



RADIOCONTAMINAZIONE

Il contatore gamma nello screening del ^{137}Cs in matrici alimentari

PIETRO CAZZOLA¹, EMILIANA BALLOCCI¹, ANDREA CARRARA¹, MARTINO CAZZORLA¹, MARCO DEEVASIS¹,
PAOLA FINEZZI², PAOLO MANZONE²

¹Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta, Sezione di Vercelli

²WAVE S.n.c

A seguito dell'incidente di Chernobyl e probabilmente con il concorso di piccoli incidenti occorsi alle centrali delle aree limitrofe, in alcune zone incolte del Piemonte, in particolare nelle aree alpine, sono state rilevate zone contaminate a macchia di leopardo di Cesio 137 (^{137}Cs), inframmezzate da ampi territori scarsamente o per nulla contaminati [4, 9]. Com'è noto, i vegetali sono in grado di mobilitare questo isotopo introducendolo nel proprio sistema metabolico e utilizzandolo al posto del potassio nelle diverse molecole biochimiche; quindi, assimilato con l'alimentazione dagli erbivori, il radionuclide può essere concentrato e immagazzinato per un tempo più o meno lungo nei tessuti molli e in particolare nelle loro carni [11].

Il fenomeno nel nostro Paese è abbastanza contenuto e interessa solo aree incolte, lontane da campi e colture e comunque scarsamente frequentate; questa situazione, se da un lato dimostra per la popolazione rischi da esposizione molto modesti, dall'altro rende notevolmente difficile identificare le aree interessate e ancor di più eventuali ingressi nella catena alimentare [2, 3, 7].

In precedenza sono già stati studiati sistemi analitici di *screening* [5, 6], mirati alla ricerca della radioattività di origine antropica attraverso esami di laboratorio che possano essere eseguiti in tempi brevi e in numero elevato, in modo da rendere controllabile la situazione descritta.

Con tali sistemi è stato possibile, infatti, evidenziare radioattività anomala presente in campioni di latte e di carne, consentendo di limitare l'esame spettrometrico, metodo canonico, ma lungo e poco adatto per controlli estesi, ai soli materiali risultati sospetti.

Grazie agli esami di *screening* su animali cacciati e in occasione di campagne di diradamento, si è potuto accertare la presenza di ^{137}Cs , anche in concentrazioni notevoli, nelle carni di cinghiale ed evidenziare come attraverso i selvatici, di fatto, il

radioisotopo sia entrato nella catena alimentare, anche se fortunatamente in derrate di scarsa diffusione, rappresentando così un rischio contenuto per la salute pubblica [3].

Trattandosi però di contaminazione di sola origine antropica di cui non si conoscono esattamente né la distribuzione né le dinamiche ambientali, appare importante accertare la relazione esistente tra la sua distribuzione nelle zone non coltivate e i livelli presenti nei muscoli degli animali consumatori locali, in modo da permettere ai servizi veterinari la miglior organizzazione di campionamenti mirati e implementare, nel contempo, le informazioni sulla diffusione della radioattività nella catena alimentare [3, 8, 11, 12].

L'utilizzo di tecniche di *screening* ancor più automatizzabili consentirebbe un controllo generale dell'ambito veterinario (cacciagione, carne e latte, alimenti per animali ecc.) operando su qualche migliaio di campioni/anno, con notevole efficacia, quindi, sul controllo sanitario territoriale.

L'approccio proposto comporta l'utilizzo di metodi che consentano l'esecuzione di 3.000/5.000 esami all'anno, a un costo più contenuto di quello dei sistemi tradizionali, e limitando la conferma, mediante spettrometria gamma, ai soli campioni che hanno dimostrato criticità.

Inoltre, tutto il sistema di controllo potrebbe essere organizzato utilizzando campionamenti già normalmente eseguiti per altri accertamenti, per cui le strutture addette alla sorveglianza potrebbero operare senza rilevanti costi aggiuntivi.

In precedenti lavori [5, 6, 7] sono state proposte metodiche di *screening* in scintillazione liquida, la quale, nonostante non consenta l'individuazione specifica dei radioisotopi interessati e necessiti di ulteriore conferma spettrometrica, ha dimostrato, nella sperimentazione preliminare su latte di alpeggio e su tessuto muscolare, di essere in grado di evidenziare la presenza di radioattività di origine antropica eccedente quella di fondo, normalmente presente.

