

docente Patrizia Cattaneo

Riferimenti bibliografici:

Meat and Meat products, Varnam & Sutherland, Chapman & Hall, 1995 (3/217, 3511)

L'Encyclopedie de la Charcuterie, ed. Soussana, Paris, 1982

Alimenti, microbiologia e igiene, Kramer & Cantoni. OEMF, 1994 (tabella 18 e 19)

Generalità

La refrigerazione è applicata agli alimenti per rallentare la moltiplicazione dei microrganismi deterioranti e per impedire la moltiplicazione dei microrganismi patogeni eventualmente presenti.

In tabella 18 sono riportati i tempi massimi di mantenimento a 5°C per alimenti facilmente alterabili, ricordando però che in casa questa temperatura è facilmente superata, il che riduce i tempi indicati, con possibili rischi per la salute.

Nella conservazione a temperature controllate di 4-5°C, si ha sicuramente, nella maggior parte dei casi, un rallentamento della riproduzione dei microrganismi e della produzione di tossine, con esclusione dei microrganismi psicotrofi o psicotolleranti (tab. 19).

Dalla tabella si può notare che molti agenti batterici di tossinfezione alimentare possono a 8-10°C moltiplicarsi entro 4-5 gg fino a livelli che possono causare malattia.

Il rischio di tossinfezione alimentare è però ridotto in quanto non solo i germi patogeni subiscono un notevole allungamento della lag fase e del tempo di generazione, ma anche perché interviene prima il deterioramento da batteri psicotrofi e da agenti non microbici.

Gli alimenti altamente deperibili come il pesce e gli altri prodotti della pesca devono essere conservati a temperature tra 0 e 2°C o a temperatura del ghiaccio per ritardare il deterioramento ed inibire la moltiplicazione di patogeni psicotrofi come il *C. botulinum* tipo E.

Questa temperatura consente il controllo di *Listeria monocytogenes*.

Nel caso delle carni l'abbassamento della temperatura alla superficie della carcassa, immediatamente dopo la macellazione, rallenta la moltiplicazione dei microrganismi deterioranti e consente il raggiungimento nelle parti più profonde di temperature sufficientemente basse da impedire la moltiplicazione di microrganismi patogeni eventualmente presenti.

Infatti, nonostante le norme igieniche applicate durante la macellazione e la successiva preparazione delle carcasse, è inevitabile una certa contaminazione.

Per definizione una carne refrigerata è una carne avente una temperatura a cuore inferiore a 7°C, ma superiore al suo punto di congelamento.

Il limite massimo adottato nei paesi CEE è +7°C per le carni rosse e + 4°C per le carni avicole, più deperibili, ma normalmente si adottano temperature inferiori per garantire una migliore conservabilità.

Il raffreddamento della carcassa, necessario per misure igieniche e per il mantenimento delle caratteristiche sensoriali, causa perdite per evaporazione con diminuzione del peso. La temperatura deve scendere molto rapidamente a valori di sicurezza a partire da valori prossimi a + 40°C, ma l'abbassamento troppo rapido subito dopo la macellazione può provocare la contrazione da freddo con indurimento irreversibile della carne (vedi lezione n. 4).

La refrigerazione delle carcasse è effettuata nei macelli moderni in locali attigui a quelli della linea di macellazione.

Perdite di peso: l'evaporazione dell'acqua dagli strati superficiali della carcassa causa perdite di peso che possono essere anche del 2%, ma che, con opportuna tecnologia del freddo, possono essere contenute entro 1 – 1,5%. L'entità della perdita di peso dipende dalle caratteristiche dell'aria impiegata (temperatura, umidità, velocità, movimento) e da fattori della carne stessa, quali l'ampiezza e la natura della superficie esposta, cioè se rivestita da cotenna, vello o pelle, e la qualità della carne (ad esempio condizioni PSE o DFD).

L'abbassamento della umidità relativa dell'ambiente di refrigerazione al di sotto del valore di 95% dà indubbi vantaggi nel ritardare il deterioramento batterico, ma condizioni di umidità relativa troppo basse provocherebbero un eccessivo essiccamento superficiale ed un'eccessiva perdita di peso.

Nel metodo di refrigerazione classico, poco utilizzato attualmente, le perdite di peso sono proporzionali alla differenza tra la pressione di vapore nelle parti più calde (interne) e quella alla superficie, che è uguale a quella della cella.

