



Terza Giornata dei Centri e dei Laboratori di Riferenza Nazionali degli Istituti Zooprofilattici Sperimentali nell'ottica One Health

FOOD IRRADIATION: Una Tecnica nell'ottica ONE HEALTH

Dr. Nicola BORTONE

LNR per il trattamento degli Alimenti e dei loro Ingredienti con Radiazioni Ionizzanti
Istituto Zooprofilattico Sperimentale della Puglia e della Basilicata



ARGOMENTI TRATTATI

- **Alimentazione & Ecosostenibilità**
- **Introduzione e aspetti generali Food Irradiation**
- **Aspetti Normativi**
- **Piano Nazionale di Controllo Ufficiale**
- **Metodi di Identificazione degli Alimenti Irradiati**

ALIMENTAZIONE & ECOSOSTENIBILITÀ

CIBO E SALUTE



CIBO E AMBIENTE



SPRECO ALIMENTARE



CONNUBIO CIBO E SALUTE



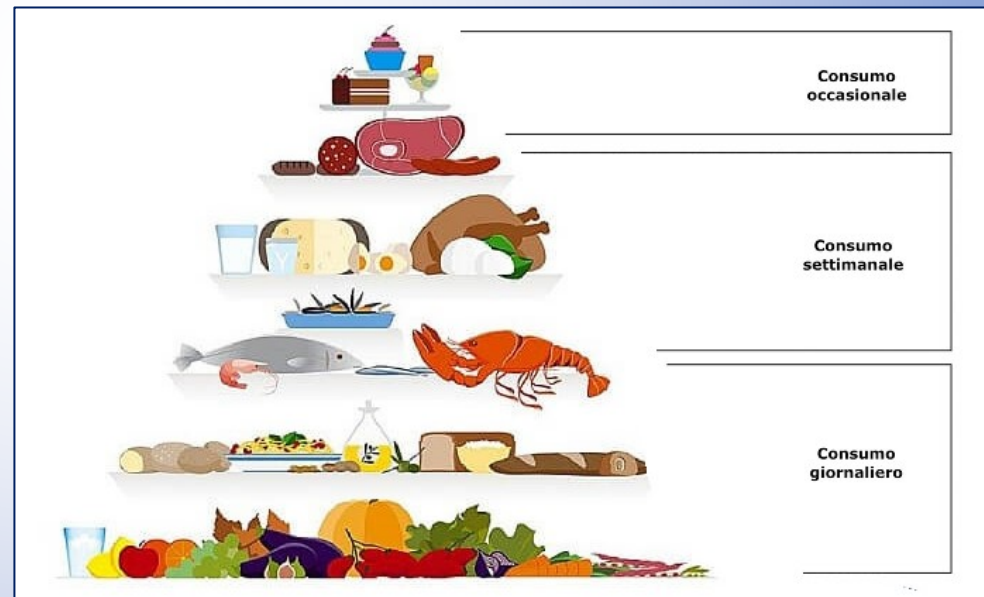
La relazione tra cibo e salute è **fondamentale e complessa**.

Un'alimentazione sana e equilibrata fornisce benessere fisico e mentale

Dieta Mediterranea...una piramide di salute!

Patrimonio dell'Umanità (2010)

La nostra «Dieta Mediterranea» aiuta a prevenire diverse malattie, aumentando l'aspettativa di vita e la qualità di vita. Costituita da 5 livelli. Si basa su **verdura, frutta, cereali, legumi e oli vegetali**



CONNUBIO CIBO E AMBIENTE



La relazione tra cibo e ambiente è **profonda e bidirezionale**:

il cibo ha un forte impatto sull'ambiente attraverso la produzione alimentare

la crisi climatica influisce sulla produzione di cibo e sulla sua disponibilità

Indicatore ambientale utilizzato per valutare l'impatto del prodotto sull'ambiente e sul cambiamento climatico:



IMPRONTA CARBONICA



IMPRONTA IDRICA

IMPRONTA CARBONICA



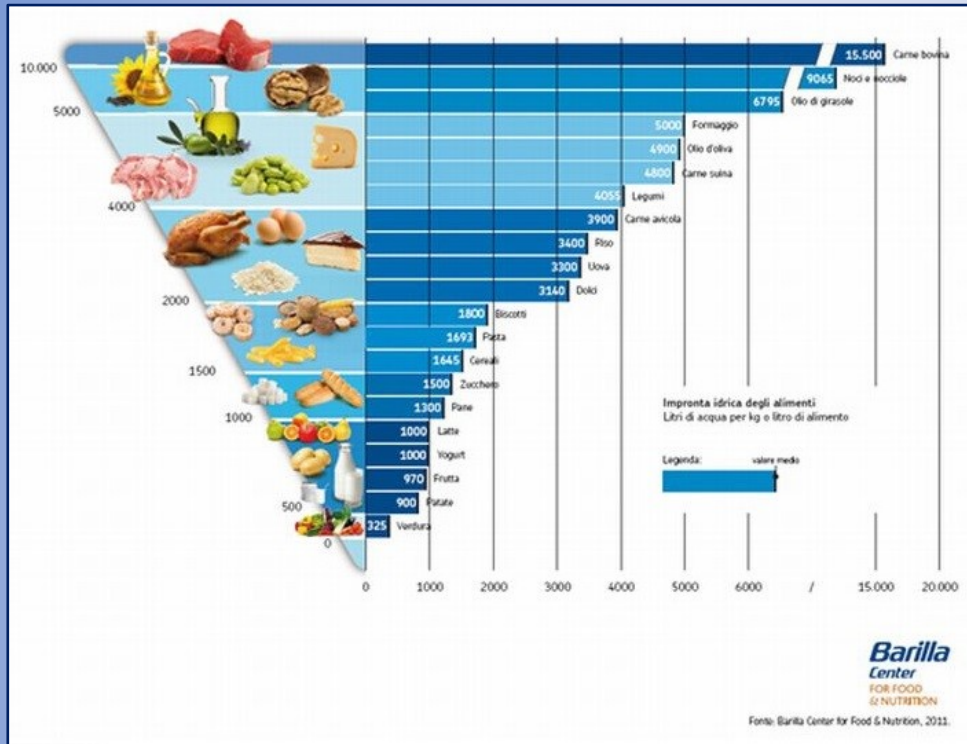
Valuta l'emissione di GHG (Greenhouse Gases) espressa in kg per la produzione di un alimento.

Si segue il prodotto lungo tutto il suo ciclo di vita: produzione, imballaggio, stoccaggio, trasporto, vendita, consumo e smaltimento

I livelli superiori presentano un'impronta di carbonio causata principalmente dalla produzione del mangime, dal trasporto e dalla logistica.



