



Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. *Aleandri*

VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE QUALITATIVE IN ALIMENTI DI ORIGINE ANIMALE SOTTOPOSTI AL TRATTAMENTO CON RADIAZIONI IONIZZANTI

N° identificativo progetto: IZS LT 02/12 RC

Responsabile Scientifico : dott.ssa Cavallina R.

U.O. 1 D.O. Produzioni Zootecniche Resp. Dott.ssa Alfieri L.

U.O. 2 D.O. Alimenti Resp. Dr. Lanni L.

Dott.ssa Campagna Maria Concetta – Sezione di Latina





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

IRRAGGIAMENTO

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.

E' un proceso «a freddo» che non determina alcun aumento significativo della temperatura del prodotto,





IRRAGGIAMENTO

RUOLO

Promuove la **sicurezza e qualità** degli alimenti in quanto favorisce:

- ✓ **Riduzione del rischio delle malattie trasmesse con gli alimenti;**
- ✓ **Riduzione del deterioramento delle derrate alimentari;**

PERCHE' IRRAGGIARE I CIBI ?

- **Per ridurre la carica microbica nel prodotto alimentare e quindi ridurre i rischi sanitari associati con certi prodotti collegati alla presenza di microorganismi patogeni;**
- **Per prolungare la vita «a scaffale dei prodotti»**
- **Per prevenire la germinazione di patate, aglio e cipolle**





IRRAGGIAMENTO

PROCESSO TECNOLOGICO

- *L'irraggiamento comporta l'esposizione degli alimenti da trattare, sfusi o confezionati, a una fonte controllata di radiazioni ionizzanti per un certo periodo di tempo.*
- *La dose di energia assorbita dall'alimento è funzione dell'intensità della fonte di radiazione e del tempo di esposizione e si misura in gray.*
- *L'esposizione deve essere sufficiente a produrre il risultato desiderato, ma allo stesso tempo tale da evitare la degradazione dell'alimento.*
- *E' possibile distinguere le dosi utilizzate per l'irraggiamento in 3 categorie che dipendono dal tipo di alimento e dallo scopo che si vuole raggiungere (dosi basse-medie -alte).*





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri

IRRAGGIAMENTO

QUADRO NORMATIVO

In Europa:

- *Direttiva comunitaria 1999/2/CE*
- *Direttiva comunitaria 1999/3/CE*

In Italia

Tali direttive sono state recepite con il Decreto Legislativo n°94 del 30/01/2001.

- ❖ *L'utilizzo delle radiazioni ionizzanti è consentito in tutti gli Stati Membri ad un livello di dose media globale massimo di 10 KGy solo in impianti autorizzati;*
- ❖ *L'elenco comunitario delle tipologie alimentari ammesse è ancora in fase di completamento;*
- ❖ *Le autorizzazioni nazionali al trattamento degli alimenti o loro ingredienti con radiazioni ionizzanti sono specifiche in ogni Stato Membro;*
- ❖ *E' obbligatorio indicare in etichetta il trattamento radiante riportando la dicitura «trattato con radiazioni ionizzanti» o «irradiato»;*



**Alimento
Irradiato**





IRRAGGIAMENTO

METODI CEN per l'identificazione di alimenti irradiati

Si distinguono in base alle modificazioni radio-indotte sull'alimento in :

- ✓ *Metodi fisici;*
- ✓ *Metodi chimici;*
- ✓ *Metodi biologici;*

NON ESISTE UN METODO APPLICABILE A TUTTI GLI ALIMENTI.

Bisogna ricorrere all'applicazione di metodi diversi a seconda delle matrici da identificare.

Tra i metodi validati alcuni possono essere considerati di screening ed altri di conferma.





IRRAGGIAMENTO

METODI DI SCREENING

- *DEFT /APC*
- *DNA comet*
- *PSL*

Offrono alcuni vantaggi:

Semplicità di esecuzione, bassi costi, velocità delle misure.





IRRAGGIAMENTO

METODI DI CONFEMA

- GC, GC/MS
- ESR o EPR
- TL

Sono più costosi, meno veloci, richiedono apparecchiature specializzate e personale competente per l'interpretazione dei risultati.



Tabella 1 - Metodi di identificazione standardizzati CEN

| Standard | Alimenti | Tipo | Metodo |
|---------------|--|--------------------|---|
| EN 1784:2003 | Alimenti contenenti grasso (pollo, maiale e manzo, camembert, avocado, papaya e mango) | Chimico (C) | Gasromatografia (GC) degli idrocarburi |
| EN 1785:2003 | Alimenti contenenti grasso (pollo e maiale, uova) | Chimico (C) | GC/Spettrometria di massa (MS) di 2-alcilciclobutanoni |
| EN 1786:1996 | Alimenti contenenti ossa (pollo, manzo, trote) | Fisico (C) | Spettroscopia di Risonanza di Spin Elettronico (ESR) |
| EN 1787:2000 | Alimenti contenenti cellulosa (pistacchi, paprika, fragole) | Fisico (C) | ESR |
| EN 1788:2001 | Alimenti contenenti minerali silicei (erbe, spezie, gamberetti, patate, frutta e vegetali) | Fisico (C) | Termoluminescenza (TL) |
| EN 13708:2001 | Alimenti contenenti zucchero | Fisico (C) | ESR |
| EN 13783:2001 | Erbe e spezie | Microbiologico (S) | microorganismi totali / microorganismi vivi (metodi DEFT/APC) |
| EN 13784:2001 | Alimenti contenenti DNA (vari tipi di carni, semi, frutta secca e spezie) | Biologico (S) | DNA Comet Assay |
| EN 13751:2002 | Erbe e spezie, molluschi e crostacei | Fisico (S) | Luminescenza fotostimolata (PSL) |
| EN 14569:2004 | Carne di pollo | Microbiologico (S) | LAL test/conta gram negativi |

Legenda: (S) = Metodo di Screening; (C) = Metodo di Conferma





OBIETTIVI

- ✓ Valutazione delle eventuali alterazioni provocate dal processo di irraggiamento sulle caratteristiche igienico-sanitarie, nutrizionali, organolettiche e sul tempo di conservazione dei prodotti alimentari di origine animale (U.O.1 – U.O.2);
- ✓ Messa a punto del metodo standardizzato EN 1786:1996 Risonanza di spin elettronico (EPR) dell'idrossiapatite, utilizzato per identificare gli alimenti irraggiati di origine animale contenenti ossa (U.O.1);
- ✓ Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali (U.O.2);
- ✓ Sviluppo e verifica di un metodo innovativo in citometria a flusso per identificare le cellule integre (vitali) e quelle inattivate (morte) (U.O.1).



