

AGR - VET 12 - TRATTAMENTI TERMICI: STERILIZZAZIONE e PASTORIZZAZIONE

docente Patrizia Cattaneo

Riferimenti bibliografici:

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

Alimenti, microbiologia e igiene, Kramer & Cantoni, OEMF Milano, 1994

Handbook of Food Preservation. M. Shafiur Rahman, Marcel Dekker, Inc. New York - Basel, 1999 (1/367, 4193)

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

Technologies des produits charcuterie et des salaisons, Paule Durand coord., Editions Tec & Doc, 1999

Introduzione

I tre risultati principali da ottenere nella cottura degli alimenti carnei sono: la stabilizzazione microbiologica del prodotto, lo sviluppo delle sue caratteristiche sensoriali (colore, struttura, consistenza, sapore, aroma), ma anche la limitazione degli effetti d'una cottura eccessiva (perdite di materia, degradazione delle caratteristiche sensoriali del prodotto).

Questi dipendono da:

- scelta d'un metodo di cottura adatto al tipo di prodotto e alle sue caratteristiche sensoriali, tecnologiche (resa, tenuta ecc.) o commerciali (prodotto venduto intero, a tranci o affettato);
- organizzazione del trattamento termico, nel rispetto di certe regole di base;
- definizione del protocollo di riscaldamento adattato secondo l'evoluzione delle temperature in superficie e a cuore del prodotto, che condiziona il livello di stabilizzazione microbiologica e l'evoluzione delle caratteristiche tecnologiche e sensoriali.

Devono essere controllate le condizioni di riscaldamento (verifica del tempo e temperatura applicati; verifica dell'evoluzione delle temperature di superficie e a cuore in modo da ottenere il valore di pastorizzazione o di sterilizzazione) e i parametri tecnologici prima e dopo la cottura.

Il trattamento termico viene quindi scelto sulla base:

- della natura delle carni,
- della composizione e della microflora delle carni e degli altri ingredienti,
- tempo di conservazione del prodotto.

Stabilizzazione microbiologica

La contaminazione microbiologica al momento del trattamento determina la durata della vita commerciale del prodotto finito e, di conseguenza, la sua data limite di consumo. La cottura è spesso usata (erroneamente) come un mezzo per correggere errori commessi nel corso delle fasi preparatorie (cattiva manipolazione e cattiva igiene). Malgrado ciò, nelle condizioni normali di produzione, la distruzione microbica ottenuta nel corso della produzione resta il principale fattore di stabilizzazione.

I parametri di distruzione sono generalmente ben noti, specialmente il livello di temperatura e la durata di mantenimento di una temperatura letale.

La curva di distruzione di un microrganismo (evoluzione del numero dei sopravvissuti in funzione del tempo, ad una temperatura data) può presentarsi con diversi andamenti. Esistono più tipi di curve: andamento logaritmico, approssimativamente logaritmico preceduto da una fase di latenza convessa, andamento approssimativamente logaritmico completato da una fase finale di rallentamento corrispondente a un tasso debole di sopravvissuti, andamento con curva interamente concava.

Tenere conto di tutto, in presenza di una microflora mista, è impossibile nella pratica, per cui si suppone che la microflora segua un andamento logaritmico, cioè che la popolazione batterica presenti una termoresistenza omogenea.

Termoresistenza dei microrganismi

Esiste per ogni microrganismo una temperatura massima oltre la quale si osserva arresto della attività metabolica, poi della moltiplicazione; seguono danni irreversibili e quindi la morte.

Nell'ordine, la resistenza aumenta da: psicrofili, psicotrofi, mesofili e termofili.

I fattori che influenzano la resistenza al calore, oltre al tipo di microrganismo, sono:

- Temperatura ottimale di moltiplicazione.
- Tempo e temperatura del trattamento.
- Presenza di forme vegetative, e/o di spore.
- Fase di crescita alla quale si trovano i microrganismi (fase di moltiplicazione logaritmica).
- Numero iniziale dei microrganismi, perchè si osserva una maggior resistenza al calore e ad altri agenti dannosi con una popolazione microbica numerosa per la formazione di agglomerati.
- Le caratteristiche del substrato: contenuto in grassi, proteine, carboidrati, sali, il pH, valore a_w , presenza di additivi e antimicrobici influenzano la termoresistenza dei microrganismi (es. il grasso crea un ambiente protettivo tipo quello del calore secco; la presenza di polifosfati aumenta la termoresistenza di *Enterococcus faecalis*).
- Il tipo di trattamento termico: a parità di temperatura, l'efficacia della riduzione della popolazione microbica è maggiore con calore umido rispetto al calore secco (es. con calore umido in 4-10' a 120°C si ha distruzione delle spore di *C. botulinum*, mentre con calore secco occorrono 120').

La maggior parte dei microrganismi tossici sono mesofili (Salmonella, Botulino, *C. perfringens*, *S. aureus*. Mesofili sono anche le enterobatteriacee e la maggior parte dei Gram +, come specie di *Bacillus*, *Micrococcus*, lattici. Poche specie appartengono al gruppo dei termofili: tra queste alcune specie dei generi *Bacillus* e *Clostridium* le cui spore sono particolarmente resistenti e possono resistere anche alla sterilizzazione. Ad esempio sopravvivono più ore a 100°C mentre il trattamento a 120 °C per più minuti le uccide (o anche a 130°C se sono specie termofile).

Altre specie di *Bacillus* e *Clostridium* e alcune muffe sono termotolleranti.

La maggior parte dei batteri vegetativi è uccisa a temperatura tra 55 e 65 °C.

