

613.281:664.8:539.163:546.36

REZIDUÁ RÁDIONUKLIDOV CÉZIA V KONZERVOVANÝCH POTRAVINÁCH

Genmjr. prof. MVDr. Jozef HRUŠOVSKÝ, DrSc.,¹ ing. Peter MIŽIK,²
MVDr. Mária TOKOŠOVÁ, CSc.²

¹Federálne ministerstvo národnej obrany, Praha

²Vojenský veterinárny doškoľovací a výskumný ústav, Košice

Úvod

V roku 1986 bolo mierové využívanie jadrovej energie poznamenané závažnou haváriou na 4. bloku jadrovej elektrárne v Černobyle. Únik rádioaktívnych látok z havarovaného reaktora zasiahol prakticky celú Európu [1, 2, 5, 6, 7, 9, 13, 14, 18, 21]. V dôsledku existujúcej meteorologickej situácie bolo rádioaktívnym spadom v dňoch 26. apríla až 10. mája 1986 niekoľkokrát zasiahnuté i územie Československa. V jednotlivých zložkách životného prostredia boli zistené zvýšené koncentrácie rádionuklidov jódu, telúru, cézia, stroncia, ruténia [10].

Pri konzumovaní mäsa a mäsových výrobkov najväčšie radiačné riziko predstavujú rádionuklidy cézia. Tie sa dostávajú kontaminovaným krmivom alebo vodou do tráviaceho traktu zvierat, kde sa, podobne ako ich biogénny analóg draslík, ľahko vstrebávajú v tenkom čreve a dvanástniku v rozsahu 50–80 % prijatého množstva. Krvou sa tento prvok rovnomerne distribuuje v celom tele, v prípade kontinuálneho príjmu sa postupne kumuluje vo svalovine a ostatných mäkkých tkanivách [8], ktoré slúžia ako základná surovina vo výžive obyvateľstva.

V dôsledku značného odhadovaného integrálneho úniku cézia-134 ($1,9 \cdot 10^{16}$ Bq) a cézia-137 ($3,8 \cdot 10^{16}$ Bq) pri havárii černobyľského reaktora [4], ako i pomerne dlhých fyzikálnych poločasov premeny (Cs-134 2,07 roka a cézium-137 30,4 roka) [11], je možné očakávať dlhodobý transport týchto rádionuklidov v životnom prostredí človeka a tým dodatočne ožiarenie populácie predovšetkým prijímaním kontaminovanej potravy.

Cieľom práce bolo získať údaje o merných aktivitách rádionuklidov cézia vo vybraných druhoch mäsových konzerv, porovnať získané údaje merných aktivít vo výrobkoch z obdobia pred a po havárii černobyľskej jadrovej elektrárne a posúdiť získané výsledky z pohľadu dodatočnej radiačnej záťaže organizmu pri vnútornej kontaminácii rádionuklidmi cézia v dôsledku konzumácie mäsových výrobkov pri zistenej úrovni zamorenia.

Materiál a metódy

Boli sledované merné aktivity rádionuklidov cézia-134, 137 v mäsových konzervovaných výrobkoch, ktoré boli rozdelené do 5 skupín: ho-

vädzie vo vlastnej štave (H), bravčové vo vlastnej štave (B), luncheon meat pork (LP), pečeňová paštéta (P) a ostatné výrobky (bôčiková nátierka, bravčové na paprike, sedliacke bravčové, sekané mäso, hovädzí guláš, domáci guláš a luncheon meat). Výrobky pochádzali zo 4 konzervárenských závodov v Juhočeskom (T), Juhomoravskom (K a B) a Stredoslovenskom kraji (L). Vyšetrované vzorky boli vyrobené v mesiacoch február 1986 až máj 1987.

Rádionuklidy cézia boli stanovované vo vyšetrovaných vzorkách rádiochemicky alebo gamaspektrometricky. U vzoriek z obdobia február a marec 1986 bola vzhľadom na nízke hodnoty merných aktivít rádionuklidov cézia použitá rádiochemická metóda. Táto metóda bola použitá i u vzoriek vyrobených v mesiacoch jún až december 1986, lebo zabezpečovala selektívnu separáciu rádionuklidov cézia.

Rádiochemická metóda stanovenia reziduí rádionuklidov cézia bola založená na selektívnej sorpcii cézia na anorganickom sorbente fosfomolybdenane amónnom (AMP) z kyslého roztoku mineralizátu vzorky. Aktivita sorbentu bola meraná gama automatom Berthold B² 5300 so studňovým scintilačným detektorom NaI(Tl). Za predpokladu zanedbateľného úniku cézia pri mineralizácii vzoriek do teploty 450 °C výťažnosť rádiochemickej separácie i s ohľadom na geometrický faktor merania bola zistená spracovaním série modelových roztokov o známej aktivite rádionuklidov cézia [17].