Più lentamente viene abbassata la temperatura della carcassa, più essudato arriverà in superficie dagli strati sottostanti, prima che la differenza di pressione giunga all'equilibrio.

L'acqua portata in superficie viene asportata per evaporazione dalla corrente d'aria. Essendo una tecnica lenta, per ragioni igieniche ed economiche è una tecnica da abbandonare.

La figura 1 mostra la refrigerazione lenta di carcasse suine, quando la T è portata gradualmente a 4°C in 18 ore con l'aiuto di aria a +2°C. Le perdite di peso sono proporzionali alla differenza tra pressione di vapore

nelle parti più interne e calde e la pressione di vapore della camera fredda, cioè alla superficie. Più lentamente la T della carcassa viene abbassata e più del succo di carne arriverà alla superficie dalle zone più interne, prima che la differenza tra le pressioni del vapore interna ed esterna giunga all'equilibrio. Man mano che l'acqua della carne arriva in superficie, questa viene asportata dalla circolazione dell'aria e fatta depositare sull'evaporatore. L'area tratteggiata mostra la differenza di pressione di vapore in funzione del tempo e rappresenta la perdita di peso.

Il metodo di refrigerazione rapida è applicato a mezzene di suino destinate all'immediato sezionamento o alla spedizione. E' comunque un metodo rischioso per i tempi necessari ad arrivare a cuore a temperature di sicurezza, per cui le condizioni d'impiego (aria da  $-1^{\circ}\text{C}$  a  $+2^{\circ}\text{C}$ , con umidità relativa 85-90%, velocità dell'aria 2-4 m/sec) sono applicate per il primo tempo di pre-raffreddamento nel metodo ultrarapido.

Il metodo di raffreddamento ultrarapido consiste nel raffreddare la carne in due tempi.

Nella prima fase, si invia aria molto fredda ( $-5^{\circ}$  /  $-8^{\circ}\text{C}$ ) e ad alta velocità ( $\geq 5$  m/sec) sulla carne, condizioni che causano uno shock termico ai microrganismi che contaminano la superficie, la cui crescita è bloccata rapidamente, e la formazione di una crosta superficiale, dovuta all'asciugatura per la velocità dell'aria. Lo strato superficiale più secco rallenta l'ulteriore evaporazione per effetto barriera ed ha una  $a_w$  più bassa, con effetto inibente nei confronti della microflora deteriorante di superficie. Questo periodo dura nel suino 90 – 120 minuti e la temperatura superficiale raggiunta è di circa  $2^{\circ}\text{C}$ .

Nella seconda fase l'aria è portata a  $0^{\circ}\text{C}$  e la velocità ridotta a 0,1 – 0,3 m/sec; le differenze di temperatura tra superficie esterna e interna si riducono fino ad equilibrarsi, senza perdite di peso apprezzabili (circa 0.5%).

Con questo metodo occorre evitare il rischio di congelamento nelle carni bovine non protette da grasso, cotenna o vello.

Osservare nel grafico le curve di refrigerazione per la carne bovina, valide anche per le carni ovine.

La figura 2 mostra una refrigerazione dove le carcasse suine sono subito sottoposte a refrigerazione shock in aria a  $-6^{\circ}\text{C}$  (temperatura di evaporazione circa  $-15^{\circ}\text{C}$ ) finché la T superficiale si porta a  $0^{\circ}\text{C}$ . Le carcasse ricevono una refrigerazione complementare in aria a  $+2^{\circ}\text{C}$  (T di evaporazione di circa  $-5^{\circ}\text{C}$ ) con una circolazione d'aria moderata per 4-5 ore. Infine sono lasciate in aria a  $+2^{\circ}\text{C}$  per uniformare a  $4^{\circ}\text{C}$  l'aria moderata per 4-5 ore. Infine sono lasciate in aria a  $+2^{\circ}\text{C}$  per uniformare a  $4^{\circ}\text{C}$  la T di tutta la carcassa in 18 ore. L'aria tratteggiata che indica la differenza di pressione di vapore tra interno e superficie della carcassa e corrispondente alla perdita di peso è considerevolmente diminuita per questo tipo di refrigerazione che ha ridotto la T di superficie a  $0^{\circ}\text{C}$  e la T media di tutta la carcassa a  $+12^{\circ}\text{C}$  in 90' e non in 9 ore come nel primo caso.

