioзиновий комплекс екстрагували змішуванням кінцевого осаду з 10 об'ємами розчину, що містить 0,6 М KCl , 50 мМ тріс- HCl (рН 6,5) і 1 мМ АТФ протягом 15 год на холоді. Далі суміш центрифугували при 13 000 г протягом 20 хв і надосадову рідину розбавляли 15 об'ємами холодної дистильованої води. Актomioзин випадав в осад. Його збирали при 2500 г і розчиняли в буферному розчині 0,6 М KCl , 5 мМ тріс- HCl (рН 7,0). Речовини, що не розчинилися, видаляли з актоміозинового розчину центрифугуванням при 3500 г протягом 30 хв. Світлий розчин актоміозину використовували для подальших досліджень. Електрофорез м'язових білків у блоці градієнтного поліакриламідного гелю у присутності додецилсульфату натрію проводили за принципом, описаним у роботі [2]. Авторадіографію поліакриламідних гелів здійснювали після електрофорезу саркоплазматичних та міофібрилярних білків у світлонепроникних касетах для експонування, виготовлених із нержавіючої сталі з умонтованими посилюючими екранами. Для експонування використовували рентгенографічну плівку НІКФІ типу РМ чутливістю 650 зворотних рентгенів. Експонування проводили протягом 40 і 60 діб [3]. Сумарна активність проби $l \times (10^{-1} - 10^{-2})$ Бк. Для рівноваги діалізу використо-

ували діалізні трубки фірми "Serva" (ФРН). Зразки готували за такою схемою: подрібнену м'язову тканину екстрагували 9 об'ємами 0,7 М NaCl , куди попередньо вводили розчин 1 мМ азиду натрію у 0,05 М тріс- HCl (рН 7,5). Протягом 24 год при 4°C у екстракт переходили всі саркоплазматичні білки й більше 90 % міофібрилярних. М'язовий залишок з білків строми, клітинних органел, уламків плазматичних мембран і фрагментів саркоплазматичного ретикулама відокремлювали центрифугуванням при 18 000 г протягом 30 хв і суспендували в невеликому об'ємі екстрагуючого буфера. Діаліз проводили протягом 5 діб. Діалізні посудини герметично закупорювали для запобігання випаровування розчину. γ -Спектрометричні визначення питомої активності цезію-137 у досліджуваних зразках здійснювали на багатоканальному аналізаторі NOKIA LP 4900 В з напівпровідниковим Ge(Li) -детектором і автоматичній системі "Гама-трек"; К-40 – на γ -спектрометрі ADCAM-300. Мембранний комплекс, що містить плазматичні мембрани, мембрани саркоплазматичного ретикулама, мітохондрій і ядер, виділяли відповідно до методики [4].

Результати експериментальних досліджень. Шляхи метаболізму цезію в організмі людини й тварин вивчалися досить інтенсивно. Відомо, що цезій, який потрапив в організм, бере участь у калієвому обміні й накопичується в основному у м'язовій тканині. У зв'язку з тим, що концентрації білків у м'язових тканинах високі, логічно було припустити, що частина цезію, що надійшов, утворить комплекси з м'язовими білками. З метою вивчення локалізації радіоактивного цезію проводили фракціонування цих білків із наступним визначенням їхньої питомої радіоактивності. У наведених нижче експериментах м'язові білки екстрагували розчинами з іонною силою 0,26, оскільки за таких умов міофібрилярні білки ще нерозчинні, а екстракція саркоплазматичних білків максимальна. Виділення актоміозинового комплексу з екстракту міофібрилярних білків проводили при зниженій іонній силі. М'язовий залишок після послідовної екстракції саркоплазматичних і міофібрилярних білків містив близько 11 % усього білкового азоту. Встановлено, що кількісний вміст білків у досліджуваних екстрактах не збігається з розподілом питомої активності цезію-137. Дані, наведені в табл. 1, свідчать

Таблиця 1

Розподіл вмісту загального білка й питомої радіоактивності в екстрактах саркоплазматичних, міофібрилярних білків, у м'язовому залишку

Зразок	Вміст загального білка м'язів, %	% від питомої радіоактивності вихідного м'яса
Екстракт саркоплазматичних білків	20,1 ± 3,2	70,6 ± 5,1
Екстракт міофібрилярних білків	55,4 ± 4,6	13,4 ± 1,9
М'язовий залишок	22,3 ± 2,8	11,7 ± 2,1

про те, що на екстракт саркоплазматичних білків припадає приблизно 70 % радіоактивного цезію, тоді як на екстракт міофібрилярних білків, що включає більше половини усього білка м'язів, – лише близько 13 % цього радіонукліда.

Для визначення вмісту радіоактивного цезію безпосередньо в білках останні висалювали з отриманих екстрактів сірчанокислим амонієм (70 % насичення) з наступним осадженням 20 %-ною трихлороцтовою кислотою. Осади саркоплазматичних білків містили до 10 %, а міофібрилярних – 7 % радіоактивності екстрактів, що становить менш 1 % радіоактивності вихідного м'яса. Отримані дані вказують на те, що саркоплазматичні й міофібрилярні білки, очевидно, не утворюють стабільних комплексів з радіоактивним цезієм.

