

# Pastorizzazione del latte e trattamento equivalente

*Al fine di consentire la verifica e la dimostrazione dell'equivalenza dei trattamenti termici del latte (prevista dal reg. 2074/2005) è stato sviluppato un foglio di calcolo utilizzabile sia nell'ambito dei controlli interni di processo da parte di caseifici o industrie lattiero-casearie sia nel corso di ispezioni e verifiche da parte delle autorità sanitarie*

## Introduzione

Il trattamento termico del latte definito “pastorizzazione” è finalizzato alla sanitizzazione del prodotto nei confronti di microrganismi patogeni eventualmente presenti ed è considerato tra i principali Punti critici nei processi produttivi del latte alimentare e dei prodotti a base di latte. La verifica dell'efficacia del trattamento è, storicamente, affidata alla determinazione post trattamento dell'attività della fosfatasi alcalina (ALP), enzima naturalmente presente nel latte.

Un valore inferiore a 350 mU/L costituisce l'indicatore di corretta pastorizzazione del latte (reg. CE 1664/2006, allegato III). Al momento non esistono limiti normativi ufficiali per gli altri prodotti lattiero-caseari, né per il latte di altre specie animali, anche se a livello comunitario sono in corso proposte e sperimentazioni per la verifica di formaggio, panna e latte caprino.

I regolamenti CE in tema di sicurezza alimentare (in particolare il reg. CE 2074/2005 che completa e modifica il reg. 853/2004) prevedono che per la pastorizzazione del latte si applichino trattamenti termici in condizioni definite di tempo e

temperatura, ma consentono modalità alternative che “permettano di ottenere un effetto equivalente”.

Per effetto equivalente si deve intendere quello che fornisce la medesima garanzia di riduzione dei rischi sanitari e quindi, in sostanza, un uguale effetto di riduzione di eventuali patogeni. Lo strumento di verifica dell'equivalenza è ovviamente la stessa determinazione quantitativa dell'attività fosfatasi, richiesta in origine come “reazione negativa” (reg. CE 1662/2006, allegato II) e poi definita quantitativamente dal reg. CE 1664/2006 come indicato sopra.

## La pastorizzazione

Fin dalle esperienze originali di Louis Pasteur, il trattamento di pastorizzazione per il latte è stato definito come riscaldamento a 63 °C per 30 minuti; tale binomio tempo/temperatura era stato prescelto in funzione della termoresistenza del *Mycobacterium* tubercolare, considerato all'epoca il principale pericolo sanitario per il consumo di latte crudo.

Questo trattamento è oggi definito “bassa temperatura per lungo tempo” (LTLT)

per distinguerlo da quello ormai quasi universalmente applicato a livello industriale, che prevede un riscaldamento a 72 °C per 15 secondi ed è definito “alta temperatura per breve tempo” (HTST). Questa seconda combinazione tempo/temperatura permette di garantire il medesimo livello di sanitizzazione riducendo l'effetto deteriorante del calore sul valore nutritivo e sulle proprietà casearie del latte. In particolare, questo trattamento, come anche altri possibili binomi a temperature superiori realizzabili nei moderni impianti industriali, consente di distruggere anche altri microrganismi patogeni target presi in considerazione molto più di recente, come ad esempio *Coxiella burnetii*, l'agente della Febbre Q. Da un punto di vista tecnico è quindi evidente che all'interno di questo range si possano ritrovare in linea generale i trattamenti equivalenti di tipo termico di cui parla la normativa comunitaria.

## Equivalenza di trattamento – approcci metodologici

Per definizione la pastorizzazione è “il processo di riscaldamento eseguito in idonei impianti, a una data temperatura applica-

ta per un dato tempo, in modo continuativo ed uniforme per tutti i componenti del prodotto trattato” (una rassegna completa sull’argomento è fornita da V.H. Holsinger, K.T. Rajkoski, J.R. Stabel in “Milk pasteurization and safety: a brief history and update”. (1997). Rev. sci. tech. Off. int. Epiz., 16, (2), 441-451). Per rispondere al quesito relativo a come definire i trattamenti equivalenti, sono possibili tre differenti approcci.

