



Application note | CoaguSens^{MC} Connect

Parcours d'optimisation du rendement - Phase 3 : Contrôle industriel en ligne de la coagulation pour l'optimisation du rendement



COAGUSENS^{MC} CONNECT

CONTEXTE

Le fromage est obtenu par coagulation du lait en séparant le gel de lait en caillé solide et en lactosérum liquide. Le gel de lait est coupé en petits cubes pour augmenter le rapport surface/volume du caillé et permettre l'expulsion du lactosérum, un phénomène appelé synthèse. L'objectif de tout fromager est d'optimiser la rétention des matières grasses et des protéines dans le fromage tout en maintenant le niveau d'humidité à un niveau contrôlé.

La fermeté du gel de lait lors de la coupe influence grandement le taux de rétention des solides, qui est la proportion des solides du lait (tout sauf l'eau) récupérée dans le caillé. Le taux de rétention des solides mesure spécifiquement la performance du traitement du lait, la formulation des recettes, la cinétique de coagulation ainsi que la pertinence de la fermeté du gel sélectionnée au moment de la coupe. Contrairement au rendement global du fromage qui est affecté par de nombreux facteurs du processus, le taux de rétention des solides mesure l'efficacité de la production au niveau technologique du fromage. Le taux de rétention des solides peut également être appelé "rendement de la cuve" ou "rendement de coagulation". Il représente l'efficacité d'un processus industriel à convertir le lait en caillé et se calcule facilement à partir des solides du lait et des solides du lactosérum. Les solides qui ne se transforment pas en fromage finissent en pertes dans le lactosérum.

Bien qu'ils puissent être récupérés par divers procédés et transformés en ingrédients de lactosérum, il est dans la plupart des cas plus rentable de retenir les solides dans le fromage. Pour une composition de lait et une recette données, il existe une fermeté de coupe optimale pour atteindre le rendement de cuve le plus élevé. Trancher le gel trop mou conduit à un rendement de cuve inférieur en raison de la perte accrue de matière grasse dans le lactosérum, tandis qu'une coupe trop ferme entraîne une teneur en humidité trop élevée du caillé ainsi qu'un tranchage difficile du caillé. Une fermeté de coupe sous-optimale altère également le processus de maturation et la qualité finale du produit.

Il est généralement admis qu'il est plus rentable de transformer les solides du lait en fromage plutôt que de retransformer les solides du lactosérum pour extraire les matières grasses et les protéines. Comme les ingrédients du lactosérum ont une valeur inférieure et nécessitent des équipements, de l'énergie et du personnel supplémentaires pour être extraits, il est intéressant d'augmenter le rendement de la cuve afin de fabriquer plus de fromage à partir d'un même volume de lait. De plus, comme la production de lait

est responsable de plus de 90 % de l'empreinte carbone de la fabrication du fromage, maximiser la productivité de la cuve contribue directement à réduire l'impact environnemental de l'industrie fromagère.

Actuellement, dans les fromageries, les gels de lait sont coupés soit : à un temps fixe; à un moment calculé à partir du temps de flocculation mesuré; et/ou selon l'évaluation subjective de la texture et de l'apparence du gel par le fromager. Aucune de ces techniques n'est parfaitement précise ni suffisamment sensible aux variations de la fermeté du gel de lait. Ces techniques entraînent des fluctuations considérables du taux de rétention des solides et se combinent à de nombreux autres facteurs qui affectent le rendement, tels que la variation saisonnière du lait et les standardisations et traitements complexes du lait.

Il existe un besoin clair de mesures objectives, quantitatives, en ligne et en temps réel de la fermeté du gel de lait pendant la coagulation permettant une coupe maîtrisée et cohérente du gel.

C'est pourquoi Rheolution Inc. a développé CoaguSens^{MC} Connect, le premier instrument de test industriel qui :

- Mesure quantitativement la fermeté du gel de lait pendant la coagulation
- Contrôle la formation du caillé à proximité de la cuve de coagulation.
- Déclenche automatiquement la coupe lorsque la fermeté cible optimale est atteinte par le caillé.

Cette note d'application présente les résultats obtenus dans une fromagerie nord-américaine produisant du cheddar et qui a déployé le CoaguSens^{MC} Connect pour augmenter le taux de rétention des solides.