Nel presente lavoro gli autori propongono l'utilizzo del contatore gamma, normalmente utilizzato per le determinazioni radioimmunologiche, per effettuare uno *screening* su tessuto muscolare direttamente nella finestra energetica di emissione del Cesio e con tempi di conteggio molto contenuti.

Infatti, sfruttando la buona efficienza dovuta alla geometria della lettura in provetta inserita nel foro del cristallo di NaI del rivelatore e il sistema di cambio automatico dei campioni, che consente letture sia notturne, sia durante i giorni festivi, è possibile un sicuro accertamento della presenza del radionuclide ben al di sotto del limite di 600 Bq/kg, previsto dalla normativa italiana per la carne, raggiungendo così un buon compromesso tra tempo di lettura e sensibilità [8, 10].

Inoltre, anche la preparazione del campione può essere notevolmente semplificata e velocizzata preparando con una fustella cilindri di carne della stessa misura delle provette, dove questi saranno immessi con un adeguato pistoncino, in modo da evitare l'omogeneizzazione di tutta la massa muscolare e l'introduzione disagiata nei tubi.

Materiali e metodi

Standard di riferimento e materiali

- Sorgente sigillata di ^{137}Cs della Ditta PerkinElmer per la calibrazione automatica del contatore gamma.
- ^{137}Cs type ER X - Eurostandard CZ, sro.
- Soluzione standard di calibrazione QCYB41 certificata della Ditta Isotrak - IAEA Technology QSA.
- Materiale di riferimento certificato "Spinach IAEA - 330" a 1.235 ± 35 Bq/Kg di ^{137}Cs al 15/10/2007.
- Campione di campo di muscolo di cinghiale con un contenuto di ^{137}Cs di circa 400 Bq/kg.
- Provette in plastica da radioimmunologia 70x12 mm.
- Contenitori standard in plastica per gli esami spettrometrici.

Apparecchiature

- Contatore gamma "Packard COBRA" mod. 5003.
- Spettrometro gamma Ortec 905-4 con *detector* NaI da 3 x 3 pollici.
- Trapano dotato di regolatore di velocità fornito di fustella inox di misura compatibile alle provette da radio immunologia.

Metodi

In una prima fase, al fine di valutare l'applicabilità del metodo di *screening* con lettura automatica in contatore gamma, sono stati eseguiti, in parallelo, gli stessi esami utilizzando il metodo in spettrometria gamma, calcolando e confrontando i valori degli stessi parametri ottenuti con le due metodologie. Per evidenziare in comparazione la validità metodologica indipendentemente dalle variabili delle matrici, le prove destinate a valutare la minima attività rilevabile (MAR), la Precisione e l'Esattezza sono state eseguite, in ambedue i casi, su muscoli omogeneizzati o su spinaci essiccati e macinati usati tal quali.

Successivamente, le tecniche sono state verificate con 25 campioni di muscolo di campo, letti in spettrometria gamma su 200 gr secondo la procedura standard e preparati, per la determinazione con contatore gamma, carotando con apposita fustella in acciaio inox i blocchi di carne semi-congelata senza omogeneizzazione precedente.

• Campioni

Sono stati utilizzati n. 25 campioni di muscolo di cinghiale cacciati in campo, contenenti quantità diverse di ^{137}Cs e analizzati, per questo radionuclide, in spettrometria gamma. Gli stessi campioni sono stati poi sottoposti a determinazione con il contatore gamma conformemente a quanto descritto.

• Metodo di lettura in Spettrometria Gamma con detector a NaI

Sono state eseguite letture di circa 200 ml di muscolo, corrispondente a circa 200 gr, omogeneizzato in un tritattutto ed esattamente pesato su bilancia tecnica in contenitori di plastica. Preventivamente è stata eseguita la calibrazione strumentale, tanto per le energie quanto per l'efficienza, con lo stesso volume e in identici recipienti di soluzione standard di calibrazione certificata QCYB41.

La quantizzazione è stata limitata al ^{137}Cs e i campioni sono stati contati per 2 ore (7200").