#### ➊ Approccio tecnologico

Esecuzione di test pratici di trattamento termico a differenti combinazioni tempo/temperatura con valutazione quantitativa dell’attività fosfatase sul prodotto trattato.

#### ➋ Approccio microbiologico

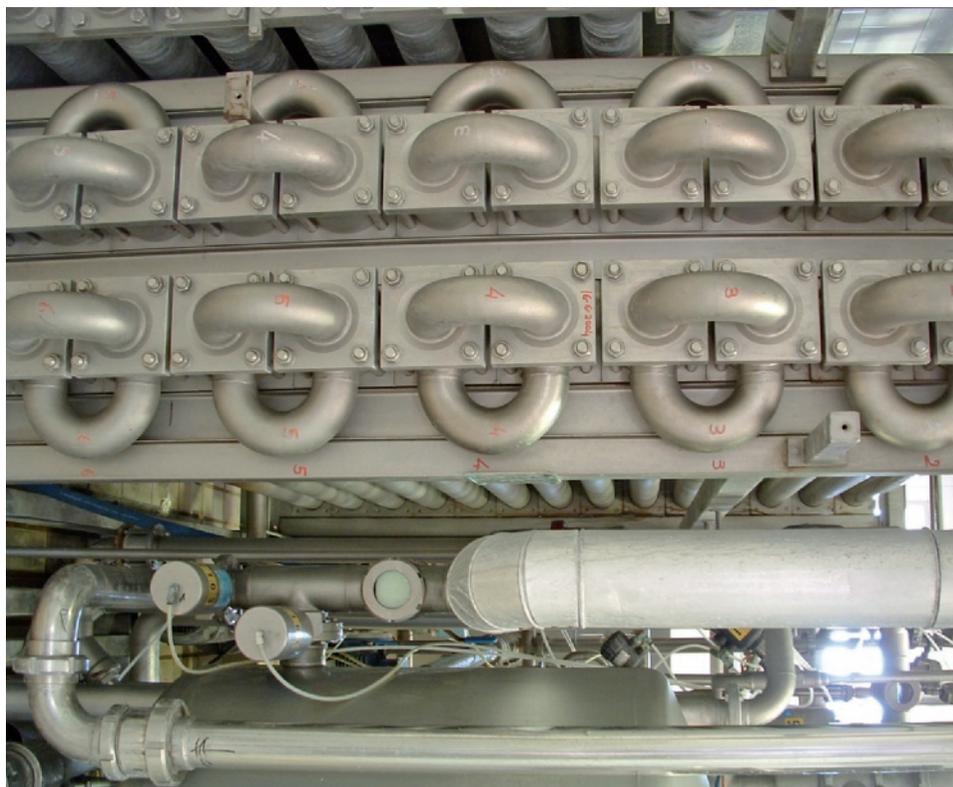
Test di resistenza-sopravvivenza di microrganismi target, patogeni per l’uomo, a differenti combinazioni tempo/temperatura con valutazione quantitativa della riduzione delle forme vitali dopo trattamento (almeno 5 log rispetto alla popolazione di partenza).

#### ➌ Approccio statistico-matematico

Definizione di una funzione matematica in grado di stimare l’effetto di differenti combinazioni tempo/temperatura sulla base di riferimenti scientifici.

### Approccio tecnologico

Per quanto riguarda il primo punto, è fondamentale sottolineare che questa tipologia di test pone alcuni problemi tecnici di non facile soluzione. Innanzitutto il trattamento termico è significativamente diverso quando realizzato in impianti industriali rispetto alle simulazioni eseguibili in un laboratorio. Incidono in questo senso, in primo luogo, la difficoltà di garantire il rispetto preciso di tempo e temperatura per tutto il latte trattato in assenza di impianti idonei e con il livello di precisione necessario (per esempio differenza massima di 0,5 °C in tutta la massa di prodotto sottoposto al trattamento). In secondo luogo, anche le eventuali fasi di preriscaldamento e di raffreddamento post trattamento sono da considerare come parte integrante e determinante del processo e richiedono i medesimi livelli di precisione e uniformità di applicazione difficilmente ottenibili in laboratorio; la stessa considerazione va-



le poi per gli aspetti di pressione e uniformità di flusso del latte garantiti dagli impianti industriali. Altro fattore importante è il titolo in grasso del prodotto testato che notoriamente è determinante sulla termoresistenza dei microrganismi. Infine, per questo tipo di sperimentazioni assume notevole importanza l’incertezza analitica della metodica di riferimento disponibile per la misura dell’attività della ALP che, per il tipo di prove ipotizzate (con variazioni di tempo e temperatura molto limitate) ha un peso non trascurabile sulla interpretazione dei risultati.