METODOLOGIA

- Le prove sono state effettuate su carne con osso
- T° di conservazione + 5°C (+/- 3°C)
- T0 3 giorni dall'irraggiamento
- T1 10 giorni dall'irraggiamento
- Irraggiamento presso ENEA ("Calliope" utilizzando ⁶⁰Co)

| | BOVINO | | | | | | | TACCHINO | | | | | | | Campioni Totali | | | | | | |
|----|-----------------|---------------|-------|--------|-------|-------|--------|------------|-------|--------|-------------------|---------------|-------|--------|-----------------|-------|--------|-------|------------|--------|----|
| | Controlli IZSLI | Controlli "N" | | | ENEA | | | IRRAGGIATI | | | Controlli IZSLI T | Controlli "N" | | | | ENEA | | | IRRAGGIATI | | |
| | NI | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | NI | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | 3 KGy | 6 KGy | 10 KGy | |
| T0 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 14 |
| T1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | | | | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 1 | 8 |

Tabella 1. Schema distribuzione campioni



METODOLOGIA

| Campione | Intensità di dose inizio irraggiamento (Gy/h) | Intensità di dose fine irraggiamento (Gy/h) | Tempo di irraggiamento (hh:mm:ss) | Dose assorbita (Gy) |
|-----------------|---|---|--------------------------------------|---------------------------|
| T0, T1 3KGy | 384 | 384 | 7:50:03 | 3000 |
| T0, T1 6KGy | 384 | 384 | 15:38:51 | 6000 |
| T0, T1 10KGy | 384 | 384 | 26:03:54 | 10000 |

Tabella 2. Tempi e dose di Irraggiamento dei campioni.





METODOLOGIA

- ✓ **Analisi colorimetrica** L'analisi colorimetrica è stata eseguita mediante colorimetro Minolta CR 400 utilizzando il sistema CIELAB che permette di descrivere numericamente la percezione cromatica dell'occhio umano sulla base di coordinate spaziali (spazi di colore). Nello specifico i parametri considerati sono stati: luminosità L^* , indice del rosso a^* (dal rosso al verde), indice del giallo b^* (dal giallo al blu), Tinta (h), ovvero la tonalità del colore, e Cromia (o saturazione) che indica la pienezza del colore. Sono state utilizzate due diverse sorgenti di luce (illuminanti), D65 (luce diurna a cielo sereno) e C (luce diurna a cielo coperto).
- ✓ **Ph** Il pH è stato misurato utilizzando un ph-metro ad infissione
- ✓ **Capacità di ritenzione idrica** Il potenziale di ritenzione idrica è la capacità da parte della carne di trattenere completamente o in parte l'acqua propria ed aggiunta durante i trattamenti. Questa caratteristica influisce sull'aspetto della carne cruda, sulla succosità e sul comportamento in cottura. E' stata valutata utilizzando tre metodi:
 - Drip loss (perdita d'acqua sul crudo);
 - Water bath loss (perdita d'acqua in cottura a bagno maria);
 - Cooking loss (perdita d'acqua in cottura in forno).





METODOLOGIA

- ✓ E' stata valutata come resistenza al taglio (Kgf/cm^2) mediante il sistema **Tenerezza** elettromeccanico Instron, utilizzando una lama a V installata su cesoia Warner Bratzler. La tenerezza al taglio è influenzata da numerosi fattori: componente miofibrillare, componente connettivale (qualità del tessuto connettivo e quantità di collagene), componente adiposa e componente idrica (succosità).
- ✓ **Grasso, proteine, collagene** è stato utilizzato il metodo NIT (Near InfraRed Transmittance), basato sulla spettrometria nel vicino infrarosso, attraverso lo strumento FoodScan™
- ✓ **Ceneri** La determinazione delle ceneri è stata eseguita secondo il metodo AOAC 1984, ovvero dopo incenerimento del campione in muffola a 550°C ($\pm 10^\circ\text{C}$).





✓ Valutazione dell'irraggiamento

L'irraggiamento dei campioni è stato valutato applicando il metodo standardizzato *UNI EN 1786:1996* per l'identificazione di alimenti irraggiati contenenti ossa mediante spettroscopia ESR (Risonanza di Spin Elettronico). Con questa tecnica è possibile rilevare la presenza di radicali liberi, formati in seguito al trattamento con radiazioni ionizzanti, basandosi sul fenomeno dell'assorbimento risonante. Viene applicato un campo magnetico esterno il quale genera una differenza tra i livelli energetici di spin degli elettroni; in questa fase, fornendo al sistema l'energia necessaria sotto forma di radiazione elettromagnetica (microonde) è possibile far passare un elettrone da un livello energetico all'altro e viceversa in modo che sia verificata la condizione di risonanza: l'energia assorbita è uguale alla differenza di energia tra i due livelli. Si genera uno spettro di assorbimento ESR indicato convenzionalmente come la derivata prima del segnale di assorbimento rispetto al campo magnetico applicato.