Авторадіографія поліакриламідних гелів, висушених після електрофорезу саркоплазматичних і міофібрилярних білків, підтвердила припущення. Про відсутність зв'язування радіоактивного цезію всіма екстрагованими білками м'язів свідчать і результати рівноважного діалізу (табл. 2). Екстракцію й діаліз здійснювали 0,7 М NaCl. Як видно, цезій рівномірно розподілився між екстрактом білків у діалізній трубці й діалізним розчином. Рівновагу у розподілі радіоактивного цезію при діалізі м'язового залишку трохи зрушено у бік останнього, що вказує на можливість існування комплексу радіоактивного цезію з якимисьь структурами в м'язовому залишку.

З даних літератури відомо, що іони цезію блокують калієві канали мембран м'язових клітин. Тому найбільш імовірним місцем зв'язування радіоактивного цезію у м'язовому залишку уявлялися мембранні структури. Причому, чим довше м'ясо перебувало на зберіганні, тим більше була ймовірність заміщення калію цезієм. Для перевірки цього припущення були виділені мембранні препарати, що містили плазматичні мембрани, фрагменти саркоплазматичного ретикулума, мітохондрій і ядер. У першому варіанті м'ясо для дослідження брали через 12 діб після забою, у другому – через 9 місяців. Незважаючи на те що наявні в цей час методи не дозволяють виділяти мембранні препарати в кількості, достатній для достовірного виміру радіоактивності, дані табл. 3 свідчать про тенденцію до збільшення кількості ^{137}Cs та зменшення ^{40}K у мембранних структурах при тривалому зберіганні м'ясної сировини.

ВИСНОВКИ

З огляду на наведене можна висловити припущення, що після забою у м'язовій тканині не утворюються стабільні комплекси білок – ^{137}Cs , а весь накопичений радіоактивний цезій знаходиться у дисоційованому стані і легкодоступний для його вилучення з м'ясної сировини.

Подальші напрями дослідження у цьому напрямі необхідно зосередити на вивченні впливу фізико-хімічних факторів (рН, іонної сили розчину тощо) на міграцію ^{137}Cs із м'язової тканини у розчин NaCl.

Таблиця 2

Розподіл радіоактивного цезію при рівноважному діалізі

Зразок	Питома радіоактивність, %	
	Діалізат	Діалізний розчин
Екстракт	$52,1 \pm 2,2$	$49,6 \pm 3,4$
М'язовий залишок	$57,0 \pm 4,4$	$49,3 \pm 3,6$

Таблиця 3

Зв'язування іонів цезію й калію мембранними комплексами

Зразок	Питома активність, Бк/кг	
	Час після забою тварини	
	12 діб	9 міс
^{137}Cs		
Подрібнена м'язова тканина	$1,7 \times 10^3$	$1,1 \times 10^4$
Препарат мембран	$(7,4 \pm 3,7) \times 10^{-2}$	$(11,1 \pm 3,7) \times 10^{-2}$
^{40}K		
Подрібнена м'язова тканина	124,0	124,0
Препарат мембран	$(9,9 \pm 7,4) \times 10^{-1}$	$(1,5 \pm 3,7) \times 10^{-1}$

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про Загальнодержавну програму подолання наслідків Чорнобильської катастрофи на 2006–2010 роки», 14 березня 2006 року № 3522-IV // Відомості Верховної Ради України (ВВР). – 2006. – № 34. – ст. 290.
2. Чернобыльская катастрофа / Под ред. В.Г. Барьяхтара. – К., 1995. – 560 с.
3. Пучкова С.М. Физико-химическое состояние некоторых радиоактивных изотопов в организме крыс и их связь с тканевыми белками // В кн.: Пятая научно-практическая конференция по радиационной гигиене. Труды. – Л.: Наука, 1967. – С. 149.
4. Никитина З.А., Панченко И.Я., Буров Н.И. Накопление и распределение ^{137}Cs в организме свиней при длительном поступлении изотопа // Биологическое действие внешних и внутренних источников радиации / Под ред. проф. Ю.Н. Москалева, В.С. Калистратовой: Сб. науч. тр. – М., 1972. – С. 145.
5. Алексахин Р.М., Васильев А.В., Дикарев В.Г. и др. Сельскохозяйственная радиоэкология. – М., 1992. – 400 с.
6. Асташева Н.П., Романов Л.М., Костюк Д.М., Хомутинин Ю.В. Динамика накопления и выведения радионуклидов из организма сельскохозяйственных животных // Проблемы сельскохозяйственной радиологии: Сб. науч. тр. – К., 1991. – С. 160–170.
7. Gernon G.D. Removal of radiocaesium from beef // Nature. – 1964. – V. 203. – p. 1189–1190.
8. Wood G.M., Clark S.A., Wilson L.G. and Sutton P.M. The effect of processing on the radiocaesium content of lamb // In: Proc. Seminar on Radioactivity Transfer during Food Processing and Culinary Preparation, Cadarache, France, 18–21 September. – 1989. – p. 403–428.
9. Wahl R., Kalle E. Decontamination puts meat in a pickle // Nature. – 1986. – V. 323, № 6085. – p. 208.
10. Berg S.A.A. Method and device for the decontamination of meat // No patent document 164333/c/. – 1990.
11. Соколов А.А. Физико-химические и биохимические основы технологии мясопродуктов. – М.: Пищевая промышленность, 1965. – С. 87.