Vzorky z výroby za obdobie január až máj 1987 boli vyšetrené gamaspektrometricky po čiastočnej mineralizácii meraním v uvedenom gama automate v dvojkanálovom usporiadaní: 1. kanál bol nastavený na 700 ± 150 keV a umožňoval detekciu gama žiarenia oboch rádionuklidov cézia, 2. kanál na 1460 ± 100 keV na detekciu gama žiarenia prírodného rádionuklidu draslík-40. Príspevok draslíka-40 v 1. kanáli bol eliminovaný použitím simultánných rovníc [3] na základe známej počtu impulzov draslíkového štandardu (chlorid draselný vysušený pri 105 °C) v 1. kanáli.

Kalibrácia gama automatu pre vzorky vyrobené vo februári a marci 1986 bola vykonaná sadou štandardov cézia-137 so vzrastajúcou aktivitou nariadených z etalónového roztoku ER-25 (ÚVVVR Praha), pre vzorky vyrobené po černobyľskej havárii bol prístroj nastavený sadou štandardov so vzrastajúcou aktivitou pripravených z etalónových roztokov ER-25 Cs-134

a Cs-137 na základe známeho pomeru aktivít Cs-134 k Cs-137, ktorý bol v dobe havárie 1 : 2. Po premeraní 10 vzoriek bolo vykonané meranie pozadia a bola kontrolovaná kalibrácia premeraním vybraného štandardného roztoku.

Vlastný výpočet mernej aktivity bol vykonaný podľa práce [16]. Najmenšia zistiteľná aktivita pre rovnaké doby merania vzorky a pozadia bola vypočítaná na základe vzťahu z práce [12].

Výsledky

V tabuľke 1 sú uvedené jednotlivé hodnoty merných aktivít a Cs-137 v mäsových konzervách vyrobených pred haváriou jadrového reaktora v Černobyle v závode L.

Tabuľky 2, 3, 4, 5 uvádzajú priemerné mernej aktivity rádionuklidov cézia $\bar{a}$ a rozptyl týchto hodnôt R v mäsových konzervách vyrobených po havárii v černobylskej jadrovej elektrárni až do mája 1987 v závodoch L, K, T a B. Hodnoty N uvádzajú v tabuľkách počty vyšetrených vzoriek.

Sledované druhy mäsových konzerv sú vyrábané a konzumované vo veľkom množstve, a tým sú potenciálnymi prispievateľmi k vnútornej kontaminácii človeka rádionuklidmi cézia cestou ingescie.

Všetky analyzované vzorky boli odoberané a vyšetrované v krátkom časovom období zanedbateľnom v porovnaní s fyzikálnymi polčasmi jednotlivých rádionuklidov cézia.

Diskusia

V tabuľke 1 sú uvedené hodnoty merných aktivít Cs-137 v jednotlivých mäsových konzervách vyrobených pred 26. aprílom 1986. Zo 47 vyšetrení prakticky iba v jednom prípade hodnota mernej aktivity bola vyššia ako 10 Bq/kg (27 Bq/kg) u vzorky hovädzieho mäsa. Ojedinelý výskyt takýchto merných aktivít Cs-137 v organizme hospodárskych zvierat bol výsledkom uvoľňovania tohto rádionuklidu z globálneho spadu. Získané údaje je možné porovnať s výsledkami práce [15], v ktorej autori sledovali reziduá Cs-137 v pečeni a svalovine 42 jatočných zvierat z Juhomoravského kraja a v celom súbore boli reziduá Cs-137 v uvažovaných hodnotách zistené iba v svalovine 2 kusov.

V tabuľke 2 až 5 uvedené hodnoty priemerných merných aktivít rádionuklidov cézia a rozptyl nameraných hodnôt ukazujú zvýšený obsah týchto rádionuklidov v sledovaných mäsových výrobkoch. Rádioaktívny spad z rádionuklidov uniknutých po černobylskej havárii sa prejavil v rôznej miere vo výrobkoch z jed-

Tab. 1

Merné aktivity cézia-137 a (v Bq/kg) v mäsových konzervách vyrobených vo februári a marci 1986 v závode L (Stredoslovenský kraj)

Mesiac	Výrobok	H		V		LP		P	
		N	a	N	a	N	a	N	a
Február 1986		1	27	1	4	1	6	—	—
		3	<4	3	<4	6	<4	—	—
Marec 1986						2	9		
						1	4		
		8	<4	7	<4	7	<4	7	<4