IMPRONTA IDRICA



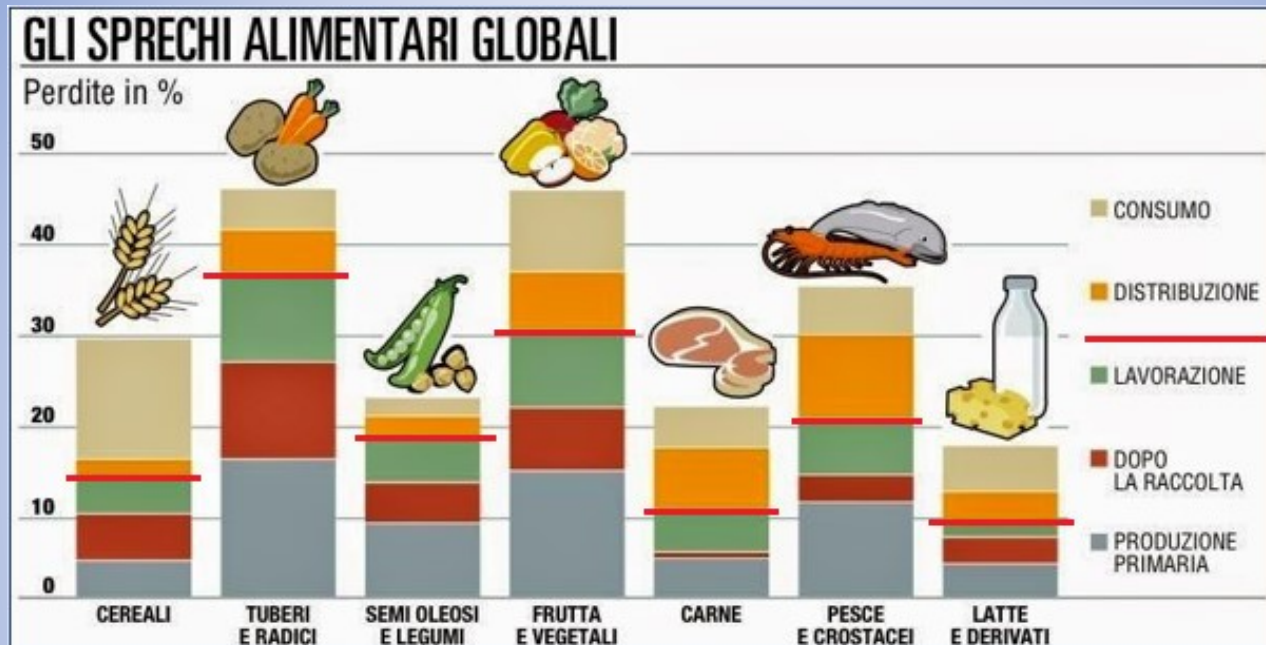
Indicatore di sostenibilità che permette di valutare il quantitativo totale di acqua consumato o inquinato per la realizzazione di un prodotto alimentare (litri per kg o litro di alimento)

I prodotti di origine vegetale hanno un minore impatto rispetto a quelli di origine animale



Un'alimentazione **sana ed ecosostenibile** si basa su scelte che rispettano sia la salute umana sia l'ambiente, privilegiando **cibi vegetali, locali e di stagione** e riducendo il consumo di proteine animali (specialmente carne rossa).
Riduzione di 1/3 di emissione di GHG.

LA STRADA VERSO UN'ALIMENTAZIONE SOSTENIBILE COMPRENDE LA LOTTA CONTRO LO SPRECO ALIMENTARE



L'impronta di carbonio del cibo prodotto sprecato ogni anno viene stimata in 3,3 miliardi di tonnellate di Co2 (10%)

Hit degli alimenti più sprecati: frutta fresca (27%), tuberi e radici (17%), pane fresco (16%), verdure (16%), vegetali (15%).



CONSERVAZIONI ALIMENTI

Per conservare gli alimenti si impiegano diversi metodi, che sulla base delle tecniche utilizzate, si possono classificare in:



Metodi Chimici

- Acqua/disidratazione (essiccamento, concentrazione, liofilizzazione)
- Eliminazione aria (sottovuoto)
- Conservanti naturali (sale, zucchero, aceto, olio)
- Conservanti artificiali (additivi, antimicrobici, antiossidanti, regolatori acidità)

Metodi Biologici

- Sviluppo di microrganismi per contrastare l'azione dei microbi

Metodi Fisici:

- Temperatura alta (pastorizzazione, sterilizzazione, affumicatura)
- Temperatura bassa (refrigerazione, surgelazione, congelamento)
- Radiazioni Ionizzanti

Metodi Misti

NUOVO APPROCCIO AL CIBO

PRESUPPOSTI

- Aumento demografico
- Maggiore richiesta di alimenti
- Globalizzazione = scambio di alimenti
- Nuove abitudini alimentari (novel food)
- Aumento intossicazioni alimentari
- Aumento della spesa sanitaria



Le scelte alimentari sono il fattore che più mette a rischio la salute e il benessere



RICHIESTE

- Cibi più sicuri da punto di vista igienico-sanitario
- Aumento della shelf-life
- Riduzione di prodotti chimici
- Riduzione della spesa sanitaria
- Ecosostenibilità



FOOD IRRADIATION

FOOD IRRADIATION



Le radiazioni ionizzanti sono radiazioni elettromagnetiche e corpuscolari in grado di produrre la ionizzazione degli atomi e delle molecole del mezzo attraversato

Questa capacità viene sfruttata per produrre un danno, direttamente o indirettamente, al DNA cellulare, comportando alterazione/modifiche dei meccanismi cellulari fino a causare la morte.