COAGUSENS^{MC} CONNECT

CoaguSens^{MC} Connect caractérise en temps réel l'évolution de la fermeté du gel de lait pendant la coagulation sous l'action d'enzymes (coagulation) ou de fermentations (fermentation). Le principe technologique breveté derrière cet instrument est purement mécanique : la réponse dynamique de l'échantillon de lait à de faibles vibrations est d'abord mesurée à l'aide d'une sonde laser sans contact, puis traitée pour obtenir une valeur quantitative de la fermeté du gel (élasticité ou module de cisaillement G'). CoaguSens^{MC} Connect possède les spécifications principales suivantes :

- Mesure en temps réel de la fermeté du gel de lait.
- Contrôle thermique entre 20°C (68°F) et 50°C (122°F)
- Conception étanche certifiée (IP65)
- Protocole de communication avec les PLC : Modbus TCP/IP

CoaguSens^{MC} Connect est équipé d'une interface utilisateur modulaire et conviviale basée sur un écran tactile, appelée CoaguTouch^{MC}, conçue pour configurer l'instrument, définir et exécuter un test, et analyser les données. Elle a été conçue pour une intégration simple avec les systèmes de contrôle PLC existants en usine pour un contrôle automatisé des processus. CoaguTouch^{MC} fournit des outils et des fonctions pour gérer, analyser, afficher, stocker et transférer des données.

OPTIMISATION DU RENDEMENT EN CUVE AVEC COAGUSENS^{MC} CONNECT

Les objectifs de l'étude étaient les suivants :

1. Utiliser CoaguSens^{MC} Connect pour mesurer et tracer en temps réel la fermeté du gel de lait pendant la coagulation et à proximité des cuves.

- Augmenter le taux de rétention des solides (rendement en cuve) en déterminant la fermeté optimale au tranchage des gels de lait.

Le taux de rétention des solides a été calculé à partir des solides du lait en cuve (la quantité totale de solides contenus dans le lait) et des solides du lactosérum en cuve (la quantité totale de solides contenus dans le lactosérum échantillonné après la coupe et le temps de repos), tous deux mesurés à l'aide d'un analyseur de lait infrarouge MilkoScan FT2 (FOSS, Danemark). Le taux de rétention des solides a été calculé en utilisant la formule suivante :

$$\text{Taux de rétention des solides (\%)} = \frac{\text{Poids des solides du lait} - \text{Poids des solides du lactosérum}}{\text{Poids des solides du lait}}$$

Le taux de rétention des solides est un meilleur indicateur de performance de la coagulation que le rendement fromager global, car il n'est pas influencé par l'humidité du fromage et par toutes les étapes de production qui suivent la coagulation du lait. L'étude en usine a eu lieu dans une fromagerie nord-américaine produisant du cheddar, qui utilise un lait fortement enrichi :

COMPOSITION DU LAIT	
Teneur en protéines	4.2%
Teneur totale en solides	14.5%

L'étude a été structurée en 3 phases :

PHASE 1 – APPRENTISSAGE

Pendant cette phase, la fermeté du gel de lait au moment de la coupe a été mesurée à l'aide de CoaguSens^{MC} Connect sur 40 cuves différentes. Le moment de la coupe a été décidé par le fromager en suivant une technique de palpation manuelle pour évaluer la texture du caillé.

PHASE 2 – STABILISATION

La fermeté moyenne de coupe des 40 cuves testées pendant la phase d'apprentissage a été calculée (235 Pa) et utilisée comme fermeté cible pour la coupe des 40 cuves suivantes. Cette mesure a permis de stabiliser la fermeté de coupe du gel de lait et le taux de rétention des solides s'est stabilisé à une moyenne de 60,0 %.

PHASE 3 - OPTIMISATION

L'exécution de la phase 1 (phase d'apprentissage) a fourni des indications intéressantes. En effet, les cuves où les gels de lait ont été tranchés à une fermeté inférieure ont montré des taux de rétention des solides plus élevés. Ainsi, la fermeté cible de tranchage a été abaissée de 235 Pa à 170 Pa. Suite à cette modification, le taux moyen de rétention des solides est passé de 60,0 % à 63,3 %.