Per la refrigerazione ultrarapida ci sono due tipi di impianto:

1. Negli impianti del primo tipo tutte e due le fasi si svolgono nello stesso locale, cambiando le condizioni di temperatura e velocità dell'aria.
2. Nel secondo tipo, il tempo di shock si svolge in un tunnel, mentre la refrigerazione di equilibratura avviene in un locale diverso, il tutto con una maggiore velocità di caricamento.  
Se la circolazione dell'aria non è ottimale si possono sviluppare clostridi.

La fig. 4 è un esempio del primo tipo, un macello capace di 1000 suini/giorno (135 suini/ora per 7,5 ore) l'impianto comprende 5 locali freddi con capacità unitaria di 200 suini, corrispondenti a circa 2 ore di macellazione. Il caricamento è a mano e il raffreddamento shock inizia quando il locale è pieno. Il locale è preraffreddato a  $-15^{\circ}\text{C}$  (senza ventilazione) per controbilanciare la perdita di tempo e la perdita di peso del suino, limitando l'evaporazione dell'umidità alla superficie dei suini durante il riempimento. Durante il riempimento la carcassa si raffredda di  $2,3^{\circ}\text{C}$  e la T del locale si alza a  $-6^{\circ}\text{C}$ . A riempimento avvenuto si inseriscono i ventilatori con ricambio 300 volte/ora. La refrigerazione shock termina dopo 90', quando la T in superficie è di  $0^{\circ}\text{C}$  e la T interna è di circa  $10-15^{\circ}\text{C}$ . Segue la refrigerazione complementare per 4-5 ore a  $+2^{\circ}\text{C}$  con 15 cambi d'aria /ora e infine si riduce la circolazione d'aria a 5 cambi/ora. La velocità può essere lenta perché la crescita batterica e l'evaporazione superficiale sono praticamente bloccate. Le carcasse sono sospese in modo fisso. Ogni camera deve essere equipaggiata di ogni strumentazione in modo autonomo.

La fig. 5 è un esempio del secondo tipo; le carcasse suine circolano sospese nel tunnel, il convogliatore meccanico su rotaia è sincronizzato con la catena di macellazione. Dopo 90' di refrigerazione shock a  $-6^{\circ}\text{C}$  con  $H_u$  rel. 90-95 % e 300 cambi aria/ora, le carcasse lasciano il tunnel una alla volta trasportate sia manualmente, sia con un convogliatore verso la camera fredda di post refrigerazione ed il raffreddamento è portato a termine come nel primo tipo. Economicamente questo secondo tipo è preferibile anche per l'eliminazione del tempo di caricamento iniziale.

La fig. 9 mostra un impianto di refrigerazione shock per carcasse bovine con capacità di 80 carcasse. La T è mantenuta a 0°/+3°C con 150 cambi aria/ora al massimo essendo non protette da grasso. In 4 ore la T di superficie scende 0°C, poi le carcasse sono convogliate alla refrigerazione complementare a 0°C con 50 cambi aria/ora per 8 ore, suddivise su 4 linee. Il mattino successivo le carcasse sono pronte per il sezionamento in quarti.

La fig. 10 mostra un tunnel di prerefrigerazione in un macello bovino, capace di 200 bovini/giorno e dotato di 4 tunnel in parallelo. Ogni tunnel ha tre rotaie che ricevono le carcasse che avanzano automaticamente di 70 cm ad ogni ingresso dalla sala di macellazione. La prima zona del tunnel è a -2°/0°C e 150 cambi aria/ora, poi la T sale a 0°/+2°C e 50 cambi aria/ora. Il percorso dura 8 ore, poi le carcasse sono sezionate in quarti e messe in camera fredda di stoccaggio ad equilibrare la T o lasciate nel tunnel tutta la notte.

La fig. 11 mostra un tunnel di prerefrigerazione in 4 zone su un convoglio in continuo. La T scende da -3°C di un grado per zona fino a 0°C e i cambi d'aria/ora scendono da 150 a 25. L'ultima figura mostra la circolazione dell'aria attorno alla carcassa.

Indicazioni generali valide per tutti i metodi e tipi di carne

Un fattore molto importante ai fini del raffreddamento uniforme della carne e in tutti i punti della cella è la circolazione dell'aria. Nonostante la circolazione forzata si possono avere sacche di aria stagnante, zone a velocità diverse della corrente d'aria, con conseguente cattiva refrigerazione delle parti a spessore superiore. Occorre verificare ai fini del risultato:

- la temperatura dell'aria di raffreddamento di ritorno;
- la temperatura delle carcasse in profondità ed in superficie, a campione;
- la spaziatura tra le carcasse;
- la manutenzione dei condensatori, l'igiene dei locali;
- l'aspetto delle carcasse (colore, aree umide).