- **E' una tecnologia utilizzata dall'industria alimentare per la **conservazione degli alimenti****
- **Sfrutta le **radiazioni ionizzanti a brevissima lunghezza d'onda** e dotate di **un'energia molto elevata****
- **L'irraggiamento comporta l'**esposizione** degli alimenti da trattare **a una sorgente di radiazioni ionizzanti****
- **La tecnica può essere applicata a qualsiasi prodotti (cotto, fresco, congelato, confezionato, ..)**
- **E' un processo "a freddo" che non determina alcun aumento significativo della temperatura del prodotto e variazione delle proprietà nutrizionali**



FOOD IRRADIATION VANTAGGI

L'impiego della tecnica può portare diversi benefici

Eliminazione di batteri patogeni, muffe, funghi

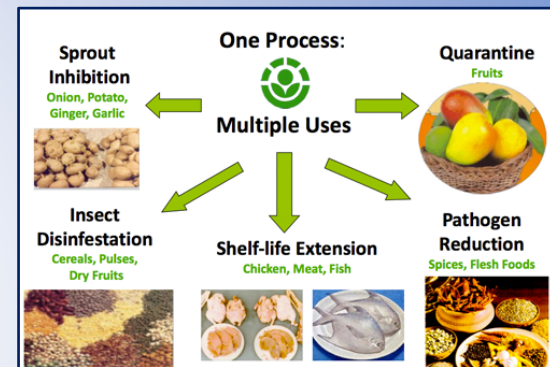
Ritardo in maturazione, germinazione, germogliazione

Distruzione di parassiti e insetti (sostituisce molti prodotti chimici e fumiganti)

L'alimento non viene riscaldato

L'alimento non trattiene **nessuna radiazione**

Aumento shelf-life

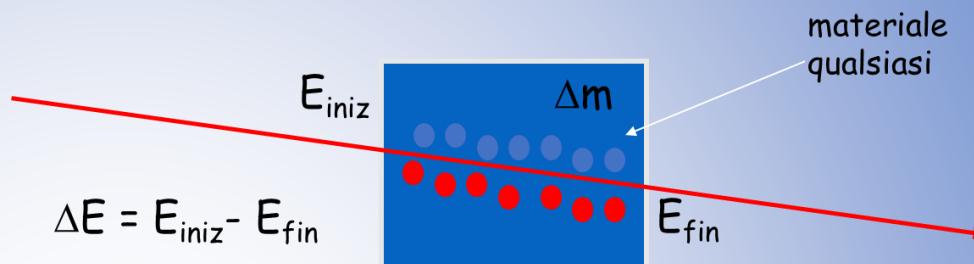


L'Irradiazione non rende gli alimenti radioattivi

DOSE ASSORBITA E SORGENTI

Dose Assorbita (D): Misura l'energia rilasciata dalla radiazione nella unita' di massa

$$D = \frac{\Delta E}{\Delta m}$$



Ad ogni interazione la radiazione cede la sua Energia alla materia

La dose assorbita D si misura in Gray

1 Gray = 1 Joule/kg

SORGENTI utilizzate per irradiare gli alimenti sono:

- Raggi gamma emessi da radionuclidi: Co-60 o Cs-137
- Raggi X emessi da sorgenti con $E < 5 \text{ MeV}$
- Fasci di elettroni emessi da sorgenti con $E \leq 10 \text{ MeV}$