È stata rimossa tutta la polpa dai campioni di ossa. Queste sono state frantumate grossolanamente utilizzando delle pinze e, con l'aiuto di un bisturi, è stato rimosso anche il midollo. I frammenti di ossa ottenuti sono stati lavati, posti in un becker e decantati con acqua distillata agitando vigorosamente fino ad ottenere acqua incolore e priva di particolato. I campioni puliti sono stati posti in stufa a 40°C per circa 3 ore, successivamente polverizzati con l'ausilio di un mulino a mortaio e analizzati mediante *Spettrometro "e-*

scan™ Food Analyzer" Bruker BioSpin GmbH



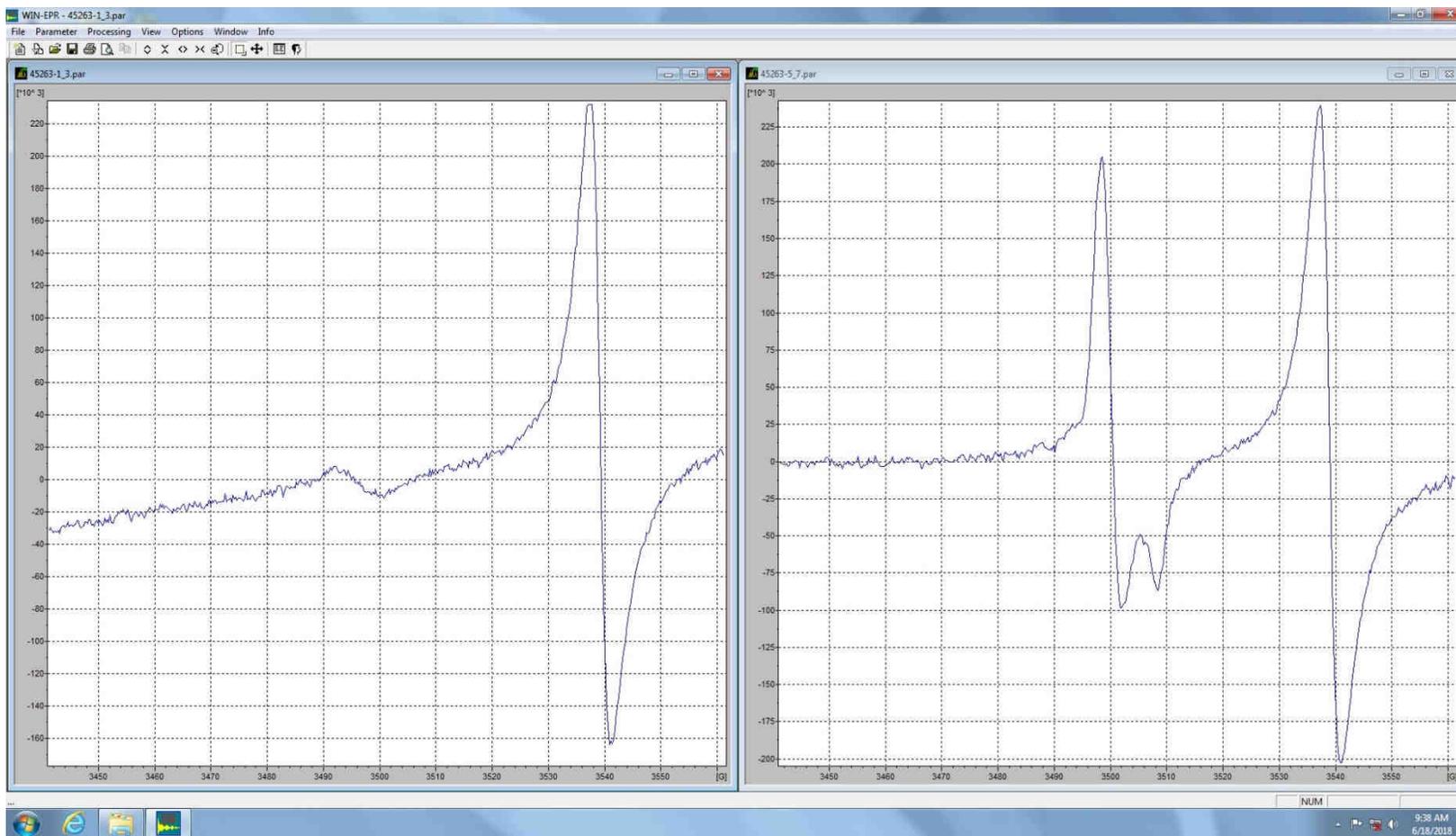


Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana M. Aleandri





Spettro NI – 3 KGy Matrice bovino





✓ **Analisi microbiologiche - Microrganismi totali a 30°C**

Il metodo utilizzato fa riferimento alla Norma UNI EN ISO 4833-1 : 2013 Microbiologia della catena alimentare - Metodo orizzontale per la conta dei microrganismi. Parte 1: Conta delle colonie a 30°C con la tecnica dell'inseminazione in profondità.

Partendo da una sospensione iniziale del campione (diluizione 10^{-1}), sono state eseguite le successive diluizioni necessarie. In seguito, 1 ml di ciascuna diluizione è stato trasferito in una piastra sterile utilizzando una nuova pipetta sterile per ogni diluizione decimale.

E' stato versato sterilmente con una pipetta sterile da 25 ml, in ciascuna piastra, 12-15 ml di terreno Plate Count Agar (PCA), precedentemente sciolto in bagnomaria e successivamente portato alla temperatura di $(47 \pm 1)^\circ\text{C}$.

Le piastre sono state mescolate delicatamente mediante movimenti lenti e circolari, in modo che gli eventuali microrganismi presenti nell'inoculo si diffondessero nell'agar e ottenere delle colonie uniformemente distribuite dopo incubazione.