Tab. 2

Priemerné hodnoty $\bar{a}$ a rozptyl R merných aktivít rádionuklidov cézia (v Bq/kg) v mäsových konzervách vyrobených v decembri 1986 až máji 1987 v závode L (Stredoslovenský kraj)

Mesiac	Výrobok	H			V			LP			P			Ostatné		
		N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R
December 1986		3	31	18—42	10	24	14—32	2	18	15—21	—	—	—	—	—	—
Január 1987		18	20	5—54	20	16	5—36	6	14	5—22	6	7	5—14	—	—	—
Február 1987		22	11	5—69	16	8	5—28	7	5	0	5	5	0	—	—	—
Marec 1987		22	8	5—39	17	5	0	25	6	5—27	8	5	0	1	5	—
Apríl 1987		9	20	5—63	28	11	5—43	16	9	5—47	6	5	0	1	5	—
Máj 1987		12	15	5—45	22	17	5—53	24	6	5—23	6	5	0	—	—	—

Tab. 3

Priemerné hodnoty $\bar{a}$ a rozptyl R merných aktivít rádionuklidov cézia (v Bq/kg) v mäsových konzervách vyrobených v júni 1986 až máji 1987 v závode K (Juhomoravský kraj)

Mesiac	Výrobok	H			V			LP			Ostatné		
		N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R
Jún 1986		—	—	—	2	22	14—30	—	—	—	—	—	—
Júl 1986		—	—	—	3	15	5—29	5	20	19—29	—	—	—
August 1986		—	—	—	1	13	—	6	6	5—10	—	—	—
September 1986		—	—	—	5	12	11—14	—	—	—	—	—	—
November 1986		—	—	—	1	43	—	2	24	5—43	1	14	—
December 1986		8	18	5—40	7	29	5—53	5	10	5—20	—	—	—
Január 1987		8	22	5—41	16	20	5—41	7	11	5—24	8	9	5—21
Február 1987		20	19	5—120	22	10	5—24	8	7	5—20	27	15	5—82
Marec 1987		12	7	5—25	26	6	5—15	3	5	0	15	6	5—21
Apríl 1987		8	12	5—38	15	5	—	11	5	0	5	5	0
Máj 1987		6	5	0	12	9	5—21	3	5	0	3	5	0

Tab. 4

Priemerné hodnoty $\bar{a}$ a rozptyl R merných aktivít rádionuklidov cézia (v Bq/kg) v mäsových konzervách vyrobených v januári 1987 až máji 1987 v závode T (Juhočeský kraj)

Mesiac	Výrobok	H			V			LP			Ostatné		
		N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R
Január 1987		15	56	20—112	11	23	5—56	13	24	5—41	1	5	—
Február 1987		14	30	5—133	7	10	5—22	13	12	5—48	4	11	5—19
Marec 1987		10	31	5—79	16	12	5—45	15	8	5—33	3	10	5—19
Apríl 1987		6	27	5—89	13	6	5—13	12	6	5—18	5	13	5—47
Máj 1987		6	19	5—66	13	15	5—53	11	15	5—62	—	—	—

Tab. 5

Priemerné hodnoty $\bar{a}$ a rozptyl R merných aktivít rádionuklidov cézia (v Bq/kg) v mäsových konzervách vyrobených v januári 1987 až apríli 1987 v závode B (Juhomoravský kraj)

Mesiac	Výrobok	H			V			LP			Ostatné		
		N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R	N	$\bar{a}$	R
Január 1987		5	5	0	6	5	0	7	5	0	4	5	0
Február 1987		12	6	5—18	15	6	5—14	11	5	0	4	5	0
Marec 1987		9	5	0	15	6	5—13	13	5	0	7	5	0
Apríl 1987		—	—	—	—	—	—	15	5	0	—	—	—

notlivých lokalít i v samotnom sortimente výroby z príslušného závodu. Najmenej ovplyvnené sú mäsové konzervy vyrobené v závode B v januári až apríli 1987. Najvyššie hodnoty priemerných merných aktivít rádionuklidov cézia boli zistené vo výrobkoch závodu T vyrobených v rovnakom období. Pri hodnotení vyšetřovaných vzoriek bola len sporadicky zistená hodnota mernej aktivity nad 50 Bq/kg. V prípade závodu T to tak bolo v 18 prípadoch (z toho v 3 prípadoch bola zistená hodnota