Il trattamento deve avvenire solo in impianti autorizzati

TRE INTERVALLI DI DOSE

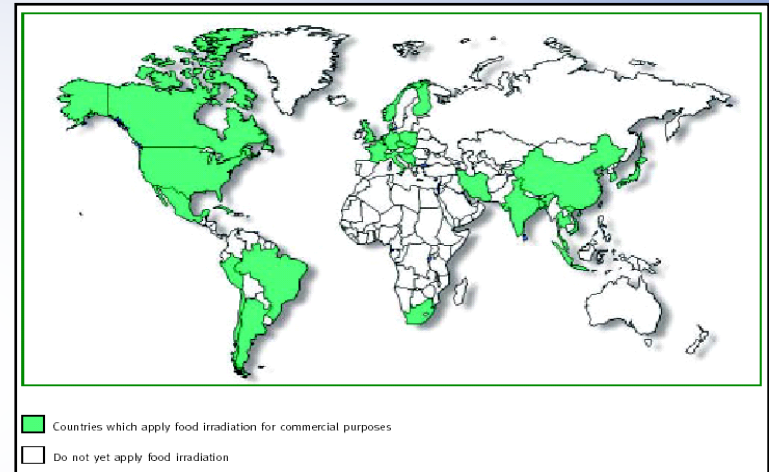
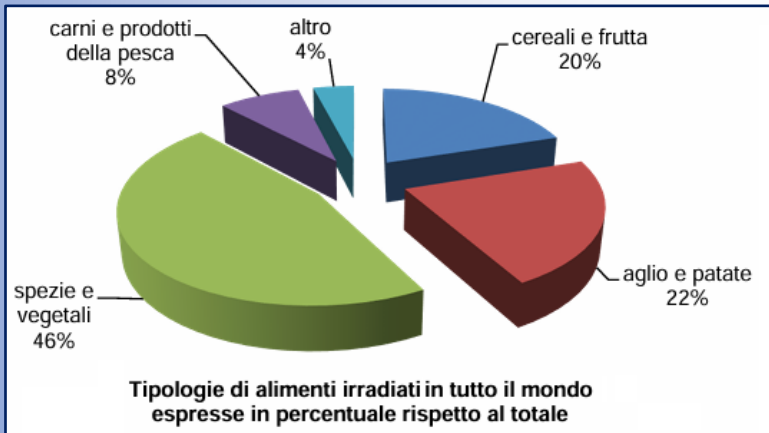
Il livello di dose utilizzato dipende dal tipo di alimento e dall'effetto che si desidera ottenere

Finalità	Cattura rettangolare	Dose (kGy)
Dosi basse (< 1 kGy)		
Inibizione della germogliazione in tuberi e bulbi		0,05-0,15
Sterilizzazione di insetti per impedire lo sviluppo degli adulti		0,10-0,25
Distruzione degli insetti inclusi gli stadi di uova e larve		0,25-0,75
Distruzione dei parassiti		0,25-0,50
Induzione di ritardo nella maturazione di alcuni prodotti ortofrutticoli		0,25-1
Riduzione della carica microbica di saprofiti in carni, pollame e pesce freschi		0,50-1
Dosi medie (< 10 kGy)		
Riduzione dei batteri e funghi contaminanti di carni, pollame, pesce e altre derrate fresche		1-3
Riduzione di muffe su prodotti da forno		2-4
Induzione di ritardo nell'apertura del cappello e nel deterioramento di funghi		2-4
Distruzione di batteri patogeni in prodotti alimentari deperibili e in alimenti congelati		3-10
Sterilizzazione di materiali per il confezionamento e spezie		3-10
Dosi alte (> 10 kGy)		
Miglioramento delle caratteristiche di reidratazione di vegetali disidratati		10-60
Sterilizzazione di carni precotte a bassa acidità, pollame e prodotti ittici in confezioni ermetiche		10-50
Riduzione o eliminazione di contaminazioni virali		10-100

Salmonella e Campylobacter (pollame crudo) possono facilmente essere distrutti con dosi di 3/4 kGy.

Stato dell'arte

- Attualmente su scala mondiale il trattamento viene effettuato in circa **100 impianti distribuiti in oltre 40 paesi.**



- Sempre **più numerose** sono le **tipologie di alimenti** che sono **autorizzate al trattamento** con radiazioni ionizzanti.

Da precisare...