Dopo che il terreno si è solidificato, si è provveduto a trasferire, mediante l'uso di una pipetta sterile da 10 ml, 4-5 ml di Terreno Agar Acqua (AAC), sciolto e raffreddato a $(47 \pm 1)^\circ\text{C}$ in bagnomaria, in modo da formare un sottile strato superficiale.

Dopo completa solidificazione, le piastre sono state incubate capovolte in termostato in aerobiosi a $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ per (72 ± 3) ore. Sono state selezionate le piastre contenenti un numero massimo di 300 colonie ed è stato calcolato il numero di microrganismi presenti nel

campione considerando le diluizioni effettuate





Analisi microbiologiche –Enterobatteri Il metodo utilizzato fa riferimento alla Norma ISO 21528-2: 2004 (Horizontal methods for the detection and enumeration of Enterobacteriaceae – PARTE 2: Colony – count method).

Partendo da una sospensione iniziale del campione (diluizione 10^{-1}), sono state eseguite le successive diluizioni necessarie. In seguito, 1 ml di ciascuna diluizione è stato trasferito in una piastra sterile utilizzando una nuova pipetta sterile per ogni diluizione decimale.

In ciascuna piastra, è stato versato sterilmente circa 15 ml di terreno selettivo VRBGA precedentemente fuso e raffreddato alla temperatura di $(47 \pm 1)^\circ\text{C}$ in bagnomaria .

Le piastre sono state mescolate delicatamente mediante movimenti lenti e circolari, in modo che gli eventuali microrganismi presenti nell'inoculo si diffondessero nell'agar ottenendo delle colonie uniformemente distribuite dopo incubazione. Dopo solidificazione del terreno, è stato aggiunto uno strato di copertura di circa 4-5 ml di terreno VRBGA che è stato lasciato solidificare completamente. Le piastre sono state poi incubate capovolte in termostato a $(30 \pm 1)^\circ\text{C}$ per (24 ± 2) ore.

Sono state selezionate le piastre contenenti un numero massimo di 300 colonie per piastra e da queste, le piastre contenenti meno di 150 colonie tipiche o presunte tali.

Alcune delle colonie caratteristiche sono state isolate su piastre contenenti agar nutrient, incubate a 37°C per 24 h, e sottoposte a prove di conferma mediante test di reazione all'ossidasi e prove di fermentazione. Il numero di microrganismi presenti nel campione è stato calcolato prendendo in considerazione le colonie caratteristiche e le diluizioni effettuate.





METODOLOGIA

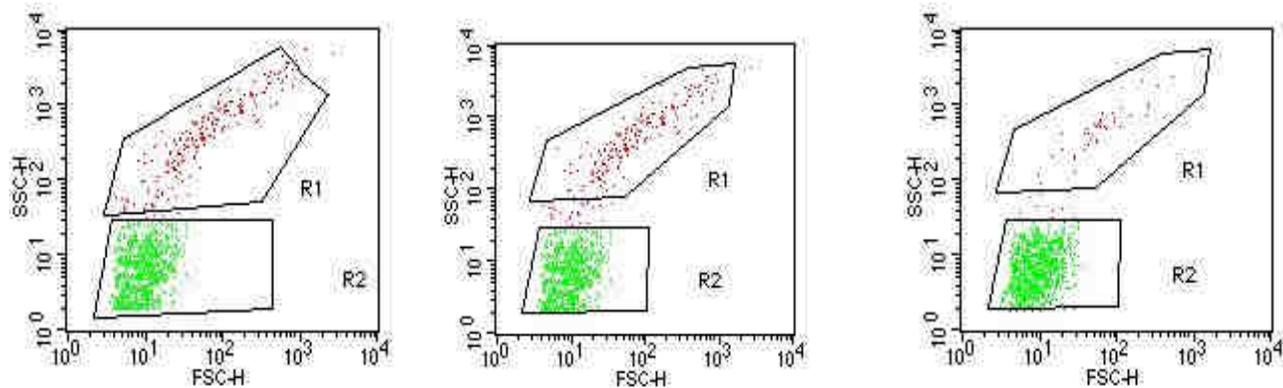
Analisi Citofluorimetriche La metodica della colorazione Live/Dead è un saggio di vitalità che si basa sull'integrità della membrana plasmatica batterica.

I batteri con membrana integra sono stati determinati dopo colorazione con Live/Dead BacLight Viability, che utilizza una miscela di due coloranti di acidi nucleici, il SYTO 9 e Ioduro di Propidio (PI), che differiscono nella loro capacità di penetrare nelle cellule batteriche.

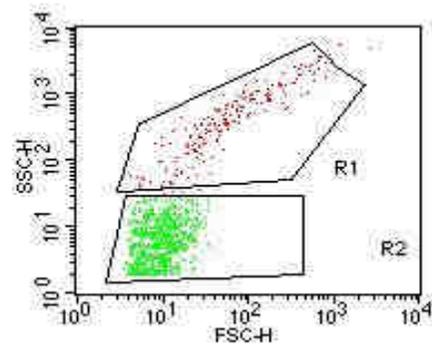
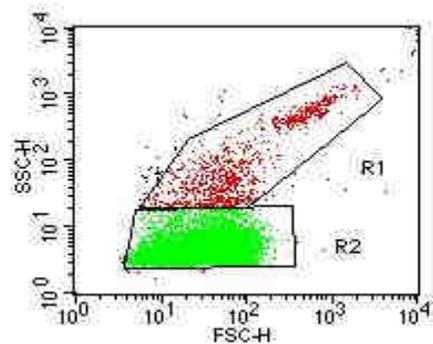
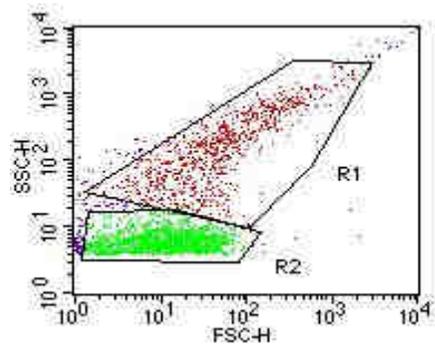
In tal modo i batteri con membrana plasmatica integra (identificati come vitali), colorati con SYTO 9, emettono fluorescenza verde, mentre quelli con membrana danneggiata, colorati con PI, risultano colorati in rosso