• Metodo di screening per lettura automatica in contatore gamma

Tutte le letture sono state eseguite sottraendo come bianco una provetta vuota e programmando il contatore gamma Packard COBRA secondo il seguente protocollo:

Sottrazione automatica del fondo calcolato dallo strumento
Tempo di conteggio massimo = 45"
Finestra di lettura per il ^{137}Cs = 610 - 710 KeV
Errore % massimo accettato (entro 45") = 4%

• Preparazione dei campioni

- Spinach IAEA - 330: 3 gr e 155 gr circa di materiale certificato in polvere, corrispondenti ai rispettivi volumi standard di calibrazione dei due strumenti, di materiale certificato in polvere, esattamente pesati alla seconda cifra decimale, vengono introdotti rispettivamente in una provetta da radio immunologia e in un contenitore standard per spettrometria; provetta e contenitore vengono quindi chiusi in maniera stagna e sottoposti a lettura.

- Campioni per MAR: 4,5 gr e 200 gr circa, corrispondenti ai volumi standard di calibrazione degli strumenti, di 10 muscoli risultati alla spettrometria con livello di ^{137}Cs inferiore alla MAR, accuratamente omogeneizzati in tritattutto ed esattamente pesati alla seconda cifra decimale, vengono introdotti rispettivamente in una provetta da radioimmunologia e in un contenitore standard per spettrometria e sottoposti a lettura.

- Campioni per precisione: 6 aliquote di 4,5 gr e 200 gr circa, corrispondenti al volume standard di calibrazione degli strumenti, di muscolo risultato alla spettrometria con un livello



Foto 1. Trapano con fustella e pistola per colla a caldo.

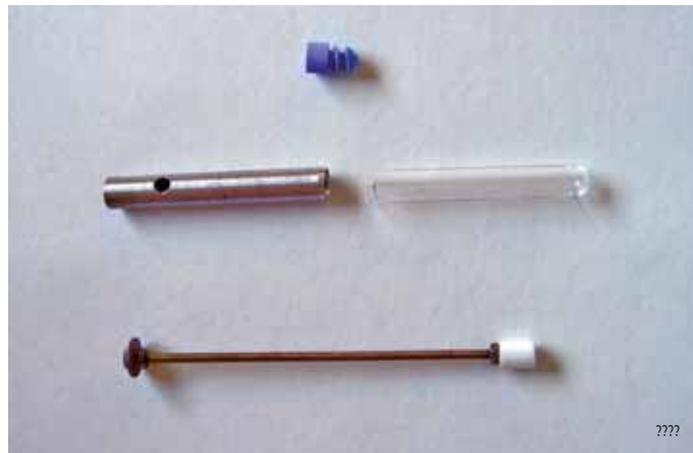


Foto 2. Fustella inox, pistone e provetta da radio immunologia.

di ^{137}Cs di circa 400 Bq/kg, esattamente e singolarmente pesate alla seconda cifra decimale, vengono introdotte in altrettante provette da radio immunologia e in contenitori standard per spettrometria e sottoposte a lettura.

- Campioni di campo: su ogni campione, ancora leggermente congelato, viene effettuato un carotaggio con una fustella in acciaio inox, di diametro interno uguale a quello delle provette da radio immunologia, inserita nel mandrino di un trapano a velocità variabile (foto 1); il materiale carotato viene introdotto, con un pistoncino di teflon, in provette precedentemente pesate e forate inferiormente al fine di facilitare l'introduzione della carne (foto 2) e l'uscita dell'aria. Si procede alla pesata su bilancia tecnica alla seconda cifra decimale, si chiude il foro inferiore con colla a caldo e si mette in lettura nel contatore gamma (foto 3). Per la spettrometria gli stessi campioni vengono preparati omogeneizzando i muscoli con tritatutto e pesando, alla seconda cifra decimale, in contenitori standard per spettrometria precedentemente tarati, circa 200 gr, corrispondenti al volume di circa 200 ml, per cui è tarato lo strumento, procedendo quindi alla lettura.

• Efficienza %

Al fine di poter paragonare i risultati ottenuti con i due metodi, per quanto concerne le prove eseguite per determinare la Precisione e l'Esattezza, poiché lo spettrometro fornisce i dati in Bq/kg, mentre il contatore legge in colpi per minuto (CPM), è necessario trasformare questi ultimi nell'unità di misura propria della radioattività emessa.



Foto 3. Contatore gamma Packard COBRA mod. 5003.