Lieviti, muffe e spore di muffe sono in genere termosensibili come i batteri vegetativi e sono distrutti a partire dai 55 °C; fanno eccezione le ascospore di alcuni ceppi fungini o forme stabili come gli sclerozoi che resistono a temperature più alte, in particolare le ascospore di *Byssoclamys*.

Parametri di termoresistenza batterica

La distruzione effettiva dei microrganismi in forma vegetativa inizia a circa 55°C. Si esplica con riduzioni successive del 90 % della popolazione nei microrganismi presenti. Ad una data temperatura T, l'intervallo di tempo necessario per ottenere una tale riduzione (ad un decimo, pari al 90%) si chiama **tempo di riduzione decimale**. Si indica con D_T e si esprime in minuti (anche ore e secondi). D_T è costante per ogni divisione successiva, a una certa temperatura, e varia in funzione della temperatura.

La figura 1 caratterizza la relazione tra il tempo di riscaldamento e il numero di microrganismi sopravvissuti (Cinetica di distruzione d'una popolazione microbica e determinazione del tempo di riduzione decimale). D_T caratterizza la termoresistenza dei

microorganismi e la comparazione tra le termoresistenze dei vari microorganismi si basa sul confronto tra i relativi valori D_T , alla stessa temperatura, detta temperatura di riferimento. C'è un rapporto costante tra numero di microorganismi ed il tempo di applicazione. Il numero di microorganismi che sopravvive al riscaldamento varia in modo inversamente proporzionale alla durata del trattamento, secondo una relazione logaritmica.

La distruzione dei microorganismi non avviene quindi di colpo, bensì esponenzialmente e poiché dopo ogni tempo D di riscaldamento, ad una temperatura T , il numero di microorganismi si riduce ad un decimo, ne risulta che non si può arrivare alla sterilità assoluta, si parla piuttosto di sterilità pratica.

D è una costante di tempo per un dato microorganismo, in condizioni standard e a temperatura definita.

Per ogni microorganismo si può costruire una curva, rettilinea su scala semilogaritmica, detta curva di sopravvivenza, valutando il tempo di riscaldamento necessario ad abbatte il numero di una potenza di 10.

I tempi D sono calcolati su colture pure nelle condizioni più favorevoli alla loro sopravvivenza (terreni di coltura, pH neutro, assenza di sostanze inibenti) e partendo da cariche di molto superiori a quelle riscontrabili nella realtà e simulanti condizioni igieniche pessime.

Inoltre i prodotti carnei trattati al calore sono anche addizionati di NaCl e quasi sempre di nitrito.

D è calcolato con la formula seguente, da cui si desume che più un microorganismo è resistente al calore e più è alto D , ad una certa temperatura costante, che deve essere indicata sotto forma di indice.

$$D = \frac{t}{\log a - \log b} \quad \text{ove: } a = \text{numero iniziale e } b = \text{numero finale di microorganismi}$$

$t = \text{durata in minuti del trattamento termico}$

Se la temperatura di riferimento per la sterilizzazione è 250 °F, pari a di 121,1 °C ($D_{121,1^\circ\text{C}}$), esistono però trattamenti a temperature diverse, ad esempio a 111,1 °C ($D_{111,1^\circ\text{C}}$).

Per trattamenti di pastorizzazione la temperatura di riferimento è in genere 70°C ($D_{70^\circ\text{C}}$), ma si avranno temperature diverse secondo il tipo di prodotto con $D_{60^\circ\text{C}}$, $D_{65^\circ\text{C}}$, $D_{72^\circ\text{C}}$, ecc.

In tabella 1 (Barraud, 1993) sono riportati i tempi di riduzione decimale a 70°C di alcuni microorganismi patogeni. La termoresistenza di questi patogeni è molto inferiore a quella di *Streptococcus faecalis*, germe caratteristico della distruzione ottenuta con la cottura, però le condizioni di cottura non garantiscono la sicurezza perché anche un piccolo numero di patogeni sopravvissuti potrebbe produrre tossine.

Tabella 1:

Microrganismo	D_{70} (minuti)
<i>Campylobacter jejuni</i>	0,0001
<i>Escherichia coli</i>	0,001
<i>Listeria monocytogenes</i>	0,3
<i>Salmonella</i>	0,001 -0,01
<i>Staphylococcus aureus</i>	0,1
<i>Vibrio cholerae</i>	0,3
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	0,001
<i>Yersinia enterocolitica</i>	0,01

Isoterme di uccisione - Figura 1bis

Il grafico mostra le isoterme di uccisione di due microrganismi di riferimento aventi diversa resistenza al calore, il *C. botulinum*, germe guida contro le intossicazioni alimentari (D a 121,1°C = 0,21 minuti) e il *C. sporogenes*, germe guida per la protezione dal deterioramento (D a 121,1°C = 1 minuti).

Le due rette mostrano il diverso comportamento per la diversa resistenza al calore (a 121,1°C). In questo caso il numero di germi di *C. sporogenes* viene ridotto del 90% per effetto di un trattamento a 121,1 °C per 1 minuto (da 100 a 10). La riduzione del 90% di *C. botulinum* alla stessa temperatura richiederà solo 0,21 minuti.

Influenza della temperatura di riscaldamento

Qualsiasi sia il microrganismo considerato, un aumento di temperatura causa una diminuzione dei tempi necessari per la distruzione; l'aumento di temperatura necessario per ridurre la costante D di 10 volte è detto valore z ed è espresso in °C, costante che varia con il ceppo batterico ed è compreso in genere tra + 5° e + 15°C, (figura 2).