Grafici citofluorimetrici: carne bovina a diverse dosi di irraggiamento



Grafici citofluorimetrici: Carne di tacchino a diverse dosi di irraggiamento



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| <i>Bovino</i> | ENTERO | CMT | <i>Tacchino</i> | ENTERO | CMT |
|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|-------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| NEG IZSLT T0 | 1,4 x 10 ⁴ ufc/g | 5 x 10 ⁶ ufc/g | NEG IZSLT T0 | 1,1 x 10 ² ufc/g | 2,1 x 10 ⁵ ufc/g |
| Neg ENEA 10KGy | 3,4 x 10 ⁴ ufc/g | 8,6 x 10 ⁶ ufc/g | Neg ENEA 10KGy | 6 x 10 ³ ufc/g | 5,5 x 10 ⁶ ufc/g |
| Differenza tra UC | = | = | Differenza tra UC | > 1 Log | > 1 Log |

Tabella 20. *Influenza della temperatura durante il trattamento.* Campioni di Bovino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT e Negativo ENEA 10KGy al T₀.

Tabella 21. *Influenza della temperatura durante il trattamento.* Campioni di Tacchino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT e Negativo ENEA 10KGy al T₀.



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| <i>Bovino</i> | ENTERO | CMT |
|--------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| NEG IZSLT T0 | 1,4 x 10 ⁴ ufc/g | 5 x 10 ⁶ ufc/g |
| IRR 3KGy | < 10 ufc/g | < 10 ufc/g |
| Differenza tra UC | < 4 Log | < 6 Log |

Tabella 22. *Efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti. Campioni di Bovino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT e IRRAGGIATO 3KGy al T₀*



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| <i>Tacchino</i> | ENTERO | CMT |
|--|-----------------------|----------------------------|
| NEG ENEA 10KGy | 6×10^3 ufc/g | $5,5 \times 10^6$ ufc/g |
| IRR 3KGy | < 10 ufc/g | $1,1 \times 10^2$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 3 Log | < 4 Log |

Tabella 23. Efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti. Campioni di Tacchino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo ENEA 10KGy e IRRAGGIATO 3KGy aT₀.





Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

Il trattamento con dose di 3KGy, applicato tramite un tempo di irraggiamento di 7h 50', è risultato essere in grado di procurare una riduzione di 6 Log per i microrganismi a 30°C e 4 Log per gli Enterobatteri nella carne di bovino esaminata (Tabella 22). Nella carne di tacchino è stata invece registrata una riduzione di 4 Log per i microrganismi a 30°C e 3 Log per gli Enterobatteri (Tabella 23).

La dose di irraggiamento di 3 KGy si è dimostrata efficace a ridurre la carica degli Enterobatteri al di sotto di 10 ufc/g in entrambi i tipi di carne; di conseguenza, dosi maggiori (6 e 10 KGy) lo saranno a loro volta.



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| <i>Bovino</i> | ENTERO | CMT | <i>Tacchino</i> | ENTERO | CMT |
|--------------------------|-------------------------|-------------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| NEG IZSLT T ₀ | $1,4 \times 10^4$ ufc/g | 5×10^6 ufc/g | NEG IZSLT T ₀ | $1,1 \times 10^2$ ufc/g | $2,1 \times 10^5$ ufc/g |
| NEG IZSLT T ₁ | 7×10^6 ufc/g | $6,4 \times 10^7$ ufc/g | NEG IZSLT T ₁ | $4,6 \times 10^7$ ufc/g | 8×10^8 ufc/g |
| Differenza tra UC | > 2 Log | > 1 Log | Differenza tra UC | > 5 Log | > 3 Log |

Tabella 24. Efficacia del trattamento rispetto al tempo di conservazione. Campioni di Bovino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT T₀ e Negativo IZSLT T₁.

Tabella 25. Efficacia del trattamento rispetto al tempo di conservazione. Campioni di Tacchino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT T₀ e Negativo IZSLT T₁.



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| Bovino | ENTERO | CMT |
|-------------------|-----------------------|-------------------------|
| IZSLT T1 | 7×10^6 ufc/g | $6,4 \times 10^7$ ufc/g |
| IRR 3KGy T1 | < 10 ufc/g | $1,9 \times 10^5$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 6 Log | < 2 Log |
| IZSLT T1 | 7×10^6 ufc/g | $6,4 \times 10^7$ ufc/g |
| IRR 6KGy T1 | < 10 ufc/g | $3,5 \times 10^3$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 6 Log | < 4 Log |
| IZSLT T1 | 7×10^6 ufc/g | $6,4 \times 10^7$ ufc/g |
| IRR 10KGy T1 | < 10 ufc/g | < 10 ufc/g |
| Differenza tra UC | < 6 Log | < 7 Log |

Tabella 25. Efficacia del trattamento rispetto al tempo di conservazione. Campioni di Bovino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT T1 e IRRAGGIATI T1

| Tacchino | ENTERO | CMT |
|-------------------|-------------------------|-------------------------|
| IZSLT T1 | $4,6 \times 10^7$ ufc/g | 8×10^8 ufc/g |
| IRR 3KGy T1 | < 10 ufc/g | $1,5 \times 10^7$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 7 Log | < 1 Log |
| IZSLT T1 | $4,6 \times 10^7$ ufc/g | 8×10^8 ufc/g |
| IRR 6KGy T1 | < 10 ufc/g | $2,1 \times 10^4$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 7 Log | < 4 Log |
| IZSLT T1 | $4,6 \times 10^7$ ufc/g | 8×10^8 ufc/g |
| IRR 10KGy T1 | < 10 ufc/g | $4,3 \times 10^3$ ufc/g |
| Differenza tra UC | < 7 Log | < 5 Log |