Il trattamento non sostituisce:

- le norme di “buona pratica di produzione”
- Il Sistema HACCP (Analisi dei rischi e controllo dei punti critici)

Irraggiamento NON PUO’

- Rendere reversibili processi di invecchiamento
- Migliorare la qualità
- Recuperare proprietà organolettiche, nutrizionali ed igienico-sanitari



Irraggiamento NON PUO’ migliorare cibi di scarsa qualità!

ASPETTI NORMATIVI



A partire dal 20 marzo 2001 tutti gli alimenti irradiati immessi sul mercato devono rispettare il

Decreto Legislativo 30 gennaio 2001, n. 94

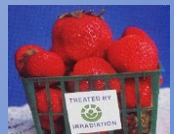
Che recepisce le Direttive Comunitarie

Direttiva Europea 1999/2

Direttiva Europea 1999/3



- Le norme definiscono: finalità, campo di applicazione, condizioni e sorgenti da utilizzare per il trattamento
- Stabilisce che l'irraggiamento dei prodotti alimentari può avvenire solo in impianti autorizzati
- Obbliga gli impianti di irradiazione a tenere un registro in cui riportare i dati relativi ai trattamenti effettuati
- Stabilisce un elenco di alimenti e loro ingredienti che possono essere trattati
- Impone l'obbligo di **dichiarare in etichetta l'eventuale trattamento con radiazioni ionizzanti e l'impianto** (anche solo di singoli ingredienti)



Cosa è **obbligatorio** indicare in **etichetta**??

dicatura

- "trattato con radiazioni ionizzanti" o "irradiato"
- Denominazione e indirizzo o n° di riferimento dell'impianto che ha effettuato l'irradiazione

Ministero della Salute, LNR e Istituto Superiore di Sanità predispongono annualmente un Piano Nazionale di controllo sugli alimenti al fine di controllare e verificare che venga rispettato il decreto.

Il piano rimanda una fotografia della situazione presente sul territorio in particolare dei prodotti che entrano in Italia descrivendo pertanto quello che arriva sulle nostre tavole.

426 campioni/anno

RADURA



Ripartizione delle matrici alimentari di origine animale da campionare per Regione/Provincia	
Categoria alimentare/alimento	Ripartizione % dei campioni (*)
Molluschi (Cefalopodi e/o Molluschi bivalvi)	15%
Cosce di rana	30%
Crostacei	15%
Pesci	30%
Pollame	10%
Totale	100%

(*) Ripartizione dei campioni calcolata in base alla quantità importata, al rischio di non conformità, al rischio di irraggiamento nei Paesi terzi e nella UE.

Allegato 3b:

Ripartizione delle matrici alimentari di origine non animale da campionare per Regione/Provincia	
Categoria alimentare/alimento	Ripartizione % dei campioni (*)
Funghi essiccati	15%
Erbe aromatiche e spezie	40%
Legumi secchi	10%
Frutta secca	15%
Frutta fresca	15%
Aglio e cipolle	5%
Totale	100%

(*) Ripartizione dei campioni calcolata in base alla quantità importata, al rischio di non conformità, al rischio di irraggiamento nei Paesi terzi e nella UE.



Elenco degli alimenti autorizzati dagli Stati membri che possono essere trattati

Prodotti	Autorizzati al livello massimo indicato per la dose globale media di radiazione assorbita [KGy]						
	BE	CZ	FR	IT	NL	PL	UK
Erbe aromatiche surgelate	10	10	10				
Patate	0,15	0,2		0,15		0,1	0,2
Ignami		0,2					0,2
Cipolle	0,15	0,2	0,075	0,15		0,06	0,2
Agli	0,15	0,2	0,075	0,15		0,15	0,2
Scalogno	0,15	0,2	0,075				0,2
Ortaggi, compresi legumi	1	1					1
Legumi		1			1		
Frutta (compresi funghi, pomodori, rabarbaro)	2	2					2
Fragole	2	2					
Prodotti ortofrutticoli secchi	1	1	1		1		
Cereali	1	1					1
Frutta secca		1					
Fiocchi e germi di cereali per prodotti lattiero-caseari	10	10	10				
Fiocchi derivati da cereali		1			1		
Farina di riso	4	4	4				
Gomma arabica	3	3	3		3		
Carne di pollo		7			7		
Pollame	5	5	5				
Pollame (volatili domestici, oche, anatre, galline, faraone, piccioni, quaglie e tacchini)	7	7					7
Carne di pollo separata meccanicamente	5	5	5				
Frattaglie di pollame	5	5	5				
Cosce di rana congelati	5	5	5		5		
Sangue, plasma e coagulati essiccati	10	10	10				
Pesci e frutti di mare (compresi anguille, crostacei e molluschi)	3	3					3
Gamberi decortati o decapitati surgelati	5	5	5				
Gamberi					3		
Albume d'uovo	3	3	3		3		
Caseina, caseinati	6	6	6				