### Approccio microbiologico

Il secondo tipo di approccio è quello, storicamente, più utilizzato da ricercatori microbiologici. La letteratura scientifica è ricchissima di lavori sperimentali sulla resistenza termica di vari microrganismi, in varie matrici alimentari e non. Negli anni più recenti si sono affermati software di stima e previsione che sono in grado di fornire indicazioni immediate sulla resistenza microbica al variare di fattori che, oltre al tempo e temperatura, comprendono anche fattori microambientali

quali l’acidità, l’acqua libera, la concentrazione salina ed altri ancora. Questi ultimi strumenti permettono evidentemente di superare l’ostacolo più rilevante nella realizzazione delle prove sperimentali per le quali si dovrebbero manipolare agenti patogeni ed eseguire poi analisi di laboratorio che hanno in genere tempi lunghi per fornire risultati e che hanno, come sempre nel caso di conteggi microbiologici, livelli di precisione non molto adatti al tipo di prove di cui stiamo parlando. Non va inoltre trascurato il fatto che, quasi sempre, nelle prove sperimentali riportate in letteratura si testano singoli microrganismi e a volte singoli ceppi o varianti di un’unica specie microbica e si evidenziano notevoli differenze in termini di termoresistenza tra singoli test. Bastino a questo proposito le molte controversie relative alla termoresistenza del *Mycobacterium avium* sub. *paratuberculosis* che, a seconda delle sperimentazioni, risulterebbe sensibile o resistente alla pastorizzazione o ancora, resistente a 65 °C per 30 minuti, ma non a 72 °C per 15 secondi. Nel latte crudo è presente un coacervo di microrganismi di diversa origine, in quantità e pro-



**Tabella 1. Riferimenti per i diversi trattamenti di pastorizzazione**

89 °C	1 secondo	88,3 °C (anni '90)
90 °C	0,1 secondo	93 °C (anni '90)
96 °C	0,05 secondi	95,6 °C (anni '90)
100 °C	0,01 secondi	

porzioni variabilissime, e con condizioni di termoresistenza molto differenti anche in funzione dei tempi e delle temperature di conservazione del latte alla stalla. Questi aspetti si aggiungono a quelli già citati al primo punto, rendendo davvero difficile realizzare prove sperimentali in laboratorio in grado di definire in modo complessivo e preciso il “trattamento equivalente”, anche con il ricorso agli strumenti di software oggi disponibili.

### Approccio statistico-matematico

Di fronte a tanti ostacoli e difficoltà, è quindi abbastanza comprensibile un tentativo di approccio statistico-matematico che, pur con propri limiti, è quello di più semplice e immediata realizzabilità ed è anche direttamente utilizzabile nelle condizioni di campo nel corso di verifiche, controlli e ispezioni dei processi di trattamento applicati.

### Valutazione matematica dell'equivalenza di trattamento

I riferimenti del processo di pastorizzazione del latte sono, come detto, quelli che caratterizzano i due modelli di trattamento standard: 63 °C per 30 minuti e 72 °C per 15 secondi (fino alla fine anni '90 le misure di riferimento erano 62,8 °C per 30 minuti e 71,7 °C per 15 secondi per il latte, con incrementi per prodotti con grasso superiore a 10% e residuo secco maggiore del 18%).

Forse meno consolidati, sono i riferimenti reperibili per quella che viene definita, a seconda dei casi, pastorizzazione ultra alta, flash, ultrapastorizzazione o ad “alta temperatura” (che in pratica è un trattamento intermedio tra la pastorizzazione classica e il trattamento UHT propriamente detto). Nel documento ufficiale sul tema, della FDA (Grade A pasteurized Milk Ordinance – Versione 2009, U.S. Department of Health and Human Services Food and Drug Administration) vengono forniti i riferimenti mostrati in tabella 1 che sono riferiti a tipologie specifiche di impianto di trattamento.