Tabella 26. Efficacia del trattamento rispetto al tempo di conservazione. Campioni di Tacchino. Differenza tra le cariche microbiche (Enterobatteri e Carica Mesofila Totale) per Negativo IZSLT T1 e IRRAGGIATI T1



Valutazione dell'efficacia del trattamento con radiazioni ionizzanti sulle carni mediante metodi microbiologici tradizionali

| <i>CMT</i> | Bovino | Tacchino | <i>Enterobatteri</i> | Bovino | Tacchino |
|-------------------|--------------|--------------|-----------------------------|--------------|--------------|
| DOSE 3KGy | 2 Log | 1 Log | DOSE 3KGy | 6 Log | 7 Log |
| DOSE 6 KGy | 4 Log | 4 Log | DOSE 6 KGy | 6 Log | 7 Log |
| DOSE 10 KGy | 7 Log | 5 Log | DOSE 10 KGy | 6 Log | 7 Log |

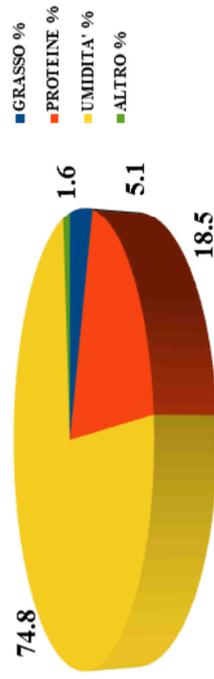
Tabella 27. Efficacia delle dosi di trattamento rispetto alla Carica Mesofila Totale per Bovino e Tacchino.

Tabella 28. Efficacia delle dosi di trattamento rispetto alla carica Enterobatteri per Bovino e Tacchino.

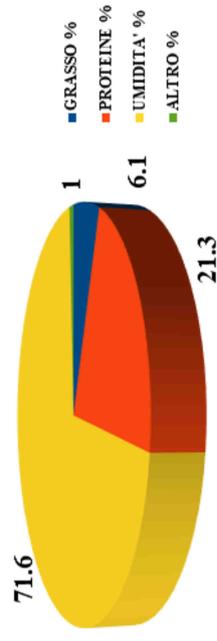


COMPOSIZIONE NUTRIZIONALE

COMPOSIZIONE MEDIA TACCHINO



COMPOSIZIONE MEDIA BOVINO



Dati ricavati dalle tabelle di composizione degli alimenti INRAN (<http://nut.entecra.it>)



RISULTATI

| BOVINO | | | | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Media NI | 3KG | 6KG | 10KG |
| | T ₀ | y | y | y |
| | | T ₀ | T ₀ | T ₀ |
| GRASSO % | 8,26 | 6,31 | 10,42 | 7,43 |
| PROTEINE % | 21,19 | 22,43 | 21,22 | 21,93 |
| COLLAGENE % | 1,78 | 1,4 | 1,71 | 1,6 |
| UMIDITÀ % | 67,84 | 69,52 | 66,4 | 68,56 |

Tabella 3. Composizione nutrizionale campioni di bovino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀. I dati dei campioni NI al T₀ si riferiscono alla media ottenuta considerando anche i controlli NI ENEA ("N").

| TACCHINO | | | | |
|--------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| | Media NI | 3KG | 6KGy | 10KG |
| | T ₀ | y | T ₀ | y |
| | | T ₀ | T ₀ | T ₀ |
| GRASSO % | 6,83 | 6,04 | 6,89 | 6,6 |
| PROTEINE % | 19,56 | 19,71 | 19,55 | 20,17 |
| COLLAGENE % | 1,49 | 1,31 | 1,6 | 1,37 |
| UMIDITÀ % | 73,13 | 73,82 | 73,66 | 73,53 |

Tabella 4. Composizione nutrizionale campioni di tacchino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀. I dati dei campioni NI al T₀ si riferiscono alla media ottenuta considerando anche i controlli NI ENEA ("N").



RISULTATI

| | BOVINO | | | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|------------------------|-----------------------------|
| | Media NI T ₀ | NI T ₁ | 3KG y T ₁ | 6KGy T ₁ | 10KG y T ₁ |
| GRASSO % | 8,26 | 3,1 3 | 3,73 | 10,02 | 6,77 |
| PROTEINE % | 21,19 | 24, 23 | 23,7 2 | 22,47 | 23,49 |
| COLLAGENE % | 1,78 | 2,8 2 | 2,42 | 2,67 | 2,49 |
| UMIDITÀ % | 67,84 | 72, 87 | 72,7 | 66,44 | 68,96 |

Tabella 5. Differenza composizione nutrizionale campioni di bovino Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁.

| | TACCHINO | | | | |
|------------------------|-------------------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | Media NI T ₀ | NI T ₁ | 3KG y T ₁ | 6KG y T ₁ | 10KG y T ₁ |
| GRASSO % | 6,83 | 4,4 | 3,43 | 2,93 | 3,6 |
| PROTEINE % | 19,56 | 21, 35 | 22,5 6 | 22,6 8 | 22,96 |
| COLLAGENE % | 1,49 | 2 | 1,67 | 1,76 | 1,68 |
| UMIDITÀ % | 73,13 | 74, 78 | 74,8 4 | 74,9 3 | 74,14 |

Tabella 6. Differenza composizione nutrizionale campioni di tacchino. Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁.

I valori ottenuti non si discostano particolarmente dai parametri nutrizionali standard.