Nei polli il raffreddamento può essere fatto con acqua o con aria.

Il raffreddamento con acqua consiste in vasche poste in serie contenenti acqua raffreddata meccanicamente o addizionata di ghiaccio nelle quali trovano posto centinaia di carcasse di polli. L'acqua scorre continuamente da una vasca all'altra e un sistema a vite senza fine spinge lungo la serie di vasche le carcasse in controcorrente rispetto al flusso dell'acqua, oppure nel senso opposto. Il sistema in controcorrente (richiesto dalla CE) è più igienico perché le carcasse incontrano acqua sempre pulita. La temperatura d'entrata non deve superare all'ingresso i 16°C e all'uscita i 4°C. L'acqua è in genere clorata, fatto che contribuisce ad abbassare la flora microbica superficiale. Il lavaggio di per sé può ridurre la carica microbica se l'impianto è condotto in modo igienico, ma se le condizioni dell'impianto di raffreddamento sono igienicamente scarse, il sistema può peggiorare la situazione. Il sistema con raffreddamento ad aria è preferito in Europa per polli da vendersi refrigerati.

Nei polli è stato usato anche il sistema a spray con azoto liquido, ora poco frequente.

Il metodo di raffreddamento ha un effetto significativo sul livello  $a_w$  e perciò sulla velocità di crescita batterica. Nei polli raffreddati ad aria  $a_w$  è di 0.97 rispetto al valore di 0.996 dei polli raffreddati ad acqua, ma nel primo caso, se il pollo è confezionato, l' $a_w$  sale in due ore a 0.990.

Di recente, il pollame (specialmente i tacchini) è mantenuto a -2°C, temperatura a cui la carne non congela, con significativa diminuzione di  $a_w$  e allungamento della vita commerciale. In queste condizioni i lieviti costituiscono una quota significativa della microflora.

### Conservazione

Una volta raggiunta la temperatura di refrigerazione inizia la fase di conservazione o mantenimento alla temperatura. Questa fase sarà più o meno breve a seconda del regime di temperatura e a seconda del tipo di carne. La vita commerciale è limitata dalla crescita microbica. Quando la conta batterica totale arriva a circa  $10^7$  /cm<sup>2</sup> iniziano ad essere percepibili odori anomali, a conte di  $10^8$  si evidenzia della mucosità superficiale, ma talvolta conte superiori non sono accompagnate da segni visibili di deterioramento.

In generale il deterioramento segue lo stesso modello nelle carni di specie diversa, pur con differenze che non sempre permettono di estrapolare i risultati ottenuti in una specie carnea ad un'altra.

La microflora deteriorante è dominata da batteri bastoncellari Gram negativi psicrotrofi, aerobi, principalmente dei generi *Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Psychrobacter*. I più importanti sono gli *Pseudomonas*, che trovano negli alimenti proteici a bassa temperatura l'ambiente ideale.

Altri batteri sono presenti in piccolo numero e costituiscono occasionalmente una parte importante della flora microbica.

*Brochothrix thermosphacta* è più presente su carne di suino e agnello che su quella bovina e può essere favorita dal grasso che ha un pH più alto. Infatti, temperature sopra i 6°C e pH sopra 6,5 favoriscono *Br. thermosphacta*, probabilmente insieme ad altri fattori favorevoli.

Il ruolo dei lieviti nel deterioramento delle carni fresche è limitato, le muffe sono state deterioranti importanti su carcasse conservate a lungo appena al di sopra del punto di congelamento, ma nella conservazione moderna sono meno importanti.

Il modello di deterioramento riflette l'attività metabolica dei microrganismi dominanti; le analisi G.C. e Gas-massa indicano un insieme molto complesso di composti comprendente esteri, composti solforati, chetoni, alcool ramificati, idrocarburi insaturi, aldeidi.

La microflora dei polli eviscerati conservati in aria a 4°C è simile a quella delle carni rosse; la crescita avviene dapprima alle superfici di taglio e nei fori delle penne.

## CONSERVAZIONE MEDIANTE IL FREDDO REFRIGERAZIONE

Scopo: rallentare la moltiplicazione dei m.o. deterioranti

impedire la moltiplicazione dei m. patogeni eventualmente presenti

### REFRIGERAZIONE DELLE CARNI

Si svolge in due fasi:

- raffreddamento fino alla temperatura desiderata
- conservazione o mantenimento del prodotto alla temperatura ottenuta.