Pertanto viene valutata l'Efficienza % delle letture del "Cobra" leggendo per 10 volte, in tempi diversi, uno standard certificato di ^{137}Cs a concentrazione prossima al livello previsto dalla legislazione, trasformando i CPM in colpi per secondo (CPS), unità di misura dimensionalmente più vicina al Bq, calcolando la Media delle letture e applicando la formula seguente:

$$\text{Efficienza \%} = \frac{\text{CPS medie}}{\text{Bq certificati}} \times 100$$

Per risalire all'attività del ^{137}Cs espressa in Bq dalle letture in CPS eseguite con il contatore gamma "Cobra" si applicherà:

$$\text{Bq} = \frac{\text{CPS}}{\text{Efficienza \%}} \times 100$$

provvedendo quindi a dividere per la pesata in grammi e a moltiplicare per 1.000 per ottenere i Bq/kg.

• MAR

La minima attività rilevabile, nelle condizioni di lettura previste, poiché il tempo di lettura, in particolare, influenza grandemente questo parametro, viene calcolata come il tenore apparente di ^{137}Cs che può essere identificato in un campione con una sicurezza del 99%; viene espressa nelle stesse unità di misura utilizzate nell'espressione dei risultati. La scelta della MAR da adottare nelle analisi, potendo variare il parametro con la modifica dei tempi di lettura, è frutto di compromesso tra tempi di analisi più bassi possibili e concentrazioni di ^{137}Cs che si vogliono evidenziare. 10 campioni di campo, che hanno fornito letture spettrometriche, nella regione spettrale tipica del ^{137}Cs , inferiori ai valori rilevabili, sono stati letti conformemente a quanto descritto con le due metodiche. Dei 10 limiti di determinazione rilevati allo spettrometro e delle 10 letture effettuate con il contatore gamma, trasformate da CPM in Bq/kg, sono state calcolate la media e la SD; la MAR viene calcolata come segue: $\text{MAR} = \text{Media} + 3 \text{ SD}$.

• Tempi di lettura

Mentre le letture in spettrometria gamma sono standardizzate a 7.200 secondi (2 ore), il contatore gamma "Cobra" viene programmato per un tempo massimo di lettura di 45' (2.700 secondi), ma condizionato al raggiungimento di un errore % massimo accettato che, per il presente lavoro, è stato stabilito del 4%. Per accertare la produttività di questo sistema sono state calcolate la Media e la SD dei tempi di lettura dei 10 campioni negativi utilizzati per la determinazione della MAR e delle 10 letture del materiale certificato in polvere utilizzato per determinare l'Esattezza a contenuto dichiarato in Cesio di 1.235 Bq/kg; la comparazione dei due dati consente una valutazione attendibile dei tempi di lettura di campioni negativi e positivi.

• Precisione

6 aliquote del campione contenente ^{137}Cs vengono lette in 6 momenti diversi secondo i due metodi e con i due strumenti; i 36 risultati ottenuti con ciascun metodo vengono elaborati dopo aver trasformato le letture da CPM (unità di misura dei dati grezzi fornita dal contatore gamma "Cobra") in Bq/kg; verificata la normalità della distribuzione ed esclusi eventuali outliers, su ciascuno dei 2 gruppi di dati viene calcolato il CV % con la formula:

$$\text{CV \%} = \frac{\text{SD}}{\text{Media}} \times 100$$

• Esattezza

I campioni di materiale certificato in polvere, preparati in provetta e in contenitore standard, vengono letti in 10 momenti diversi, secondo i due metodi e con i due strumenti; i risultati ottenuti vengono elaborati come di seguito descritto su un foglio di calcolo. Dalle concentrazioni rilevate è stata determinata la percentuale dell'errore statistico, per sovrastima o per sottostima, rispetto al valore certificato:

$$\text{Esattezza \%} = \frac{(\text{Media Bq letti} - \text{Bq certificati})}{\text{Bq certificati}} \times 100$$

• Campioni

I 25 campioni di campo sono stati letti con le 2 strumentazioni secondo la metodologia riportata e i valori in Bq di ^{137}Cs sono stati riportati in un'apposita tabella e in un grafico a canne d'organo, in cui sono state comparate, per ogni campione, le 2 letture e dov'è riportato in sovrapposizione l'andamento delle differenze tra di esse. Inoltre è stato calcolato su Excel l'indice di correlazione di Pearson tra i due gruppi di letture.