Preferiamo quindi definire i limiti del campo di applicazione della nostra valutazione matematica sulla base dei riferimenti

storici: al di sotto di 63°C, non possiamo parlare di “pastorizzazione”, ma più propriamente di “termizzazione del latte” anche se l'effetto di sanitizzazione potrebbe comunque essere ottenuto attraverso tempi molto lunghi.

D'altra parte, trattamenti a temperature superiori a 72°C sarebbero da prendere in considerazione in quanto, indipendentemente da considerazioni tecnologiche sulla qualità del prodotto ottenuto, gli impianti industriali sono in grado di gestire propriamente trattamenti anche per tempi molto ridotti.

Inizialmente abbiamo quindi esteso la nostra valutazione oltre i riferimenti ufficiali per la pastorizzazione classica ricomprendono i trattamenti a temperatura ultra alta (pastorizzazione flash) che formalmente si estendono anche sopra i 90°C. Ma a questo proposito, va considerato che la relazione ricercata interessa due misure appartenenti a sistemi metrici differenti (gradi centigradi e minuti/secondi) e che pur ricorrendo a funzioni di potenza (necessarie alla gestione di questo tipo di dati) non risulta possibile definire con un'unica funzione e in modo proprio un campo di misura così ampio. Ciò è dovuto principalmente al fatto che i rapporti tempo/temperatura forniti in letteratura e nei documenti ufficiali (come quello citato in precedenza) sembrano applicare per trattamenti sopra 80°C, definizioni teoriche e difficilmente realizzabili nelle condizioni pratiche di trattamento industriale.

Senza entrare nei particolari degli aspetti matematici e considerato lo scopo finale di questa analisi, abbiamo quindi cercato di definire una funzione unica applicabile all'interno del range di trattamento che possiamo definire classico limitandolo quindi a 63-75°C, che risulta essere:

$$y = (5,84661 \cdot 10^{67}) \cdot \chi^{-35,8529}$$

La funzione viene rappresentata graficamente in figura 1, nella quale sono illustrati anche alcuni punti di riferimento intermedi dedotti dalla letteratura che, pur non avendo rilievo normativo, sono considerati unanimemente validi dal punto di vista tecnico.

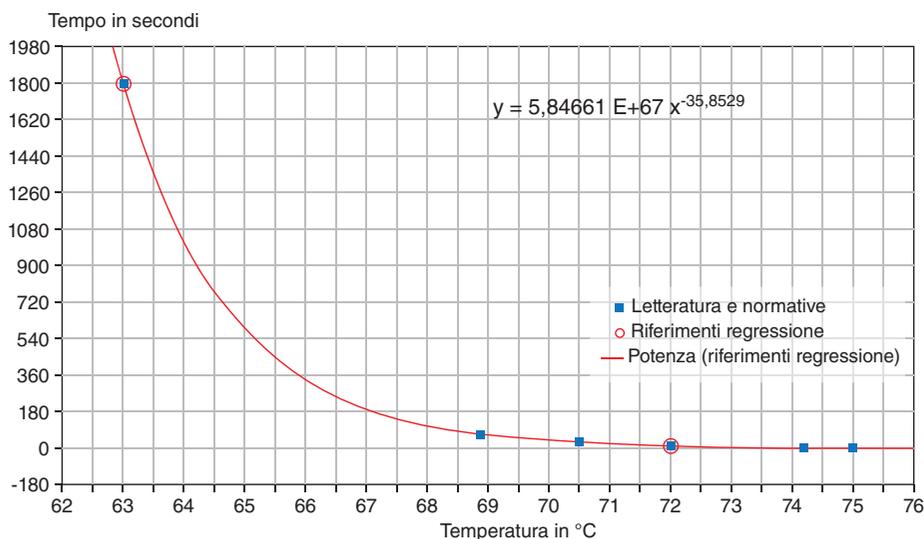


Figura 1 - Pastorizzazione - relazione tempo/temperatura (range da 63 a 75°C)