RISULTATI

| | BOVINO | TACCHINO | BOVINO | TACCHINO |
|--|--------|----------|--------|----------|
| DRIP LOSS% | 6,49 | 2,21 | 2,15 | 3,22 |
| COOKING LOSS % | 26,79 | 29,79 | 29,52 | 27,44 |
| WATER BATH LOSS % | 29,16 | 21,71 | 30,25 | 20,15 |
| RESISTENZA AL TAGLIO (Kgf/cm²) | 3,28 | 0,9 | 3,98 | 0,97 |

Tabella 7. Capacità di ritenzione idrica e resistenza al taglio campioni di bovino e tacchino.
Non Irraggiati al T₀ e al T₁.



| BOVINO | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| ILLUMINANTE D65 | NI T ₀ | y T ₀ | I ₀ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ |
| L* | 36,25 | 42,7 | 39,5 | 53,86 | | | |
| a* | 18,69 | 21,4 | 20,1 | 16,71 | | | |
| b* | 3,49 | 9,03 | 7,58 | 8,46 | | | |
| C* | 19,01 | 23,2 | 21,5 | 18,73 | | | |
| h | 10,56 | 22,8 | 20,6 | 26,85 | | | |

Tabella 8. Parametri colorimetrici campioni di bovino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀ (Illuminante D65).

| TACCHINO | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| ILLUMINANTE D65 | NI T ₀ | y T ₀ | I ₀ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ |
| L* | 41,4 | 51,6 | 48,1 | 44,52 | | | |
| a* | 17,8 | 13,2 | 18,4 | 15,45 | | | |
| b* | 6,48 | 8,44 | 7,25 | 7,62 | | | |
| C* | 19,0 | 15,6 | 19,7 | 17,23 | | | |
| h | 19,9 | 32,5 | 21,5 | 26,25 | | | |

Tabella 9. Parametri colorimetrici campioni di Tacchino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀ (Illuminante D65).

| BOVINO | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| ILLUMINANTE D65 | NI T ₀ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ |
| L* | 36,2 | 36,9 | 40,8 | 40,0 | 36,64 | | |
| a* | 18,6 | 25,4 | 25,2 | 25,5 | 31,29 | | |
| b* | 3,49 | 11,4 | 12,7 | 12,8 | 13,64 | | |
| C* | 19,0 | 27,9 | 28,2 | 30,4 | 34,13 | | |
| h | 10,5 | 24,2 | 26,7 | 25,0 | 23,55 | | |

Tabella 10. Differenza parametri colorimetrici campioni di bovino Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁ (Illuminante D65).

| TACCHINO | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|--------------------|----------------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|---------------------|----------------|
| ILLUMINANTE D65 | NI T ₀ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ | y T ₁ | I ₁ |
| L* | 41,4 | 52, | 44,2 | 48,6 | 40,99 | | |
| a* | 17,8 | 16, | 14,4 | 22,3 | 22,18 | | |
| b* | 6,48 | 7,7 | 5,09 | 9,94 | 6,04 | | |
| C* | 19,0 | 17, | 15,3 | 24,4 | 22,99 | | |
| h | 19,9 | 25, | 19,4 | 23,9 | 15,23 | | |

Tabella 11. Differenza parametri colorimetrici campioni di tacchino Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁ (Illuminante D65).



| BOVINO | | 3KG | | 6KG | | 10KGy | |
|-------------|----------------|------|----------------|------|----------------|-------|----------------|
| ILLUMINANTE | NI | y | T ₀ | y | T ₀ | y | T ₀ |
| C | T ₀ | | | | | | |
| L* | 39,56 | 40,2 | 34,4 | 34,4 | 38,91 | | |
| | | 6 | 6 | 6 | | | |
| a* | 20,13 | 21,9 | 22,7 | 22,7 | 18,31 | | |
| | | 8 | 3 | 3 | | | |
| b* | 11,23 | 11,8 | 11,1 | 11,1 | 6,96 | | |
| | | 5 | | | | | |
| C* | 23,05 | 24,9 | 25,2 | 25,2 | 19,58 | | |
| | | 8 | 9 | 9 | | | |
| h | 29,15 | 28,3 | 26,0 | 26,0 | 20,8 | | |
| | | 3 | 3 | 3 | | | |

Tabella 12. Parametri colorimetrici campioni di Bovino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀ (Illuminante C).

| TACCHINO | | 3KG | | 6KG | | 10KGy | |
|-------------|----------------|------|----------------|------|----------------|-------|----------------|
| ILLUMINANTE | NI | y | T ₀ | y | T ₀ | y | T ₀ |
| C | T ₀ | | | | | | |
| L* | 46,74 | 47,8 | 45,8 | 45,8 | 48,06 | | |
| | | 2 | 6 | 6 | | | |
| a* | 16,84 | 10,5 | 14,3 | 14,3 | 17,39 | | |
| | | 1 | 8 | 8 | | | |
| b* | 8,61 | 1,04 | 3,86 | 3,86 | 5,52 | | |
| | | | | | | | |
| C* | 18,91 | 10,5 | 14,8 | 14,8 | 18,24 | | |
| | | 6 | 9 | 9 | | | |
| h | 27,09 | 5,64 | 15,0 | 15,0 | 17,6 | | |
| | | | 3 | 3 | | | |

Tabella 13. Parametri colorimetrici campioni di Tacchino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀ (Illuminante C).



| BOVINO | | NI | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|-------------|----------------|----------------|-----------|----------------|-------|----------------|---|----------------|--|
| ILLUMINANTE | NI | NI | Y | T ₁ | Y | T ₁ | Y | T ₁ | |
| C | T ₀ | T ₁ | | | | | | | |
| L* | 39,5 6 | 36,9 | 40,1 6 | 43,7 5 | 44,15 | | | | |
| a* | 20,1 3 | 20,2 2 | 20,0 2 | 28,6 4 | 26 | | | | |
| b* | 11,2 3 | 8,95 | 9,2 5 | 15,3 5 | 15,25 | | | | |
| C* | 25,0 5 | 22,1 1 | 22,0 3 | 32,4 9 | 30,14 | | | | |
| h | 29,1 5 | 23,8 9 | 24,6 9 | 28,1 9 | 30,39 | | | | |