mernej aktivity nad 100 Bq/kg), u vzoriek závodu K v 6 prípadoch (z toho raz 120 Bq/kg), závodu L u 4 vzoriek a u žiadnej vzorky mäsových konzerv vyrobených v závode B. Čo sa týka kontaminácie jednotlivých druhov výrobkov, kontaminácia hovädzieho vo vlastnej štafve v porovnaní s inými výrobkami na základe priemerných merných aktivít je zreteľne vyššia iba v prípade závodu T. Pritom ale hodnoty merných aktivít rádionuklidov cézia nad 50 Bq/kg boli zistené u 19 vzoriek hovädzieho

vo vlastnej šťave (z toho v 4 prípadoch nad 100 Bq/kg), u 5 vzoriek bravčového vo vlastnej šťave, u 1 vzorky luncheon meat pork a v 3 prípadoch u ostatných konzervovaných mäsových výrobkov (domáci guláš).

Z tabuliek 2 až 4 vyplýva i postupne klesajúca tendencia priemerných merných aktivít rádionuklidov cézia. Analyzujúc údaje od januára do mája 1987, v mesiaci januári bola zistená merná aktivita rádionuklidov cézia nad 50 Bq/kg v 11 prípadoch (z toho raz nad 100 Bq/kg), vo februári v 5 prípadoch (z toho dvakrát nad 100 Bq/kg), v marci u 2 vzoriek a v apríli a máji boli hodnoty merných aktivít nad 50 Bq/kg zistené len v 1 prípade konzervovaných potravín.

Aj keď monitorovanie obsahu rádionuklidov cézia v mäsových konzervách nebolo v celom rozsahu zahájené okamžite po havárii, porovnaním s údajmi v práci (10) je možné konštatovať, že ani v tomto období u vzoriek hovädzieho a bravčového mäsa neboli zistené extrémne hodnoty priemerných merných aktivít: pre hovädzie mäso hodnoty priemerných merných aktivít rádionuklidov cézia boli v období jún až september 1986 53,4 až 20,3 Bq/kg, v rovnakom období u bravčového mäsa boli 69,0 až 23,3 Bq/kg. I títo autori potvrdili klesajúcu tendenciu merných aktivít rádionuklidov cézia v jednotlivých druhoch vyšetrovaných vzoriek v období jún až september 1986. Aj v ich súbore údajov nie sú zrejmé rozdiely v hodnotách priemerných merných aktivít rádionuklidov cézia v hovädzom a bravčovom mäse, ale rozptyl nameraných hodnôt v jednotlivých prípadoch ukazuje vyššiu kontamináciu hovädzieho mäsa, podobne ako tomu bolo pri analýze našich výsledkov.

Z hodnotenia získaných hodnôt merných aktivít rádionuklidov cézia v mäsových konzervách vyplýva, že ani v jednom prípade nebola prekročená hodnota 150 Bq/kg. Zistené hodnoty merných aktivít sú tak pod limitnými hodnotami pre kontamináciu mäsa rádionuklidmi cézia, ktoré boli stanovené niektorými kapitalistickými krajinami (9, 16): vo Švédsku a Švajčiarsku to bolo 250 Bq/kg mäsa, v Rakúsku a štátoch EHS 600 Bq/kg.

Pri posudzovaní dosiahnutých výsledkov z hľadiska medzného ročného príjmu rádionuklidov cézia obyvateľstvom pri celotelovej distribúcii (19, 20) je možné považovať príspevok k radiačnej záťaži človeka z konzumácie mäsových konzerv zo sledovaných lokalít v danom sortimente vyrobených v II. polroku 1986 a I. polroku 1987 za zanedbateľný. Autori v práci (10) predpokladajú dávkový úväzok Cs-137 z kontaminovanej potravy prvý rok po havárii 46 μ Sv a pre Cs-134 35 μ Sv. Hodnota 81 μ Sv pritom predstavuje asi $1/10$ hodnoty dávkového ekvivalentu z prírodného pozadia.

Zistené údaje poukazujú na nízke hodnoty kontaminácie mäsových konzervovaných po-

travín vyrobených v určených závodoch rádionuklidmi cézia. Napriek tomu, vzhľadom k dlhým fyzikálnym polčasom sledovaných rádionuklidov, ich schopnosti kumulovať sa v určitých zložkách životného prostredia a zapájať sa do biocyklov, ako aj problematickému hodnoteniu účinku malých dávok ionizujúceho žiarenia na organizmus človeka, je potrebné naďalej vykonávať monitorovanie kritických rádionuklidov v potravinovom reťazci človeka i v dôsledku zvyšujúceho sa rozsahu využívania jadrovej energie.