Italia
patate, aglio, cipolla

ETICHETTATURA E CONFORMITÀ

Risultato	Etichettatura	Conformità
Campione non irradiato	Non Dichiarato trattamento radiante	Conforme
	Dichiarato trattamento radiante	Non Conforme
Campione irradiato	Non Dichiarato trattamento radiante	Non Conforme
	Dichiarato trattamento radiante ma incompleta	Non Conforme
	Dichiarato trattamento radiante e completa di tutte le informazioni	Conforme

Storico dei campioni non conformi

Anno	N° Campioni non conformi	Matrice
2006	0	
2007	0	
2008	0	
2009	5	5 erbe, spezie e condimenti
2010	2	1 cosce di rana, 1 tofu,
2011	16	2 seppie, 1 gambero, 3 vongole, 1 polpo, 5 cosce di rana, 3 calamari, 1 pepe
2012	7	4 cosce di rana, 2 calamari, 1 estratto
2013	17	9 cosce di rana, 4 estratti, 3 gamberi, 1 pepe
2014	16	10 cosce di rana, 2 funghi, 4 estratti vegetali
2015	7	6 estratti veegetali, 1 acciuga
2016	0	
2017	6	2 estratt1 di riso rosso, 1 vongola, 2 cosce di rana
2018	0	
2019	0	
2020	2	2 Pesci gatto
2021	0	
2022	1	1 Cosce di rana
2023	3	3 Cosce di rana
2024	0	

Rete dei Laboratori Ufficiali

- IZS Lazio e Toscana
- IZS Sardegna
- IZS Lombardia ed Emilia Romagna
- IZS Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta
- IZS Sicilia
- IZS Puglia e Basilicata
- ATS Milano Laboratorio Prevenzione

- Ministero della Salute

- Istituto Superiore di Sanità

Italia secondo paese europeo per numero di campioni analizzati.

Trend decrescente delle «Non Conformità»

Importanza del Piano per tenere standard elevati in Sicurezza Alimentare

Metodi di identificazione del trattamento radiante

Metodi di identificazione del trattamento radiante

Riferimenti	Tipologie alimentari	Metodo
EN 1784	Pollo, maiale e manzo, camembert, avocado, papaya, mango	Gascromatografia degli idrocarburi
EN 1785	Pollo, maiale, uova	Gascromatografia/spettrometria di massa dei 2-alchilciclobutanoni
EN 1786	Pollo, manzo, trote contenenti osso	Risonanza di spin elettronico dell'idrossiapatite
EN 1787	Pistacchi, paprika, fragole	Risonanza di spin elettronico della cellulosa
EN 1788	Erbe, spezie, gamberetti, patate, frutta, vegetali	Termoluminescenza
EN 13708	Fichi, mango e papaya secchi, uvetta	Risonanza di spin elettronico degli zuccheri
EN 13783	Erbe, spezie	Conta diretta su filtro in epifluorescenza/conta in piastra
EN 13784	Vari tipi di carni, semi, frutta secca, spezie	DNA comet assay
EN 13751	Erbe, spezie, molluschi, crostacei	Luminescenza stimolata otticamente

