

Sécurité du lait et traitements thermiques : l'efficacité du test de la phosphatase alcaline (ALP) avec CDR FoodLab®

Dr Simone Pucci - Responsable du laboratoire de chimie du CDR « Francesco Bonicolini »

P2622

1. Introduction et importance biochimique de la phosphatase alcaline (ALP)

Dans l'industrie laitière, la **phosphatase alcaline (ALP)** n'est pas simplement une enzyme endogène ; elle constitue un **pilier analytique fondamental** pour la validation de la sécurité microbiologique. Indicateur **intrinsèque de temps et de température**, l'ALP sert de marqueur biochimique dont l'inactivation signale la réussite du traitement thermique, protégeant ainsi la santé publique et garantissant la conformité réglementaire.

Définition et cinétique enzymatique

La phosphatase alcaline est une enzyme naturellement présente dans le lait cru de diverses espèces (**bovine, ovine, caprine**). Sa fonction biochimique consiste en l'hydrolyse des groupements phosphate en milieu alcalin (pH optimal de **8 à 10**). L'importance stratégique de la phosphatase alcaline comme indicateur de procédé réside dans sa **thermorésistance**, légèrement supérieure à celle des pathogènes non sporulés les plus critiques pour la santé humaine.

En matière de thermorésistance, la courbe d'inactivation thermique de la phosphatase alcaline présente une caractéristique cinétique exploitée par l'industrie laitière comme indicateur de procédé : sa température de dénaturation est en effet légèrement supérieure à celle des micro-organismes pathogènes non sporulés les plus critiques pour la santé humaine. Parmi ceux-ci, *Mycobacterium tuberculosis* se distingue, ayant été historiquement utilisé comme référence pour définir les paramètres minimaux de traitement, et notamment *Coxiella burnetii* (l'agent causal de la fièvre Q), désormais universellement reconnu comme le pathogène non sporulé le plus résistant à la chaleur présent dans le lait cru.

Le principe fondamental de la « **marge de sécurité** » repose précisément sur cette particularité biochimique : l'ALP, supportant des combinaisons de temps et de température légèrement supérieures à celles de ces bactéries, est totalement inactivée, ce qui garantit l'élimination effective de la charge pathogène ciblée. Il est important de souligner qu'un test ALP négatif est l'indicateur spécifique de la destruction des formes végétatives bactériennes, mais ne garantit pas l'absence de micro-organismes sporulants, qui nécessitent des traitements thermiques plus poussés (comme le traitement UHT). Néanmoins, ce test constitue une preuve

légale et technique du respect des paramètres minimaux de pasteurisation fixés par la réglementation (72 °C pendant 15 secondes ou 63 °C pendant 30 minutes), confirmant ainsi la sécurité microbiologique du lait frais mis sur le marché.

2. Contrôle des traitements thermiques dans le processus de production

La pasteurisation représente le **point critique de contrôle (CCP)** par excellence dans une usine. Une gestion inefficace de ce paramètre compromet non seulement la sécurité, mais expose également l'entreprise à des risques financiers liés aux goulets d'étranglement logistiques et aux rappels de produits.

Prévention des risques, variabilité interspécifique et limites réglementaires

Le contrôle rigoureux de l'activité phosphatase alcaline (ALP) répond avant tout à des impératifs de santé publique. Il constitue un rempart fondamental contre la transmission d'agents pathogènes responsables de maladies graves transmissibles à l'homme (zoonoses) et garantit la sécurité du produit fini. Cependant, l'efficacité de ce contrôle repose sur une compréhension approfondie de la variabilité interspécifique. Les niveaux d'ALP de base varient considérablement selon l'espèce animale : le lait de brebis présente une activité enzymatique initiale environ trois fois supérieure à celle du lait de vache, tandis que le lait de chèvre affiche des niveaux jusqu'à cinq fois inférieurs. Par conséquent, l'adoption d'une approche analytique standardisée sans étalonnage spécifique à l'espèce risque d'induire en erreur et de compromettre la sécurité commerciale.

Cette complexité biologique est accentuée par des paramètres réglementaires stricts. Pour le lait de vache, le seuil de sécurité international est fixé à 350 mU /L (milliunités par litre), au-delà duquel le test signale immédiatement une pasteurisation insuffisante ou une recontamination post-traitement par du lait cru. La sensibilité de ce marqueur biochimique est telle qu'il peut détecter des pourcentages infimes de lait non traité, entre 0,02 % et 0,1 %, protégeant ainsi l'ensemble de la chaîne de production contre la contamination croisée.

Le phénomène de « réactivation » (réactivation enzymatique)

La réactivation de la phosphatase alcaline (ALP) est un phénomène biochimique complexe qui

représente un défi pour les laboratoires de contrôle qualité. Cette anomalie se produit fréquemment dans les produits riches en matières grasses, comme la crème, ou dans le lait ayant subi un traitement UHT puis conservé à des températures supérieures à 30 °C, notamment en présence de sels de magnésium.