Esempi di valori z per alcune specie microbiche:

- Batteri, lieviti, funghi da 4,4 a 6,6°
- Spore di *Clostridium* e *Bacillus* da 3° a 30°
- *C. sporogenes*, ceppo campione da 8,7 a 11,39°
- *C. botulinum* tipo A da 8,2 a 9,6°

La resistenza al calore (D, z) è proprietà specifica del ceppo. Dipende da:

- stato delle cellule (in fase logaritmica resistenza è minore).
- substrato (pH, a_w , sostanze protettive). A valori di pH da 6 a 8 c'è la massima resistenza; più basso è il pH e minore è la termoresistenza, più bassa a_w e maggiore è la termoresistenza.

Importanza del livello iniziale di contaminazione

Un trattamento termico ha per obiettivo la riduzione della contaminazione ad un livello sufficientemente basso da assicurare la stabilità del prodotto per tutta la sua durata di vita commerciale. Corrisponde ad un dato livello di distruzione, cioè a un certo numero di riduzioni decimali.

In figura 3 è rappresentata l'evoluzione del numero di microrganismi sopravvissuti, per un dato tempo e temperatura, in funzione del livello di contaminazione iniziale (curva di sopravvivenza).

Il grafico dimostra che con un n. minore di microrganismi, a parità di tempo di riscaldamento, si arriva ad un numero inferiore di microrganismi.

Vedi curva A, da 1000 a 10 e curva B da 10000 g/g a 100, sempre con un tempo pari a 2 D. Si ricava che non è teoricamente possibile raggiungere la sterilità assoluta e che c'è un rapporto costante tra numero di microrganismi e tempo.

Il tempo necessario ad uccidere un determinato ceppo microbico (con un dato D e a temperatura costante) è tanto più lungo quanto maggiore è il numero di microrganismi iniziale, cioè la contaminazione dell'alimento in partenza.

Calcolo del valore F di un processo o valore di sterilizzazione

Essendo impossibile la distruzione totale di una popolazione batterica, si deve definire un tasso di distruzione con un margine di sicurezza accettabile, sia per i prodotti sterilizzati che per i pastorizzati.

Una popolazione microbica è ridotta alla n^{esima} riduzione decimale, per mezzo di un trattamento termico della durata di n volte D . Il tempo necessario per ottenere un tasso di riduzione n è dato dalla: $T = n \times D$

Un dato trattamento termico, applicato ad un dato prodotto, in condizioni note, è caratterizzato dal valore di sterilizzazione F di quel trattamento.

F è il tempo in minuti alla temperatura di riferimento di 121,1°C che assicura la riduzione decimale della popolazione iniziale nel prodotto finale, secondo l'equazione: $F = n \times D_{121,1^\circ\text{C}}$

Per F_0 si intende il numero di minuti in cui, a 121,1°C, viene raggiunto un effetto letale sul **germe guida**, equivalente alla somma degli effetti letali dell'intero processo di sterilizzazione.

Il valore F si riferisce ad una data temperatura, posta a pedice e ad un valore z posto in apice. Per conserve debolmente acide si parte da valori di $z = 10^\circ\text{C}$.

Per i cibi a bassa acidità $\text{pH} > 4.5$ si richiedono temperature superiori a 100°C, di solito nell'intervallo 115°- 130°C, per avere almeno una riduzione di 12 log delle spore di *C. botulinum*.

Le pratiche correnti tendono ad usare temperature superiori per tempi più brevi.

Tempi più brevi e temperature più alte permettono di ottenere prodotti con caratteristiche nutrizionali e sensoriali migliori.

Protezione contro le intossicazioni alimentari: Germe guida *Clostridium botulinum* (conserve debolmente acide)

Nel calcolare i valori di sterilizzazione il germe di riferimento è il *Clostridium botulinum*, il più pericoloso agente di intossicazione alimentare, le cui spore anaerobiche hanno la più forte termoresistenza tra i patogeni. La distruzione delle spore dei microrganismi aerobi non è necessaria poiché il contenuto delle conserve è impoverito di ossigeno. Si stima che si ottenga un margine di sicurezza sufficiente se il trattamento termico è calcolato in modo di ottenere una riduzione di 10^{12} del numero di spore: **concetto 12 D**. Il valore di sterilizzazione minimo per ottenere questo risultato sarà:

$$F_0 = 12 \times 0,21 \text{ minuti} = 2,52 \text{ minuti (3 minuti)}.$$

Se si considera realistica l'ipotesi che possa essere inizialmente presente 1 spora per contenitore, un trattamento $F_0 = 3$ farà scendere la contaminazione a 1 spora ogni 1000 miliardi di contenitori.

Protezione contro il deterioramento: Germe guida *Clostridium sporogenes* (alimenti debolmente acidi)

Alcuni batteri non patogeni possiedono una termoresistenza superiore a quella delle spore del *C. botulinum* e costituiscono un rischio di alterazione delle conserve in quanto sono spesso presenti in gran numero negli alimenti. Per raggiungere l'obiettivo della stabilità delle conserve è quindi necessario evitare che le loro spore possano germinare; parallelamente si raggiunge (anzi si supera) l'obiettivo primario di evitare le intossicazioni alimentari.

Se si ritiene adeguato un obiettivo 4D, partendo da una ipotetica presenza di 10^4 spore /contenitore, il trattamento minimo sarà: $F_0 = 4 \times 1 \text{ minuto} = 4 \text{ minuti}$ a 121,1 °C ($D_{121,1^\circ\text{C}} =$ da 1 e fino a 1,5 minuti).

Una protezione contro il deterioramento di conserve per paesi tropicali sarà calcolata riferendosi al germe guida *B. stearothermophilus* ($D_{121,1^\circ\text{C}} =$ da 4 a 5 minuti), e se sarà ritenuto sufficiente un obiettivo 4 D, F_0 sarà in media: $F_0 = 4 \times 4,5 \text{ minuti} = 18 \text{ minuti}$ a 121,1 °C.