Súhrn

Boli sledované merné aktivity rádionuklidov cézia v mäsových konzervách vyrobených v 4 konzervárenských závodoch v období február 1986 až máj 1987. Bolo zistené zvýšenie merných aktivít rádionuklidov cézia v uvedených výrobkoch vyprodukovaných od júna 1986. Boli zistené rozdiely v hodnotách merných aktivít vo výrobkoch jednotlivých lokalít i v rámci sortimentu jedného závodu. Hodnoty merných aktivít rádionuklidov cézia nad 50 Bq/kg boli zistené v 28 prípadoch (z toho u 4 vzoriek v rozsahu 100–150 Bq/kg). Na základe literárnych údajov bol diskutovaný príspevok rádionuklidov cézia k radiačnej záťaži človeka.

Literatúra

1. ALEXANDROPOULOS, N. G. et al.: Chernobyl fallout on Ioannina, Greece. *Nature*, 322, 1986, č. 6082, s. 779.
2. BANGERT, K. et al.: Radioactivity in air, rain, soil, plants and food after the Chernobyl incident. *Naturwissenschaften*, 73, 1986, č. 8, s. 495–498.
3. BARATTA, E.: Radioactivity. In: *Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists*. Ed. S. Williams, Arlington, AOAC 1984. 998 s.
4. KOLEKTIV AUTORŮ: Havária v černobyľské jaderné elektrárně. Praha, ÚISJP 1986. 52 s.
5. CSONGOR, E. et al.: Chernobyl fallout in Debrecen, Hungary. *Nature*, 324, 1986, č. 6094, s. 216.
6. DAVIDS, J. A. G. - WEERS VAN, A. W.: Radioactivity levels at Ens (Netherlands) after the Chernobyl reactor accident. *Energiespectrum*, 10, 1986, č. 6/7, s. 140–150.
7. KOLEKTIV AUTORŮ: Interim report on fallout situation in Finland from April, 26 to May 4 1986. (Report STUK-B-VALO 44.) Helsinki, Finnish Centre for Radiation and Nuclear Safety 1986. 39 s.
8. HANUŠÍK, V. et al.: Šírenie vybraných rádionuklidov v potravinovom reťazci. *Rádioaktivita a životné prostredie*, 6, 1983, č. 3, s. 173–190.
9. HENRICH, E. - SCHÖNHOFER, F.: Chernobyl — its impact on Austria. 5th Symposium on radiochemical environmental analysis, Harwell 1986.
10. KOLEKTIV AUTORŮ: Report on radiation situation in ČSSR after Chernobyl accident. Praha, ÚISJP 1986. 270 s.
11. JAKÉŠ, D. et al.: *Jaderné chemické tabulky*. 1. vyd. Praha, SNTL 1964. 448 s.
12. JANSTA, V.: Overenie vybraných metód stanovenia I-131 vo vodách a mlieku. *Rádioaktivita a životné prostredie*, 4, 1981, č. 5, s. 299–309.
13. MILJOESTYRELSEN: The reactor accident at Chernobyl, U.S.S.R. *Radiation measurements in Denmark*. INIS-mf-10530.9 s.

14. PRINGLE, D. M. - VERMEER, W. J. - ALLEN, K. W.: Gamma-ray spectrum of Chernobyl fallout. *Nature*, 321, 1986, č. 6070, s. 569.
 15. PROCHÁZKA, H. et al.: Stanovení radioaktivních residuí v potravinách živočišného původu. (Výzkumná zpráva.) Brno, Výzkumný ústav veterinárního lékařství 1984. 46 s.
 16. PROCHÁZKA, H. et al.: Cílené stanovení kontaminace biologického materiálu štěpnými produkty. (Výzkumná zpráva.) Brno, Výzkumný ústav veterinárního lékařství 1986. 23 s.
 17. ŠČASNÁR, V.: Rádiochemické metody stanovenia cézia-137 vo vzorkách životného prostredia. *Rádioaktivita a životné prostredie*, 4, 1981, č. 2, s. 103—121.
 18. KOLEKTIV AUTORŮ: Results of radiation monitoring in the German Democratic Republic after Chernobyl. (Report — 349.) Berlin, SAAS 1987. 22 s.
 19. Vyhláška ministerstva zdravotnictví ČSR O ochraně zdraví před ionizujícím zářením č. 59/72 Sb.
 20. Vyhláška Ministerstva zdravotnictva SSR O ochrane zdravia pred ionizujúcim žiarením č. 65/72 Zb.
 21. WATSON, W. S.: Human Cs-134/Cs-137 levels in Scotland after Chernobyl. *Nature*, 323, 1986, č. 6091, s. 763—764.
- Klíčové slová: Céziom-134; Céziom-137; Mäsové konzervy; Gammaspektrometria; Rádiochemické metody; Černobyl.