Un opérateur du secteur doit être capable de distinguer une véritable défaillance du pasteurisateur d'un phénomène de réactivation ou de la présence d'ALP microbienne, produite par des bactéries thermorésistantes. Dans ce contexte, l'analyse suit deux voies distinctes. Le test de re-pasteurisation (réalisé en laboratoire à 63 °C pendant 30 minutes) permet d'isoler l'ALP microbienne : très thermostable, son activité ne diminue pas significativement après le traitement, contrairement à l'ALP native du lait, qui est détruite. Pour différencier l'ALP résiduelle (due à une pasteurisation défectueuse) de l'ALP réactivée, on utilise le test d'activation au magnésium, qui compare l'augmentation des niveaux d'enzyme dans des conditions contrôlées et permet ainsi d'exclure formellement un faux positif ou une véritable défaillance technique du système.

Il est donc clair que le suivi de la phosphatase alcaline est crucial pour la sécurité et la conformité réglementaire. La gestion en temps réel de nombreuses variables exige une réactivité analytique que les méthodes de laboratoire traditionnelles, souvent longues et complexes, peinent à garantir. Afin de mettre en œuvre une dynamique *de libération positive efficace* et d'éviter les goulots d'étranglement lors du stockage, il est donc essentiel d'adopter des solutions analytiques capables de transposer la précision du laboratoire officiel directement sur le site de production.

3. Analyse ALP avec le système CDR FoodLab®

Le **système CDR FoodLab®** permet de transférer la précision de la fluorimétrie officielle directement sur la ligne de production grâce à une approche rapide et intuitive, optimisée pour tout type d'opérateur. Surmontant la complexité des méthodes traditionnelles, cette solution de **dosage de la phosphatase alcaline** élimine les contraintes opérationnelles grâce à l'utilisation de réactifs pré-conditionnés et prêts à l'emploi. L'analyse est réalisée en seulement **25 minutes** et permet le **traitement simultané de plusieurs échantillons**, réduisant ainsi le temps d'analyse et permettant d'obtenir des résultats sans personnel spécialisé ni étalonnages fastidieux. L'instrument fonctionne sur une **plage de mesure de De 0,1 à 7 U/L**, avec une **résolution fine de 0,01 U/L** et une **répétabilité de**

0,12 U/L, cette polyvalence transforme le système en une plateforme analytique complète : un suivi efficace de l'ALP peut être intégré simultanément au contrôle d'autres paramètres chimiques clés, offrant à l'utilisateur une vision à 360° de la qualité de la matière première et de l'intégrité du processus de production.

Au-delà de l'ALP : dépistage intégré avec CDR FoodLab®

Sur la même plateforme d'analyse, vous pouvez surveiller :

- **Peroxydase (POD)**: Test essentiel pour détecter une surpasteurisation . Un résultat **POD positif** est recherché : il démontre que le lait n'a pas subi de traitement thermique excessif, préservant ainsi sa valeur nutritionnelle et ses protéines.
- **Furosine/Fructosyl-lysine**: indicateur clé du traitement thermique et de la fraîcheur. Un faible taux de furosine garantit l'absence de traitements thermiques excessifs ou d'ajout de lait en poudre reconstitué, préservant ainsi l'intégrité des acides aminés essentiels.
- **Acide lactique**: indicateur d'hygiène primaire. Un faible taux d'acide lactique témoigne de la qualité de la matière première qui subira ensuite un traitement thermique.
- **Urée et ammoniac**: indicateurs de la santé bovine et de l'efficacité alimentaire, essentiels pour le suivi de la chaîne d'approvisionnement en amont.

4. Conclusions

En conclusion, **le contrôle de la phosphatase alcaline** demeure essentiel pour la validation des traitements thermiques et la protection de la santé publique dans l'industrie laitière. L'évolution technologique permise par le **système CDR FoodLab®** démontre qu'il est désormais possible d'allier la rigueur scientifique des méthodes officielles à la rapidité et à la flexibilité requises par les lignes de production modernes. De plus, la possibilité d'étendre le contrôle au-delà de la phosphatase alcaline sur la même plateforme – en intégrant l'analyse en temps réel de **la peroxydase**, de **la furosine (fructosyl-lysine)**, de **l'acide lactique**, de **l'urée** et de **l'ammoniac** – permet à l'usine d'aller au-delà des simples contrôles de conformité. Le contrôle qualité garantit la préservation de la valeur nutritionnelle des matières premières, l'optimisation des processus de l'entreprise et une sécurité accrue pour le consommateur.

Bibliographie / Références bibliographiques

Punoo, HA (2018). Validation de la pasteurisation des produits laitiers par l'activité de la phosphatase alcaline. *Concepts of Dairy & Veterinary Sciences* , 1(3), 78-89. Lupine Publishers. DOI : 10.32474/CDVS.2018.01.000113

Département des sciences alimentaires de l'Université Cornell. (2022). *Test de la phosphatase alcaline (ALP) pour la pasteurisation du lait* . Notes scientifiques sur les produits laitiers (version 11-07). Université Cornell, Ithaca, NY.