

Sicurezza del latte e trattamenti termici: l'efficienza del test della fosfatasi alcalina (ALP) con CDR FoodLab®

Dr. Simone Pucci - Responsabile del CDR Chemical Lab "Francesco Bonicolini"

P2622

1. Introduzione e importanza biochimica della Fosfatasi Alcalina (ALP)

Nel settore lattiero-caseario, la **Fosfatasi Alcalina (ALP)** non è semplicemente un enzima endogeno, ma rappresenta il **pilastro analitico fondamentale** per la convalida della sicurezza microbiologica. In qualità di **Indicatore intrinseco del binomio tempo-temperatura**, l'ALP funge da marker biochimico la cui inattivazione segnala il successo del trattamento termico, proteggendo la salute pubblica e garantendo la conformità legale.

Definizione e cinetica enzimatica

La Fosfatasi Alcalina è un enzima presente naturalmente nel latte crudo di diverse specie (**bovina, ovina, caprina**). La sua funzione biochimica risiede nella scissione dei gruppi fosfato in ambiente alcalino (pH ottimale **8-10**). La centralità strategica dell'ALP come indicatore di processo risiede nella sua **termoresistenza**, che risulta leggermente superiore a quella dei patogeni non sporigeni più critici per la salute umana. Sul piano della resistenza al calore, la curva di inattivazione termica della Fosfatasi Alcalina presenta una caratteristica cinetica che è stata sfruttata dall'industria lattiero-casearia come indicatore di processo: la sua temperatura di denaturazione si colloca infatti appena al di sopra di quella dei microrganismi patogeni non sporigeni più critici per la salute umana. Tra questi spicca il *Mycobacterium tuberculosis*, storicamente assunto come benchmark per la definizione dei parametri minimi di trattamento, e soprattutto la *Coxiella burnetii* (agente eziologico della Febbre Q), oggi universalmente riconosciuto come il patogeno non sporigeno più termoresistente presente nel latte crudo.

Proprio su questa peculiarità biochimica si fonda il principio cardine del **'margine di sicurezza'**: poiché l'ALP resiste a combinazioni di tempo e temperatura leggermente più elevate rispetto a tali batteri, la sua completa inattivazione garantisce che la carica dei patogeni bersaglio sia stata efficacemente abbattuta. È importante sottolineare che la negatività al test dell'ALP è l'indicatore specifico per la distruzione delle forme batteriche vegetative, ma non garantisce l'assenza di microrganismi sporigeni, i quali richiedono trattamenti termici più severi (come l'UHT). Ciononostante, il test costituisce la prova legale e tecnica del raggiungimento dei parametri minimi di

pastorizzazione stabiliti dalle normative (72°C per 15 secondi o 63°C per 30 minuti), confermando la sicurezza microbiologica del latte fresco immesso sul mercato.

2. Il controllo dei trattamenti termici nel processo produttivo

La pastorizzazione rappresenta il **Punto Critico di Controllo (CCP)** per eccellenza in uno stabilimento. Una gestione inefficiente di questo parametro non compromette solo la sicurezza, ma espone l'azienda a rischi economici derivanti da blocchi logistici e richiami di prodotto.

Prevenzione dei rischi, variabilità interspecifica e limiti normativi

Il monitoraggio rigoroso dell'ALP risponde innanzitutto a imperativi di salute pubblica, agendo come baluardo fondamentale per prevenire la trasmissione di patogeni responsabili di gravi malattie trasmissibili all'uomo (zoonosi) e garantendo la salubrità del prodotto finito. Tuttavia, l'efficacia di questo controllo richiede una profonda comprensione della variabilità interspecifica. I livelli basali di ALP variano infatti in modo drastico a seconda della specie animale: il latte ovino presenta un'attività enzimatica iniziale circa tre volte superiore rispetto a quello vaccino, mentre il latte caprino mostra livelli fino a cinque volte inferiori. Di conseguenza, l'adozione di un approccio analitico standardizzato e privo di una calibrazione mirata per specie rischia di rivelarsi fuorviante e commercialmente pericoloso.

A questa complessità biologica si sovrappongono rigidi parametri legali. Per il latte vaccino, la soglia internazionale di sicurezza è fissata a 350 mU/L (milliunità per litro), oltre la quale il test denuncia istantaneamente una pastorizzazione insufficiente o una ricontaminazione post-processo con latte crudo. La sensibilità di questo marker biochimico è talmente elevata da permettere di intercettare infiltrazioni di latte non trattato anche in percentuali infinitesimali, comprese tra lo 0,02% e lo 0,1%, proteggendo l'intera linea da contaminazioni crociate.

Il fenomeno della "Reactivation" (Riattivazione enzimatica)

Un fenomeno biochimico complesso che mette alla prova i laboratori di controllo qualità è la riattivazione dell'ALP. Questa anomalia si verifica frequentemente nei prodotti ad alto contenuto di grassi, come la panna, o nel latte sottoposto a

trattamento UHT e successivamente conservato a temperature superiori ai 30°C, specialmente in presenza di sali di magnesio.