Determinazione del valore di sterilizzazione di un trattamento termico

Il rilevamento dell'evoluzione della temperatura a cuore del prodotto per tutto il tempo permette di calcolare il valore F effettivamente applicato. L'effettivo trattamento termico subito da un prodotto deriva da tutti gli effetti letali causati sia nel periodo di salita della

temperatura, sia nel tratto di raffreddamento, dopo il raggiungimento della temperatura a cuore stabilita

A livello industriale si calcola automaticamente il valore di sterilizzazione F di un dato trattamento termico, mediante rilevazione delle temperature a cuore del prodotto o contenitore fatta con apposite sonde inserite in campioni test. Il segnale raccolto dalle sonde, ad ogni minuto o intervallo di tempo, è inviato ad un calcolatore con un software che produce una curva di processo.

E' comunque possibile calcolare F da apposite tabelle che riportano i valori F parziali corrispondenti ad ogni temperatura applicata per 1 minuto per la distruzione del **C. botulinum**. Si determina per ogni temperatura dell'intervallo da + 100°C al massimo raggiunto, e da questo a + 100°C raggiunti in raffreddamento, il valore parziale di F corrispondente (ad esempio 1' a 115°C corrisponde a 0,245 minuti a 121,1°C), si sommano i valori F parziali ottenendo F del processo (vedi figura).

I prodotti ottenuti con un trattamento di sterilizzazione sono definiti **conserve**, sono caratterizzati dall'essere contenuti in recipienti ermetici e dal fatto che sono conservabili a temperatura ambiente.

Fattori che influenzano la riuscita della sterilizzazione:

La penetrazione del calore dall'esterno del recipiente verso l'interno avviene in due modi:

- 1) per conduzione (alimenti solidi): il calore si trasmette per gradi, da una particella di prodotto all'altra.
- 2) per convezione (alimenti liquidi): il calore si trasmette in un mezzo liquido o gassoso per i movimenti o correnti del liquido (o del gas). Le correnti di convezione sono provocate dal riscaldamento della parte periferica del liquido che acquistano una densità più bassa rispetto alle particelle interne meno calde. Ne risulta un movimento ascendente di questa parte del liquido che continua per tutta la durata dell'aumento di temperatura. Il rimescolamento permette un rapido aumento della temperatura in tutti i punti del prodotto.

I fattori sono:

A. La velocità della penetrazione del calore che dipende da:

- Consistenza e composizione del prodotto da trattare. Un prodotto costituito da un'alta proporzione di liquido sarà portato più velocemente alla temperatura di sterilizzazione a cuore, rispetto ad uno pastoso o colloso.
- Costituzione del prodotto (consistenza, umidità); negli alimenti liquidi la diffusione del calore all'interno dei contenitori avviene per convezione, modo più rapido; negli alimenti solidi avviene per conduzione, più lento.
- Dimensioni della scatola (distanza centro-periferia). Il calore si trasmette dalle pareti, per cui più grande è la scatola e maggiore è la distanza del centro della scatola dalle pareti. Il tempo di penetrazione del calore non dipende dal peso del prodotto, ma dalle dimensioni della scatola.
- Grado di riempimento delle scatole: non deve essere eccessivo per non ostacolare le correnti convettive all'interno.
- Natura del recipiente: i materiali a buona conducibilità termica, come ferro e alluminio, permettono scambi più rapidi del vetro. per un dato prodotto il tempo di sterilizzazione sarà più lungo in un contenitore di vetro che in un recipiente metallico di uguali dimensioni.
- Disposizione delle scatole nell'autoclave: non deve impedire la libera circolazione del fluido riscaldante (acqua, vapore), per cui meglio la disposizione

alla rinfusa, indispensabile per le scatole a base rettangolare che se disposte ordinatamente formerebbero un blocco compatto.

- Temperatura alla chiusura delle scatole: liquido di governo caldo o prodotto caldo favoriscono un arrivo a cuore della temperatura migliore e tempestivo, con maggiore permanenza alla temperatura ottimale.
- B. Acidità del prodotto: i prodotti acidi sono più facili da sterilizzare perché a pH 7 i microrganismi hanno la massima resistenza al calore. Occorre scegliere la temperatura secondo il pH del prodotto: frutta (pH < 4,5) 100°C, legumi 115°C, carne e pesce 120°C, spinaci 122°C (hanno una penetrazione del calore molto lenta).
- C. Specie e numero di germi presenti prima della sterilizzazione:
- Si devono conoscere le condizioni igieniche di partenza.
 - Si devono calcolare i parametri supponendo la presenza delle specie più resistenti e tenendo un certo margine di sicurezza.
 - poiché l'efficacia del trattamento dipende in gran parte dal numero di germi iniziali occorre trattare solo materie prime perfettamente conservate e al più presto possibile, ridurre la manipolazione, seguire le norme di buona pratica industriale.

Materiali per contenitori per alimenti sterilizzati

- Scatole di acciaio, acciaio dolce a basso tenore di carbonio;
- Scatole di acciaio stagnato (deposito elettrolitico di Sn sulle due facce della scatola) per proteggere l'acciaio dalla corrosione (ruggine); le scatole possono anche essere verniciate internamente;
- Scatole di Fe cromato (Cr metallico e ossido di cromo) ECCS (Electrolytic Chromium/Chromium oxide coated Steel) o Tin Free Steel TFS, in acciaio passivato elettrochimicamente, senza Sn; il cromo costituisce lo strato barriera contro la corrosione;
- Alluminio: più leggero, evita macchie nere di solfuro o ruggine (difetti tipici della lattina stagnata). Però richiede rivestimento leggero di smalto all'interno per prodotti a pH > 5, mentre per i prodotti più acidi sono richiesti smalti più spessi.