Risultati

• Efficienza %

Dalle 10 letture effettuate in tempi diversi è stata calcolata per il contatore gamma "Cobra", nelle condizioni di lettura descritte, la seguente efficienza: $\text{Efficienza} = 19,183\%$

• MAR

Dalle letture dei 10 campioni, eseguite in spettrometria gamma secondo il metodo descritto, sono state calcolate: $\text{Media} = 6,18 \text{ Bq/kg}$; $\text{SD} = 0,46 \text{ Bq/kg}$; $\text{MAR} = 7,56 \text{ Bq/kg}$
Dalle letture degli stessi campioni, eseguite con il contatore gamma "Cobra" secondo il metodo descritto, si sono ottenuti i seguenti risultati: $\text{Media} = 10,95 \text{ Bq/kg}$; $\text{SD} = 8,52 \text{ Bq/kg}$; $\text{MAR} = 36,50 \text{ Bq/kg}$

• Tempi di lettura

Le letture dei 10 campioni di campo, che hanno fornito, nella regione spettrale tipica del ^{137}Cs , quantizzazioni spettrometriche inferiori ai valori rilevabili, sono avvenute nel seguente tempo medio:

$\text{Media} = 30,6'$; $\text{SD} = 0,72$

Quelle del materiale certificato:

$\text{Media} = 10,6'$; $\text{SD} = 0,56$

• Precisione

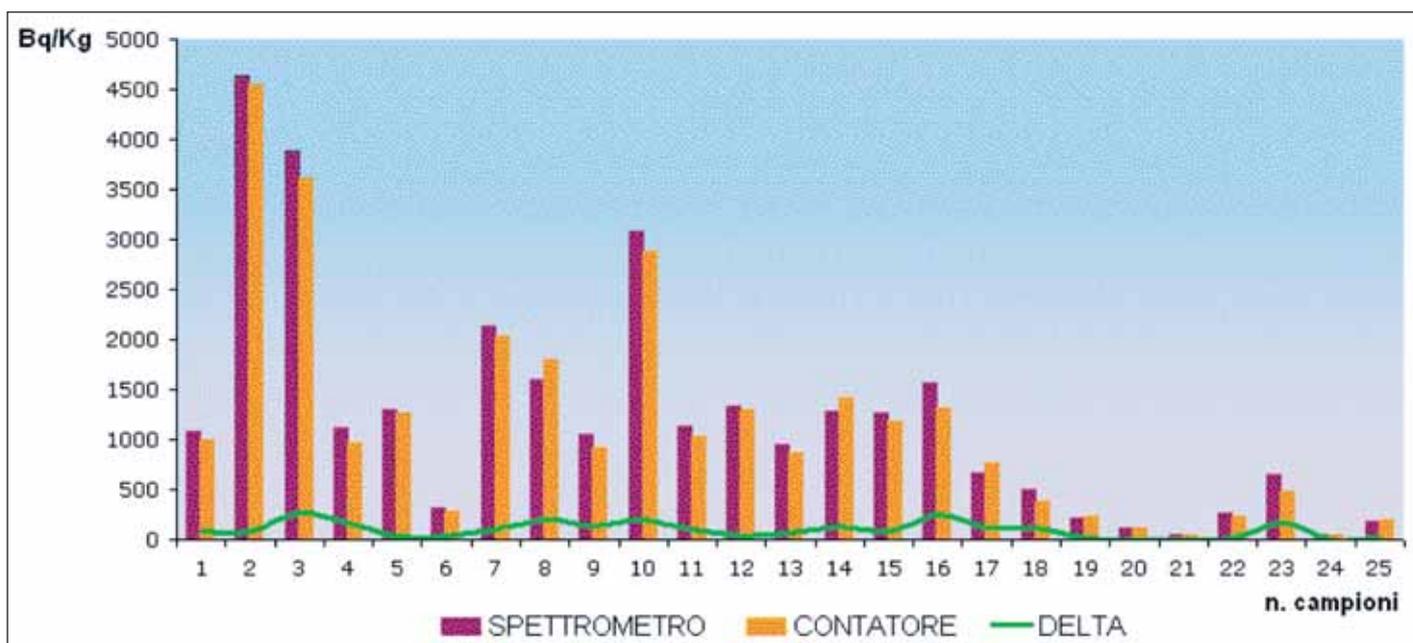
Le 6 aliquote del campione contenente ^{137}Cs , lette in 6 momenti diversi in spettrometria gamma, hanno dato i seguenti risultati: $\text{Media} = 421,38$; $\text{SD} = 9,13$; $\text{CV \%} = 2,17\%$

Le 6 aliquote del campione contenente ^{137}Cs , lette in 6 momenti diversi con il contatore gamma "Cobra", hanno dato i seguenti risultati:

$\text{Media} = 408,2$; $\text{SD} = 33,83$; $\text{CV\%} = 8,29\%$

Tabella 1. Comparazione delle concentrazioni di ^{137}Cs rilevate con i 2 metodi nei 25 campioni di campo.