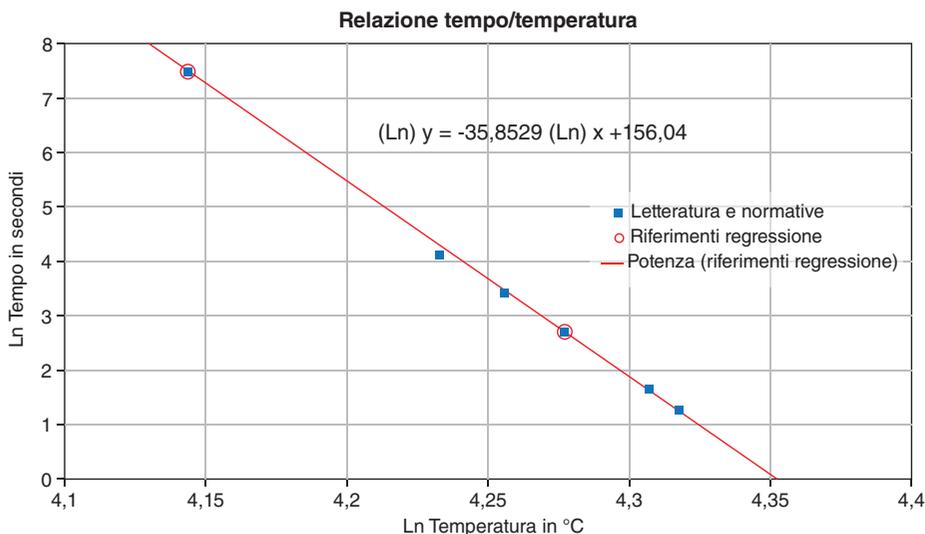


Figura 2 - Pastorizzazione - relazione tempo/temperatura linearizzata

**calcolo tempo trattamento termico**

< inserire la temperatura di trattamento °C  
 00:30:00,00 (hh:mm:ss, cent.) < tempo di trattamento stimato

**calcolo tempo trattamento termico**

< inserire la temperatura di trattamento °C  
 00:00:15,00 (hh:mm:ss, cent.) < tempo di trattamento stimato

**calcolo tempo trattamento termico**

< inserire la temperatura di trattamento °C  
 00:00:41,18 (hh:mm:ss, cent.) < tempo di trattamento stimato

Figura 3 - Applicazione dell'equazione di relazione tempo/temperatura - Foglio di calcolo esempi

### Applicazione pratica della funzione

La funzione riportata nel grafico precedente non si presta certamente a un utilizzo pratico in condizioni di campo, ma nemmeno all'uso diretto in supporti informatici semplici.

Attraverso trasformazione logaritmica degli assi è però possibile ottenere la sua versione linearizzata (figura 2).

Anche in questo caso i riferimenti sono i due limiti indicati per il campo di applicazione (63°C e 75°C, punti cerchiati in rosso) mentre gli altri punti raffigurati sono quelli forniti dai riferimenti classici dalla letteratura scientifica; la funzione da noi calcolata si allinea quindi sufficientemente bene (con ambiti di incertezza quindi ridotti) anche a questi riferimenti.

Il vantaggio principale della linearizzazione così ottenuta è la possibilità di trasferire la funzione in un normale foglio di calcolo elettronico (come quello esemplificato in figura 3) nel quale è possibile inserire manualmente il dato di temperatura per stimare quello del tempo necessario a ottenere l'effetto desiderato.

Riteniamo essenziale sottolineare che al medesimo risultato non si giungerebbe applicando una semplice formula di calcolo impostata su di un unico fattore di conversione matematica basato sul solo riferimento ufficiale 72 °C per 15 secondi.

### Conclusione

Tenuto conto della finalità del lavoro (realizzazione di uno strumento di applicazione pratica per la verifica dell'equivalenza di trattamento termico) e dei dati di letteratura scientifica disponibili, riteniamo che il foglio di calcolo così sviluppato, ovviamente disponibile per chi fosse interessato, possa rappresentare uno strumento di lavoro utile sia nell'ambito dei controlli interni di processo da parte di caseifici o industrie lattiero-casearie sia in corso di ispezioni e verifiche da parte dell'autorità sanitaria per i processi produttivi applicati nella trasformazione del latte.