Tipi di contenitori

- **Scatole a 3 pezzi:**
 - **corpo**, costituito da una lamina piegata a cilindro o a forma rettangolare, tronco-piramidale, nudo o verniciato, saldato con lega Sn-Pb, o con saldatura elettrica o per aggraffatura con o senza lega Sn-Pb;
 - due fondelli, uno (fondo) montato dal produttore della scatola, l'altro o coperchio, aggraffato dopo riempimento della scatola.
- **Scatole a 2 pezzi:** la lamina di metallo (Fe o Al) è stampata a formare la scatola. Il coperchio viene apposto dal trasformatore di alimenti e può essere del tipo a strappo in Al inciso.
- **Scatole a barchetta:** hanno grande apertura, costituite da un corpo di metallo rigido e da un coperchio semirigido, generalmente metallo-plastico.

I coperchi possono essere classici, fissati per aggraffatura o ad apertura facilitata di metallo leggero e dotati di anello di presa.

- **Buste** di materiale multistrato, di cui uno è Al, chiuse per saldatura.
- **Barattoli di vetro** con coperchi di vario tipo, a vite o a pressione e altri, dove la tenuta del coperchio (a vite, a pressione) è assicurata da una guarnizione di PVC o caucciù.

Il controllo dei contenitori è fatto visivamente e mediante misurazioni strumentali.

Deterioramento delle conserve

Le cause possono essere chimiche e microbiologiche.

Cause chimiche sono dovute per reazione dell'alimento con il Ferro della scatola con sviluppo di gas (idrogeno) e formazione di sapori anomali. Nel caso di prodotti molto acidi si può avere rigonfiamento (o bombaggio) e infine corrosione del contenitore fino a perforazione.

Le **cause microbiologiche** sono dovute 1) a sterilizzazione insufficiente oppure 2) a tenuta difettosa dei recipienti.

Nel primo caso può essere dovuta a scarso riscaldamento, imperfetto funzionamento dello sterilizzatore, materiale fortemente contaminato. La sola presenza di spore di Clostridi e *Bacillus* indica una sterilizzazione insufficiente.

Il deterioramento da batteri sporogeni può essere accompagnato da formazione di gas (idrogeno, biossido di carbonio) con rigonfiamento, odore sgradevole (di putrido, di acido), annerimento e /o acidificazione più o meno accentuati. Frequente è la sopravvivenza di sporogeni termofili, ma in questo caso il deterioramento avviene solo in ambienti con $T > 40^{\circ}\text{C}$. Un'acidificazione debole senza produzione di gas è detta *flat sour* (senza rigonfiamento); un bombaggio modesto, comprimibile è definito *soft swell*; un bombaggio non più comprimibile è detto *hard swell*. Il bombaggio grave può comportare la spaccatura della saldatura laterale.

Il tipo di deterioramento dipende dai microrganismi e dal valore di pH dell'alimento.

Nelle conserve debolmente acide ($\text{pH} > 4,5$), alle alte T di stoccaggio, si può verificare la crescita di sporigeni termofili e termotolleranti, senza bombaggio come nel caso di *B. stearothermophilus*. In altri casi il deterioramento è accompagnato da produzione di H_2S con annerimento per la formazione di solfuri neri con il metallo della scatola, da produzione di gas, da odori putridi, da acidificazione. Il deterioramento da sporogeni mesofili (spesso germi proteolitici e/o tossinogeni) è accompagnato da odori putridi e talvolta gas come nel caso di *C. sporogenes*, *Clostridium botulinum* tipi A e B e di *C. botulinum* tipo E (nelle conserve ittiche).

Nel secondo caso, le fughe di tenuta possono presentarsi come incrinature sottilissime nella saldatura laterale o imperfezioni nella doppia aggraffatura con il coperchio. Le scatole vengono sottoposte a controllo della tenuta per immersione in acqua in sovrappressione.

Il difetto di tenuta provoca inquinamento del contenuto durante il raffreddamento; per questo motivo l'acqua di raffreddamento deve essere potabile, meglio se clorata. In ogni caso le scatole umide, all'uscita dallo sterilizzatore, sono a rischio di ricontaminazione e non devono essere manipolate. I microrganismi coinvolti sono vari, Enterobatteriacee, lattici, lieviti. La crescita di muffe è possibile solo se il difetto è grave.

Apparecchiature per la sterilizzazione

Possono essere con funzionamento in continuo, gli sterilizzatori, che permettono la sterilizzazione e il raffreddamento dei recipienti in continuo. le scatole circolano in flusso ininterrotto attraverso sezioni successive di riscaldamento, di mantenimento della temperatura, di preraffreddamento, di raffreddamento. Durante il ciclo le scatole possono ruotare (inserite in cestelli possono essere ruotate o capovolte) o stare ferme, l'impianto può essere verticale o orizzontale e il mezzo riscaldante può essere vapore, vapore + aria, acqua o fiamma diretta.

Le autoclavi invece funzionano in modo discontinuo e soggette a carico e scarico; sono dotate di recipiente cilindrico capace di resistere ad alte pressioni, di coperchio a chiusura

ermetica, di dispositivi per l'immissione di acqua e/o vapore e per la regolazione di pressione e temperatura.