Campione	Spettrometria Bq/kg	Cont. Gamma Bq/kg	Campione	Spettrometria Bq/kg	Cont. Gamma Bq/kg
1	1.076	997	14	1.286	1.420
2	4.632	4.546	15	1.273	1.188
3	3.889	3.615	16	1.568	1.314
4	1.120	961	17	659	771
5	1.298	1.265	18	496	383
6	321	291	19	215	234
7	2.130	2.037	20	111	115
8	1.597	1.792	21	55	49
9	1.050	919	22	261	236
10	3.084	2.884	23	658	489
11	1.128	1.029	24	52	48
12	1.328	1.296	25	182	194
13	948	875			

Figura 1. Confronto tra le concentrazioni di ^{137}Cs rilevate in spettrometria (in viola) e con il contatore gamma (in arancione).

- **Esattezza**

L'elaborazione delle 10 letture del Materiale di riferimento, certificato "Spinach IAEA-330" con lo spettrometro gamma, hanno dato i seguenti risultati:

Media = 1197,52; Esattezza = - 3,035%

L'elaborazione delle 10 letture del Materiale di riferimento, certificato "Spinach IAEA- 330" con il contatore gamma "Cobra", hanno dato i seguenti risultati:

Media = 1045,02; Esattezza = -9,554%

- **Campioni**

I risultati ottenuti con i due metodi, espressi ambedue in Bq/kg, sono stati riportati in tabella (tabella 1) ed evidenziati in grafico a canne d'organo (figura 1) in cui sono state comparate, per ogni campione, le 2 letture e riportato in sovrapposizione l'andamento delle differenze tra le due.

- **Indice di Correlazione di Pearson**

L'Indice di Pearson, molto vicino a 1, indica una stretta cor-

relazione tra le due serie di dati (letture allo spettrometro e letture al contatore): $r = 0,9959$

Conclusioni

Dalla comparazione dei risultati ottenuti con i due metodi nei diversi parametri considerati, le letture con il contatore gamma presentano oscillazioni statistiche più pronunciate rispetto alla metodologia canonica in spettrometria gamma. Tenendo conto che l'Esattezza calcolata è di -9,554% e la Precisione di 8,29%, si può facilmente calcolare in 523,97 Bq/kg il limite al di sotto del quale, con una sicurezza del 99%, il campione contiene una quantità di ^{137}Cs più bassa di 600 Bq/kg, limite previsto per la carne dalla legislazione vigente.

Dalla valutazione dei 25 campioni di campo, la comparazione grafica dei risultati ottenuti con i due metodi su ciascun campione, l'andamento delle differenze tra le coppie di risultati illustrati nella figura 1 e il valore dell'Indice di Correlazione di Pearson, molto vicino a 1, dimostrano chiaramente la sovrapposibilità delle risposte delle due metodologie, indipendentemente dalle concentrazioni presenti, e la validità del sistema a partire da 50 Bq/kg di ^{137}Cs , concentrazioni più basse testate riportate in tabella. Inoltre, il sistema di preparazione del campione proposto, con i tempi di lettura veloci e l'automazione che consente analisi anche in assenza dell'operatore, permette lo svolgimento di una gran mole di lavoro. Infatti, i tempi medi di lettura dei campioni negativi si aggirano intorno ai 30', mentre quelli a circa 1.200 Bq/kg sono intorno ai 10'; in spettrometria gamma, invece, le letture sono standardizzate a 120' indipendentemente dal contenuto radioattivo.