Tabella 14. Differenza parametri colorimetrici campioni di Bovino Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁ (Illuminante C).

| TACCHINO | | NI | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|-------------|----------------|----------------|-----------|----------------|-------|----------------|---|----------------|--|
| ILLUMINANTE | NI | NI | Y | T ₁ | Y | T ₁ | Y | T ₁ | |
| C | T ₀ | T ₁ | | | | | | | |
| L* | 46, 74 | 46 | 43,5 3 | 48,8 9 | 42,49 | | | | |
| a* | 16, 84 | 18,6 7 | 16,0 6 | 19,9 1 | 20,71 | | | | |
| b* | 8,6 1 | 8,39 | 5,89 | 8,94 | 7,26 | | | | |
| C* | 18, 91 | 20,4 7 | 17,1 3 | 21,8 3 | 21,95 | | | | |
| h | 27, 09 | 24,2 1 | 20,1 4 | 24,1 7 | 19,32 | | | | |

Tabella 15. Differenza parametri colorimetrici campioni di Tacchino Non Irraggiati al T₀ e al T₁ e Irraggiati al T₁ (Illuminante C).



| BOVINO | NI | | 3KGy | | 6KG | | 10KG | |
|--|----------------|--|------|----------------|------|----------------|------|----------------|
| | T ₀ | | y | T ₀ | y | T ₀ | y | T ₀ |
| POT. GLICOLITICO ($\mu\text{mol/g}$) | N.D. | | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| pH | 5,93 | | 5,88 | | 5,95 | | 6,11 | |
| CENERI % | 1,05 | | 1,05 | | 1,04 | | 1,06 | |

Tabella 16. Potenziale glicolitico, pH e ceneri campioni di bovino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀.

| TACCHINO | NI | | 3KG | | 6KG | | 10KG | |
|--|----------------|--|------|----------------|------|----------------|------|----------------|
| | T ₀ | | y | T ₀ | y | T ₀ | y | T ₀ |
| POT. GLICOLITICO ($\mu\text{mol/g}$) | N.D. | | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. | N.D. |
| pH | 6,54 | | 6,12 | | 6,53 | | 6,56 | |
| CENERI | 1,03 | | 1,01 | | 1,00 | | 1,00 | |

Tabella 17. Potenziale glicolitico, pH e ceneri campioni di tacchino Irraggiati e Non Irraggiati al T₀.



| | BOVINO | | | | TACCHINO | | | | | |
|---|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|----------------------|----------------------|----------------------------|----------------------------|-----------------------------|
| | NI T ₀ | NI T ₁ | 3KG y T ₁ | 6K Gy T ₁ | 10KG y T ₁ | NI T ₀ | NI T ₁ | 3K Gy T ₁ | 6KG y T ₁ | 10KG y T ₁ |
| POT.GLICOLITICO ($\mu\text{mol/g}$) | N. D. | 55, 38 | 54,8 3 | 65,9 3 | 63,93 T ₁ | N. D. | 31, 30 | 37,2 9 | 42,6 2 | 34,30 T ₁ |
| pH | 5,9 3 | 6,1 4 | 6,09 3 | 6,14 3 | 6,09 T ₁ | 6,5 4 | 6,6 3 | 6,72 3 | 6,67 3 | 6,37 T ₁ |
| CENERI % | 1,0 5 | 1,1 5 | 1,09 5 | 1,00 5 | 1,11 T ₁ | 1,0 3 | 1,0 6 | 1,07 6 | 1,10 6 | 1,09 T ₁ |

Tabella 18. Differenza Potenziale glicolitico, pH e ceneri campioni di bovino Non Irraggiati al T₀ e al T₁; e Irraggiati al T₁.

Tabella 19. Differenza Potenziale glicolitico, pH e ceneri campioni di tacchino Non Irraggiati al T₀ e al T₁; e Irraggiati al T₁.





CONCLUSIONI

Purtroppo, con i risultati delle prove analitiche, non è stato possibile effettuare una valutazione statistica esaustiva a causa dello scarso numero di campioni oggetto di studio. Infatti l'elevata numerosità delle analisi prevista nel progetto e i costi sostenuti sia per l'irraggiamento dei campioni sia per le prove analitiche hanno imposto la scelta di ridurre la quantità di campioni da analizzare.

Comunque, dall'analisi dei dati e nello stesso tempo (T0 o T1) del periodo di conservazione considerato nel nostro studio non vi sono differenze sostanziali, ai fini organolettici e nutrizionali, tra i prodotti irraggiati e non irraggiati.

Inoltre, dal momento che i risultati delle prove microbiologiche hanno dimostrato che una dose di 6 KGy è in grado di ridurre la carica microbica mesofila di 4 log per entrambi i tipi di carne (bovino e tacchino) e di 6 e 7 log la carica di enterobatteri, rispettivamente per carne bovina e di tacchino, sarebbe interessante confrontare e valutare, in maniera più approfondita, eventuali correlazioni tra i risultati microbiologici ottenuti e quelli di carattere organolettico e nutrizionale della carne con le stesse dosi di trattamento.





Istituto Zooprofilattico Sperimentale
del Lazio e della Toscana *M. Aleandri*

Per quel che riguarda le analisi citometriche effettuate nello studio, questa metodica analitica si è rivelata non solo appropriata ma ha evidenziato tempi di esecuzione notevolmente più rapidi rispetto alla tecnica classica su piastra (3 ore contro le 48-72), consentendo di effettuare azioni correttive in tempi ristretti. Altro aspetto importante è il grado di automazione della tecnica che dà la possibilità di effettuare un elevato numero di analisi al giorno, oltre alla standardizzazione del metodo che permette una diminuzione del grado di errore legato alle manualità presenti invece nella tecnica classica.