PASTORIZZAZIONE

E' un **trattamento termico incompleto** non sufficiente ad uccidere tutti i microrganismi, che quindi non assicura una conservazione prolungata dell'alimento, a meno che non siano seguite precise norme di conservazione. Il prodotto ottenuto **non è una conserva** (anche se alcuni prodotti sono in contenitori ermetici) e deve essere mantenuto a temperatura di refrigerazione.

Obiettivi:

- Distruzione dei microrganismi patogeni (forme vegetative) e di alcune loro tossine,
- inattivazione di microrganismi ed enzimi causa di deterioramento.

Nel contempo, deve essere garantito il mantenimento della qualità dell'alimento (aroma, colore, consistenza, principi nutritivi) con una perdita di resa minima.

La pastorizzazione è destinata ad alimenti più sensibili al calore e che quindi possono essere sottoposti solo a blando riscaldamento, per poter conservare le qualità organolettiche e nutritive, come latte, frutta, verdura, carni suine o liquidi.

Esempi:

- uovo intero, tuorlo 60°C per 3'
- albume 51-52°C per 3'
- miele 63°C per 30'
- carni suine 72°C/ 69°C per 15 secondi
- latte 72°C per 15 secondi

Parametri di pastorizzazione

Per il processo di pastorizzazione si determina il VALORE DI PASTORIZZAZIONE P che segue le stesse leggi della distruzione termica del valore di sterilizzazione F. Spesso è comunque definito dalla lettera F.

Il batterio test è lo Streptococco D, la temperatura di riferimento : 70°C, z è sempre 10°C, per conserve debolmente acide. In molti casi P=40 è sufficiente, cioè un trattamento termico equivalente ad un riscaldamento di 40 minuti a 70°C.

Rischi igienico-sanitari nei prodotti carnei pastorizzati

I batteri che più frequentemente provocano **deterioramento** sono gli Streptococchi fecali che causano occhiature e rammollimento e anche odori anormali (D 72°C 600-1800 secondi).

La varietà *Strep. faecalis liquefaciens* causa liquefazione della gelatina.

Deterioranti meno frequenti sono i Lattobacilli che causano inverdimento, alcuni coliformi che causano bombaggio, batteri dei generi *Achromobacter* e *Pseudomonas* che causano putrefazione.

Tra i **patogeni** le Salmonelle possono resistere occasionalmente alla pastorizzazione (D 72°C 0,2-0,3 secondi), *Listeria monocytogenes* che è quattro volte più resistente del genere Salmonella al trattamento termico (D 72°C 0,9-3,0 secondi).

Il raggiungimento a cuore di 69 °C inattiva le trichine.

Un trattamento di pastorizzazione adeguato riduce il rischio per gli animali d'allevamento da virus dell'afte epizootica e da altri virus esotici.

La legge italiana non prescrive un trattamento termico minimo, a meno che non si tratti di un risanamento e allora prescrive il raggiungimento a cuore della temperatura di 70°C (vedi all. C, DPR 17 maggio 1988, n. 194).

La legge USA prescrive che tutti i prodotti a base di carne di maiale siano cotti ad una temperatura capace di uccidere le trichine; inoltre APHIS Veterinary Services richiede una

temperatura interna di cottura pari a 69°C (156°F) per i prodotti di carne suina importati per l'inattivazione di virus FMD e altri virus esotici.

Termoresistenza delle tossine

Le tossine formate dai *C. botulinum* tipi A, B, E e F sono nocive per l'uomo (tossina A: dose letale orale per l'uomo 0,1-1,0 µg). Sono molto sensibili al calore e inattivate da una breve bollitura.

Si calcola che a 85°C in 5 minuti si inattivi la tossina nella concentrazione frequentemente ritrovata negli alimenti. Le temperature di pastorizzazione comunemente impiegate necessitano di tempi molto lunghi, che dipendono anche dal pH e dal tipo di alimento. La tossina del *C. botulinum* tipo A è distrutta in 5-6 minuti a 80°C, quella del tipo B è distrutta in 15 minuti a 90°C.

C. perfringens (ceppi del tipo A e determinati ceppi tipi C e D): tossina termolabile, distrutta in 10 minuti a 60°C .

B. cereus: la tossina diarroica è inattivata in pochi minuti attorno ai 60°C; l'emetica resiste a 120°C per 90'.

Enterotossine stafilococciche: prodotte dai tipi A, B, C, D, E. Sono molto stabili al calore e vengono sicuramente inattivate solo dopo parecchie ore a temperature di pastorizzazione da 70 a 80°C o dopo mezz'ora- un'ora a 100°C. L'inattivazione dipende dal mezzo e dalla concentrazione di tossina. A 121°C sono inattivate in 22 minuti.

Legislazione

La normativa relativa a questi prodotti (prodotti sterilizzati contenuti in recipienti ermeticamente chiusi) è costituita dal D.lgs 30.12.1992 n. 537 e dalle sue modificazioni. Il D. M. 11 luglio 1997 ne ha modificato gli allegati e all'allegato B, Capitolo VIII, qui di seguito riportato, sono indicate le condizioni specifiche per i prodotti pastorizzati o sterilizzati contenuti in recipienti ermeticamente chiusi. Si prevede che gli stabilimenti dispongano di apparecchiature e impianti per l'avvio al riempimento e per il lavaggio delle scatole da conserva, per il lavaggio delle scatole dopo la riempitura e la chiusura ermetica, per il raffreddamento delle scatole dopo il trattamento termico, per l'incubazione delle scatole prelevate come campioni, di apparecchiature per la verifica della tenuta dei recipienti. Gli stabilimenti devono inoltre assicurare anche che le scatole che presentano formazione di gas siano sottoposte ad un esame complementare, verificare che i termometri dell'impianto siano precisi, che i recipienti sporchi e difettosi siano scartati, che i recipienti vengano manipolati in modo da non causare danni. Con controlli a campione sarà accertato che il trattamento termico sia in grado di distruggere o disattivare i germi patogeni e le loro spore e adeguatamente registrato; le chiusure devono essere verificate mediante esame dei tagli perpendicolari e delle giunzioni.