La refrigerazione si conduce tra due rischi:

- la proliferazione batterica (raffreddamento troppo lento)
- difetto di qualità (raffreddamento troppo rapido)

Conseguenze della refrigerazione:

- cold-shortening
- perdite di peso per evaporazione (circa 1-1,5 %) dovute a:

aria:            temperatura  
                  umidità  
                  velocità  
                  movimento

carne:            ampiezza superficie esposta  
                  natura superficie  
                  qualità

## TECNICHE DI REFRIGERAZIONE (principali)

METODO CLASSICO: cella a 0-4°C, umidità relativa 95 %, ventilazione a velocità 2 m/sec

tempo richiesto : 18-24 ore nel suino.  
svantaggio: lenta e costosa con rischio igienico

METODO RAPIDO: temperatura aria -1/ +2°C, umidità relativa 85-90 %, velocità 2-4 m/sec;

Mezzene di suino in 12 ore a 5-8°C : è possibile il trasporto ed il sezionamento e la trasformazione. Carcasse: 12 -16 ore +4°C a cuore.

Carcasse di bovino in 18-24 ore a 4°C.

Metodo usato ora per preraffreddare per 90' prima della refrigerazione ultrarapida.

## METODO ULTRARAPIDO o REFRIGERAZIONE SHOCK

Si svolge in due tempi:

1) temperatura aria - 5/-8°C o inferiore, velocità 5 o più m/sec, umidità relativa 90%.  
Scopo: causare uno shock termico ai m.o. bloccando rapidamente la crescita batterica superficiale.  
Si forma una crosta superficiale che rallenta l'ulteriore evaporazione.

2) aria a 0°C, velocità aria debole 0,1-0,3 m/sec.  
In questo periodo le differenze tra temperatura di superficie e interno si riducono senza perdite di peso apprezzabili (0,5 %).  
Carcasse suino a 4°C in 8-12 ore  
Carcasse bovino a 4°C in 12-18 ore.

E' possibile ridurre ancora i tempi ma con rischio di diminuire la tenerezza delle carni bovine e ovine per contrattura da freddo.

Per le carni bovine c'è anche il rischio del congelamento non essendo protette dallo strato di grasso.

Limiti di legge:

Decreto legislativo 18.4.1994 n.286, attuazione delle direttive 91/497/CEE e 91/498/CEE concernenti problemi sanitari in materia di produzione ed immissione sul mercato di carni fresche (G.U. n.111 11.5.1994, s.o.)

Le carni fresche devono essere sottoposte a refrigerazione subito dopo l'ispezione post mortem ed essere mantenute costantemente a una temperatura interna inferiore o pari a +7°C per le carcasse e loro parti e +3°C per le frattaglie.

Le carni congelate devono raggiungere una temperatura interna inferiore o uguale a -12°C ed essere poi immagazzinate a temperature non superiori

Decreto ministeriale 23.11.1995 Modificazioni al decreto legislativo 18.4.1994, n. 286. (G.U. n.303 30.12.1995, s.o.)

Durante le operazioni di sezionamento, disossamento, confezionamento ed imballaggio, le carni devono essere mantenute costantemente ad una temperatura interna inferiore o uguale a +7°C; il fegato, reni e testa ad una temperatura  $\leq$  +3°C e ugualmente anche durante operazioni di affettatura, spezzettatura; durante il sezionamento la temperatura del locale non deve superare i 12°C.

D.P.R. 17.10.1996, n.607 Regolamento recante norme per l'attuazione della direttiva 92/45/CEE relativa ai problemi sanitari e di polizia sanitaria in materia di uccisione di selvaggina e di commercializzazione delle relative carni (G.U.25.11.1996, n.280)

Dopo l'ispezione post mortem, le carni di selvaggina devono essere refrigerate o congelate e mantenute ad una temperatura che non deve mai superare 4°C per la selvaggina piccola e 7°C per quella grossa se sono refrigerate e -12°C se sono congelate.

D.P.R. 10. 12.1997, n.495 Regolamento recante norme di attuazione della direttiva 92/116/CEE che modifica la direttiva 71/118/CEE relativa a problemi sanitari in materia di produzione e immissione sul mercato di carni fresche di volatili da cortile (G.U: n.20 del 26.1.98)

Mantenimento a non più di +4°C se refrigerate, a non più di -12°C se congelate.  
Queste temperature non possono essere superate durante tutta la durata del trasporto.