Un operatore del settore deve saper distinguere un reale fallimento del pastorizzatore da un fenomeno di riattivazione o dalla presenza di ALP di origine microbica, prodotta da batteri termoresistenti. In questo contesto, l'analisi segue due strade distinte. Il test di ri-pastorizzazione (eseguito in laboratorio a 63°C per 30 minuti) permette di isolare l'ALP microbica: essendo altamente termostabile, la sua attività non diminuirà significativamente dopo il trattamento, a differenza dell'ALP nativa del latte che verrà distrutta. Per differenziare invece un'ALP residua (da mancata pastorizzazione) da una riattivata, si ricorre al test di attivazione con magnesio, confrontando i livelli di incremento dell'enzima in condizioni controllate ed escludendo così, con assoluta certezza, un falso positivo o un reale guasto tecnico all'impianto.

Appare dunque evidente come il monitoraggio della Fosfatasi Alcalina sia un'operazione cruciale per la sicurezza e la conformità normativa. Gestire numerose variabili in tempo reale richiede una reattività analitica che i metodi di laboratorio tradizionali, spesso lunghi e complicati, faticano a garantire. Per implementare dinamiche efficienti di *Positive Release* ed evitare blocchi durante lo stoccaggio, diventa quindi indispensabile l'adozione di soluzioni analitiche capaci di trasferire l'accuratezza del laboratorio ufficiale direttamente sul luogo di produzione.

3. L'analisi dell'ALP con il sistema CDR FoodLab®

Il sistema **CDR FoodLab®** è capace di trasferire l'accuratezza della fluorimetria ufficiale direttamente in linea di produzione tramite un approccio rapido e intuitivo, ottimizzato per qualunque tipo di operatore. Superando la complessità dei metodi tradizionali, questa soluzione per la **determinazione della fosfatasi alcalina** azzerà le criticità operative grazie all'impiego di reattivi pre-infialati e pronti all'uso. L'analisi si completa in appena **25 minuti** e permette di **elaborare più campioni contemporaneamente**, così da abbassare ulteriormente il tempo di analisi, ottenendo risultati senza richiedere personale specializzato o laboriose calibrazioni. Lo strumento opera su un **range di misura da 0,1 a 7 U/L**, con una **risoluzione fine di 0,01 U/L** e una **ripetibilità di 0,12 U/L**. Questa versatilità trasforma il sistema in una piattaforma analitica completa: l'efficienza nel monitoraggio dell'ALP può infatti essere integrata simultaneamente al controllo di altri parametri

chimici fondamentali, offrendo all'utilizzatore una panoramica a 360 gradi sulla qualità della materia prima e sull'integrità del processo produttivo.

Oltre l'ALP: lo screening integrato con CDR FoodLab®

Sulla stessa piattaforma analitica, è possibile monitorare:

- **Perossidasi (POD):** Fondamentale per rilevare la sovrapastorizzazione. Un risultato **POD Positivo** è il target: dimostra che il latte non è stato stressato termicamente in modo eccessivo, preservandone il valore nutrizionale e le proteine.
- **Furosina/Fruuttosil-lisina:** Indicatore chiave del trattamento termico e della freschezza. Un basso valore di furosina garantisce l'assenza di trattamenti termici troppo aggressivi o di eventuali aggiunte di latte in polvere ricostituito, garantendo così l'integrità degli aminoacidi essenziali.
- **Acido Lattico:** Un marker di igiene primaria. Un basso valore di acido lattico prova la qualità della materia prima che poi subirà il trattamento termico.
- **Urea e Ammoniaca:** Indicatori della salute della bovina e dell'efficienza alimentare, essenziali per il controllo della filiera a monte.

4. Conclusioni

In conclusione, il **monitoraggio della Fosfatasi Alcalina** si conferma un punto fondamentale per la validazione dei trattamenti termici e la tutela della salute pubblica nel comparto lattiero-caseario. L'evoluzione tecnologica interpretata dal sistema **CDR FoodLab®** dimostra come sia oggi possibile coniugare il rigore scientifico dei metodi ufficiali con le necessità di rapidità e flessibilità imposte dai moderni ritmi di linea. Inoltre, la possibilità di espandere lo screening oltre l'ALP sulla medesima piattaforma – integrando in tempo reale l'analisi di **perossidasi, furosina (Fruuttosil-lisina), acido lattico, urea e ammoniaca** – permette allo stabilimento di non limitarsi a una semplice verifica di conformità. Il controllo qualità consente di tutelare il valore nutrizionale della materia prima, ottimizzare i processi aziendali e blindare la sicurezza del consumatore.

Bibliografia / Riferimenti Bibliografici

Punoo, H. A. (2018). Validation of Milk Product Pasteurization by Alkaline Phosphatase Activity. *Concepts of Dairy & Veterinary Sciences*, 1(3), 78-89. Lupine Publishers. DOI: 10.32474/CDVS.2018.01.000113

Cornell University Department of Food Science. (2022). *Alkaline Phosphatase (ALP) Testing for Milk Pasteurization*. Dairy Foods Science Notes (Versione 11-07). Cornell University, Ithaca, NY.