Per i prodotti sterilizzati si dovrà valutare che il trattamento termico sia adeguato con prove di incubazione (37°C per 7 giorni o almeno 35°C per 10 giorni) e con prove microbiologiche del contenuto e dei recipienti presso il laboratorio dello stabilimento o altro riconosciuto.

Di seguito si riporta un ampio stralcio della normativa vigente.

OMISSIS

Capitolo IV - Controllo della produzione

1. Gli stabilimenti sono soggetti ad un controllo da parte del servizio veterinario dell'unità sanitaria locale, il quale deve garantire il rispetto dei requisiti del presente decreto e, in particolare,

a) verificare:

- 1) lo stato di pulizia dei locali, degli impianti, degli utensili e l'igiene del personale;
- 2) l'efficacia dei controlli effettuati dallo stabilimento, in conformità dell'articolo 7, segnatamente mediante l'esame dei risultati ed il prelievo di campioni per il controllo ufficiale;
- 3) le condizioni microbiologiche ed igieniche degli altri prodotti di origine animale, eventualmente utilizzati nello stabilimento;
- 4) l'efficacia del trattamento dei prodotti a base di carne, che deve essere comunque tale da ridurre l'Aw a valori inferiori 0,97;
- 5) i recipienti ermeticamente chiusi, mediante campionatura a scelta casuale;
- 6) la bollatura sanitaria adeguata dei prodotti a base di carne nonché l'identificazione dei prodotti dichiarati inadatti al consumo umano e la destinazione di questi ultimi;
- 7) le condizioni d'immagazzinamento e di trasporto.

b) procedere ai prelievi necessari per gli esami di laboratorio per il controllo ufficiale;

c) procedere a qualsiasi altro controllo che reputi necessario per appurare il rispetto dei requisiti fissati dal presente decreto;

d) accertare se un prodotto a base di carne sia stato fabbricato con carni cui siano stati incorporati altri prodotti alimentari, additivi alimentari o condimenti, mediante un'ispezione adeguata e controllando che il prodotto in questione risponda ai criteri di produzione stabiliti dal produttore e, in particolare, che la sua composizione corrisponda realmente alle diciture dell'etichetta, specie nel caso in cui sia usata la denominazione commerciale di cui al capitolo V, punto 4.

2. In qualsiasi momento l'autorità competente deve avere libero accesso alle celle frigorifere e a tutti i locali di lavoro per verificare la rigorosa osservanza di queste disposizioni.

Capitolo VIII - Condizioni specifiche per i prodotti pastorizzati o sterilizzati contenuti in recipienti ermeticamente chiusi

A. Oltre a soddisfare alle condizioni stabilite nell'allegato A, gli stabilimenti che fabbricano prodotti pastorizzati o sterilizzati contenuti in recipienti ermeticamente chiusi.

1. debbono disporre di:

- a) un impianto che consenta di avviare igienicamente le scatole da conserva verso il reparto di lavoro;
- b) un dispositivo per l'accurata pulizia delle scatole da conserva immediatamente prima del riempimento;
- c) un dispositivo per il lavaggio con acqua potabile abbastanza calda per eliminare i grassi dai recipienti dopo la chiusura ermetica e prima della sterilizzazione in autoclave;
- d) un locale adatto, un luogo o un impianto appropriato per raffreddare e asciugare i recipienti dopo il trattamento termico;
- e) impianti per l'incubazione dei prodotti a base di carne in recipienti ermeticamente chiusi e prelevati come campioni;
- f) apparecchiature apposite per verificare la tenuta dei recipienti e il loro stato di conservazione;

2. devono provvedere affinché:

a) i recipienti ermeticamente chiusi siano estratti dagli apparecchi di riscaldamento ad una temperatura sufficientemente elevata per garantire la rapida evaporazione dell'umidità e non vengano manipolati prima di essere completamente asciutti;

b) i recipienti che presentano formazione di gas siano sottoposti ad un esame complementare;

c) i termometri di cui sono munite le apparecchiature per il trattamento termico siano verificati con termometri tarati;

d) i recipienti siano:

1) scartati se danneggiati o difettosi;

2) scartati o puliti se puliti non sono e, nel caso delle scatole, pulite con cura immediatamente prima del riempimento con il dispositivo di pulizia di cui al punto 1, lettera b); non è consentito l'uso di acqua stagnante;

3) se del caso, messi a sgocciolare per un periodo di tempo sufficiente dopo la pulizia e prima del riempimento;

4) se del caso, dopo la chiusura ermetica e prima della sterilizzazione in autoclave, lavati con il dispositivo di lavaggio con acqua potabile, eventualmente abbastanza calda per eliminare i grassi, di cui al punto 1, lettera c);

5) dopo il trattamento termico, sottoposti a raffreddamento in acqua che soddisfi i requisiti di cui al punto B, quinto trattino;

6) prima o dopo il trattamento termico, manipolati in modo tale da evitare qualsiasi danno o contaminazione.

B. Il conduttore o il gestore dello stabilimento in cui si fabbricano prodotti a base di carne in recipienti ermeticamente chiusi, deve inoltre accertare, con controlli a campione, che:

1) i prodotti a base di carne destinati ad essere immagazzinati a temperatura ambiente siano sottoposti ad un trattamento termico in grado di distruggere o disattivare i germi patogeni e le loro spore. È prescritta la tenuta di un registro dei parametri di fabbricazione quali la durata del riscaldamento, la temperatura, il riempimento, la capacità dei recipienti ecc.