Considerando quindi tempi di determinazione medi inferiori ai 30 minuti e letture su tutte le 24 ore, anche nei giorni festivi, il metodo di *screening* proposto può produrre una cinquantina di risultati al giorno con operazioni di preparazione del campione modeste e con indicazioni di positività sufficientemente sovrapponibili a quelle fornite dallo spettrometro e tali da discriminare i campioni con tasso di ^{137}Cs prossimo o superiore ai 600 Bq/kg. In conclusione possiamo dire che il metodo proposto dimostra la sua validità applicativa su due fronti:

- l'utilizzo di un sistema che consente l'esecuzione di un gran numero di campioni, permettendo un controllo capillare del ^{137}Cs nelle carni e, per estensione, alla maggior parte delle matrici alimentari, garantendo la sicurezza alimentare nei confronti del radionuclide;
- l'utilizzo di una strumentazione piuttosto diffusa, normalmente utilizzata nelle analisi chimico-cliniche, che prevede ben poco apporto temporale da parte dei tecnici per la fase preparativa, e l'impiego della sola provettina come materiale di consumo comportano la possibilità di programmare controlli molto ampi con costi veramente contenuti, magari sfruttando i campionamenti che già vengono effettuati dai servizi veterinari per altri scopi istituzionali;
- ovviamente, quanto proposto non può essere limitato alla sola metodologia analitica, ma deve necessariamente coinvolgere un'organizzazione su base statistica di programmi

di monitoraggio del territorio, da parte degli Organi preposti, che siano sufficientemente ampi e territorialmente ben distribuiti, in modo tale da fornire le informazioni del caso; infine, questo approccio analitico non vuole essere considerato sostitutivo del controllo ambientale attualmente applicato con la spettrometria classica, ma uno strumento complementare di controllo sanitario a costi contenuti mirante a evidenziare situazioni di contaminazioni radioattive di origine antropica di nicchia, difficilmente evidenziabili con i mezzi tradizionali, come ne è stato esempio il recente rilevamento di contaminazioni da ^{137}Cs in selvaggina cacciata in montagna.

Bibliografia

1. Ballochi E, Barbarino G, Bocca R, Cazzola P, Cesano L. Screening su campioni di latte di massa nella Provincia di Cuneo, Argomenti SIVeMP. 2013;4:75-80.
2. Ballochi E, Bossi D, Montafia M, Cazzola P - Distribuzione e dinamica del ^{137}Cs dall'ambiente ai prodotti lattiero caseari, Large Animal Review. 2013;19:275-279.
3. Ballochi E, Cazzola P. Radionuclidi di origine antropica - Epidemiologia delle basse dosi. Rischio e catena alimentare, Argomenti SIVeMP. 2013; 2: 76-80
4. Brini C, Sala L, Magnoni M, Belletto B, Bertino S, Ghigne M, Serena E, Tripodi R. Monitoraggio della radioattività in matrici e indicatori ambientali, prelevati nel territorio biellese (2006-2008) - Atti del convegno "Controllo ambientale degli Agenti Fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti" - Vercelli, 24 - 27 marzo 2009.
5. Cazzola P, Ballochi E, Carrara A, Cazzorla M, Platini M. Metodo di screening in LCS su muscolo, Argomenti SIVeMP. 2013;1:71-80.
6. Cazzola P, Carrara A, Bossi D, Montafia M, Manzone P, Ballochi E. - Screening in LSC per individuare i punti critici di ingresso dei radionuclidi da contaminazione, Argomenti SIVeMP. 2011;1:74-80.
7. National Diagnostics Laboratory Staff, Principles and Applications of Liquid Scintillation Counting - National Diagnostics, USA, 2004:1-800-526-3867.
8. Perrone V, Platini M. Normativa di riferimento e reti di sorveglianza - Quaderni di veterinaria preventiva, 01, marzo 2009.
9. Rapporto ARPA, La radioattività ambientale in Piemonte - anni 2006 - 2009.
10. Reg. CE n. 733/2008 relativo alle condizioni di importazioni di prodotti agricoli originari dei Paesi terzi a seguito dell'incidente verificatosi nella centrale di Chernobyl.
11. Trenti F, Calamosca M, Cipone M. Fattori di trasferimento e fattori di conversione dieta-carne e dieta-latte del ^{137}Cs nel bovino: possibilità applicative e limiti - Atti della Società Italiana di Buiatria. 1990;XXIOI: 565-573.
12. Trenti F. Il ruolo della Medicina Veterinaria di Sanità Pubblica nella prevenzione delle contaminazioni da radionuclidi degli alimenti di origine animale - Quaderni di veterinaria preventiva, 01, marzo 2009.