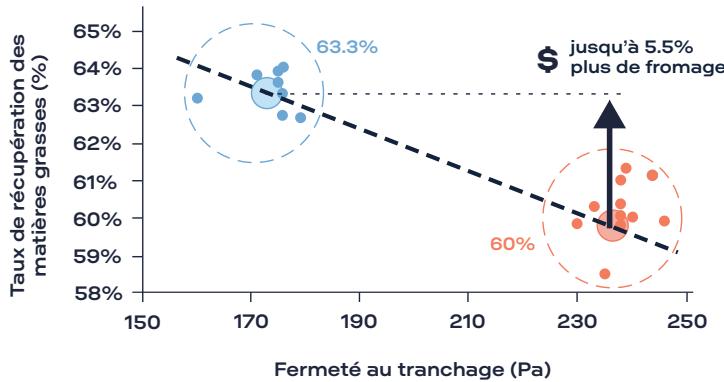
Une cuve d'une capacité de 16 000 L de lait produisait 2 324 kg de fromage avec un taux de rétention des solides de 60 %. Après avoir modifié la fermeté cible de coupe et augmenté le taux de rétention des solides à 63,3 %, la même cuve a produit 2 452 kg de fromage. En d'autres termes, la production a augmenté de 128 kg de fromage par cuve avec un taux d'humidité de 39 %.



ÉCONOMIE ET RETOUR SUR INVESTISSEMENT

En fournissant en temps réel la fermeté du gel de lait au fromager, CoaguSens^{MC} Connect permet un contrôle parfait en ligne de l'étape de tranchage et une optimisation rapide du rendement en cuve. Augmenter la productivité de la cuve permet de produire plus de fromage à partir du même volume de lait, ce qui impacte positivement de nombreux aspects commerciaux : le besoin d'investissement supplémentaire en cuves peut être retardé, les commandes de pointe des clients peuvent être traitées, la consommation de matières premières et d'énergie est réduite.

En affichant en direct la cinétique de coagulation, CoaguSens^{MC} Connect permet d'agir rapidement à des défauts de coagulation, aux erreurs humaines ou aux pannes d'équipement (dosage insuffisant de cultures ou de présure, défauts du lait, étape ou ingrédient oublié, panne d'équipement, etc.). Quoi qu'il arrive, CoaguSens^{MC} Connect vous indique à tout



Taux de rétention des solides en fonction de la fermeté de coupe des gels de lait dans une usine de cheddar nord-américaine

moment la fermeté du gel de lait, vous permettant ainsi de prendre la bonne décision afin de sauvegarder votre lot, votre rendement et la qualité de votre fromage. Le retour sur investissement (ROI) du CoaguSens^{MC} Connect varie de 6 à 12 mois.

CoaguSens^{MC} Connect a été conçu pour être utilisé par les fromagers (ou les opérateurs de production) qui l'utilisent régulièrement pour générer des données ou contrôler la coagulation en production. Les responsables de l'optimisation de la production ou des processus peuvent également utiliser les données générées par CoaguSens^{MC} Connect pour élaborer des stratégies d'optimisation du rendement.

À RETENIR

L'industrie fromagère a besoin d'une technologie capable d'imiter la technique ancestrale de palpation manuelle du gel de lait, tout en étant plus précise et fiable. Les technologies à fil chaud et optiques ont donné des résultats insatisfaisants car elles ne mesurent pas la fermeté du gel de lait. Étant installées à l'intérieur des cuves, elles sont extrêmement vulnérables aux hétérogénéités locales en termes de distribution de coagulant dans la cuve.

CoaguSens^{MC} Connect offre une mesure en temps réel de la fermeté du gel de lait, comparable au toucher humain. La fermeté du gel est mesurée avec une grande sensibilité et tracée en temps réel, du moment de l'emprésurage jusqu'au tranchage du caillé. Ces caractéristiques uniques permettent de contrôler parfaitement la coagulation et de réagir rapidement à toute dérive. Elles permettent également aux fromagers, aux spécialistes de la R&D et de l'amélioration de la productivité d'obtenir le rendement de cuve le plus élevé pour chacune de leurs technologies fromagères.

Même pour les laits hautement standardisés, la cinétique de coagulation varie subtilement. Si les caillés sont tranchés à temps fixe, la fermeté au tranchage variera en entraînant des rendements sous-optimaux. Les tests réalisés en usine et décrits dans cette étude ont révélé que CoaguSens^{MC} Connect aide à augmenter le rendement en cuve.