Le apparecchiature per il trattamento termico devono essere munite di dispositivi di controllo per poter verificare che anche i recipienti abbiano subito un trattamento termico efficace;

2) il materiale utilizzato per i recipienti dev'essere conforme alle disposizioni comunitarie relative ai materiali che vengono in contatto con i prodotti alimentari;

3) la produzione giornaliera venga controllata ad intervalli prefissati, al fine di garantire l'efficacia della chiusura; all'uopo devono essere disponibili attrezzature adeguate per l'esame dei tagli perpendicolari e delle giunzioni di chiusura dei recipienti;

4) il fabbricante effettui ulteriori controlli a campione per assicurarsi che:

a) i prodotti sterilizzati abbiano subito un trattamento termico adeguato tramite gli accertamenti di seguito elencati:

- prove d'incubazione. L'incubazione deve avvenire alla temperatura di almeno a 37 C durante sette giorni o di almeno 35 C durante dieci giorni o qualsiasi altra combinazione temperatura/tempo riconosciuta equivalente dal Ministero della sanità;

- esami microbiologici del contenuto e dei recipienti nel laboratorio dello stabilimento o in un altro laboratorio riconosciuto;

b) i prodotti pastorizzati in recipienti ermeticamente chiusi, soddisfino criteri riconosciuti dal servizio veterinario dell'unità sanitaria locale;

5) si effettuino i controlli necessari per garantire che l'acqua di raffreddamento contenga un residuo di cloro dopo l'utilizzazione.

Tuttavia si può concedere una deroga a detto requisito se l'acqua è conforme ai requisiti di cui al decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 236 (32).

C. Il servizio veterinario dell'unità sanitaria locale può consentire l'aggiunta di determinate sostanze all'acqua delle autoclavi per evitare la corrosione delle scatole per conserve nonché per addolcire e disinfettare l'acqua.

Per il raffreddamento dei recipienti sottoposti a trattamento termico, l'autorità competente può consentire l'uso di acqua in circolazione continua. Quest'acqua dev'essere filtrata e trattata al cloro o sottoposta ad altro trattamento approvato. Scopo di questo trattamento è di ottenere che l'acqua riciclata soddisfi le norme di cui al decreto del Presidente della Repubblica 24 maggio 1988, n. 236 (32) in modo che essa non possa contaminare i prodotti e costituire un rischio per la salute umana.

L'acqua in circolazione continua deve trovarsi in un circuito chiuso di modo che sia impossibile utilizzarla per altri fini.

Sempre che non ci siano rischi di contaminazione, al termine di tutte le operazioni i pavimenti possono essere puliti con l'acqua utilizzata per raffreddare i recipienti o con l'acqua delle autoclavi.

(32) Riportato alla voce Alimenti, bevande, oggetti di uso domestico e sostanze agrarie (Igiene e repressione delle frodi in materia di).

Capitolo IX - Condizioni speciali per i piatti cucinati a base di carne

Oltre a soddisfare alle condizioni generali di cui all'allegato A e ai capitoli I, II e III del presente allegato:

1) gli stabilimenti che fabbricano piatti cucinati debbono disporre di un locale separato per la preparazione e il confezionamento dei piatti cucinati; tale locale separato non è obbligatorio quando i prodotti a base di carne e le carni vengono manipolati in momenti diversi, sempreché i locali utilizzati per tali operazioni vengano puliti e disinfettati ogni volta che sono stati utilizzati per un nuovo tipo di prodotto;

2. a) il prodotto a base di carne di cui è composto il piatto cucinato deve essere, subito dopo la cottura:

1) mescolato agli altri ingredienti, appena possibile da un punto di vista pratico; in tal caso il tempo in cui la temperatura del prodotto a base di carne è compresa tra 10 °C e 60 °C deve essere ridotto al minimo e comunque non superiore a due ore;

2) ovvero refrigerato ad una temperatura inferiore o uguale a 10 °C prima di essere mescolato con gli altri ingredienti.

Qualora si faccia ricorso ad altri metodi di preparazione, questi ultimi devono essere riconosciuti dal Ministero della sanità che ne informa la Commissione europea;

b) il prodotto a base di carne e il piatto cucinato devono essere refrigerati ad una temperatura al centro inferiore o uguale a 10 °C per un periodo di tempo che non superi le due ore dopo la cottura e portati quanto prima alla temperatura di magazzinaggio. Tuttavia l'autorità competente può consentire allo stabilimento di derogare al periodo di due ore, qualora un periodo di tempo più lungo sia giustificato per motivi connessi alla tecnologia di produzione applicata, e purché sia garantita la salubrità del prodotto finale;

c) se necessario, il piatto cucinato deve essere congelato o surgelato immediatamente dopo il raffreddamento;

3) l'etichettatura dei piatti cucinati deve essere conforme al decreto legislativo 27 gennaio 1992, n. 109 (32). Ai fini del presente decreto, l'elenco degli ingredienti deve comprendere la menzione delle specie animali.

Su uno dei lati esterni della confezione del piatto cucinato, oltre alle altre indicazioni già previste, deve essere scritta molto chiaramente la data di fabbricazione;

4) i risultati dei vari controlli che il conduttore o il gestore deve effettuare sono conservati per essere presentati a qualsiasi richiesta dell'autorità competente per un periodo minimo che sarà fissato dall'autorità competente in base alla deperibilità del prodotto.

(32) Riportato alla voce Alimenti, bevande, oggetti di uso domestico e sostanze agrarie (Igiene e repressione delle frodi in materia di).