➤ Metodi chimici

- **Gascromatografia/Spettrometria di massa (GC/MS) (metodo conferma)**

Quantificazione dei 2-alchilciclobutanoni

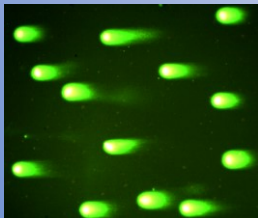
GC/MS



▪ Metodi biologici

- **DNA Comet Assay (metodo screening)**

Ricerca del danno subito dal DNA delle cellule ad opera di radiazioni ionizzanti



Irraggiatore a Raggi X



Metodi di identificazione del trattamento radiante

➤ Metodi fisici

- **Luminescenza fotostimolata (PSL) (metodo sceening)**

Caratteristica di alimenti contenenti silicati che emettono luminescenza a seguito di stimolazione luminosa, se hanno interagito con radiazioni ionizzanti

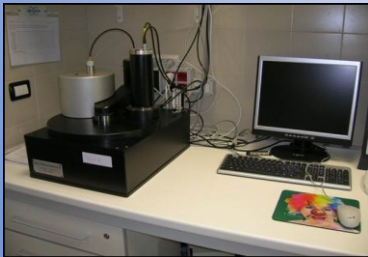
- **Risonanza di Spin Elettronico (ESR) (metodo conferma)**

Metodo spettroscopico che ricerca di radicali radioindotti, interazione tra μ_S B.

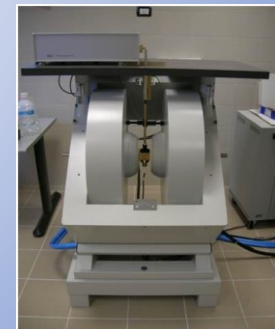
- **Termolumiscenza (TL) (metodo conferma)**

Misura della luce di luminescenza stimolata mediante riscaldamento

Lettore PSL



Lettore di Termolumiscenza



Spettrometro ESR

ATTIVITÀ DI RICERCA

Ricerca Corrente 2023 – «Messa a punto e sviluppo di metodi fisici innovativi con tecniche PSL, TL, ESR e HS-SPME-GC/MS per l'analisi quali/quantitativa di uova irradiate»

Ricerca Corrente 2025 – «Approccio multi-omico e multi-tecnica per l'identificazione del trattamento ionizzante in erbe e spezie

Ottimizzazione dei metodi e valutazione del trattamento sul profilo aromatico e metabolomico (ricerca di potenziali marker dei composti volatili).

Ricerca Corrente 2025 – «Sviluppo di tecnologie alternative per l'inattivazione di vaccini stabulogeni mediante radiazioni ionizzanti»

IZSPB (CeRNA-CRNR), IZSPLV, IZSVE, IZSAM. Metodo fisico di inattivazione per superare la criticità degli attuali metodi chimici (formaldeide) sfruttando i raggi X.

Accordo di Collaborazione Ministero della Salute - IZSPB - ISS «Sviluppo di metodi fisici e chimici per l'identificazione di nuovi alimenti proteici trattati con radiazioni ionizzanti e relativi allergeni»

Prospettive future:

- Potenziamento della ricerca in campo metabolomico per identificare gli effetti delle radiazioni sui macronutrienti
- Potenziare la produzione di materiali di riferimento per i laboratori del controllo ufficiale

CONCLUSIONI

Radiazioni Ionizzanti:

...Sicurezza

rende il prodotto più sicuro e salubre → Salute e benessere dell'uomo

...Sostenibilità

aumentano la shelf-life → riduzione sprechi alimentari

Tutela quei prodotti che sono alla base della doppia piramide alimentare!

...L'approccio "One Health" valuta la sicurezza alimentare come parte integrante di un sistema più ampio che collega la salute umana, animale e ambientale.

FOOD IRRADIATION è pertanto uno strumento che supporta l'obiettivo di sostenibilità e salute di questo modello

Scegli cosa mangiare per salvare il Pianeta!



Grazie per l'attenzione

Dr. Nicola BORTONE

**LNR per il trattamento degli Alimenti e dei loro Ingredienti con Radiazioni Ionizzanti
IZS Puglia e Basilicata**