

Optimisation du rendement au cailleur par mesure sur-ligne et en temps réel de la fermeté du caillé à l'aide de CoaguSens^{MC}

Mesurez en temps réel les cinétiques de fermeté du caillé laitier avec CoaguSens^{MC}

Coupez à la fermeté optimale et obtenez plus de fromage de vos cailleurs

Déclenchez automatiquement la coupe à l'atteinte de la fermeté optimale



Production industrielle



Chimie des aliments



Contrôle procédés

Fabrication du fromage, fermeté du caillé, optimisation du rendement au cailleur, contrôle de procédé

POURQUOI LE RENDEMENT AU CAILLEUR ?

Le fromage est obtenu par coagulation du lait avec de la pressure puis en séparant le caillé solide du lactosérum liquide. Le caillé est coupé afin de permettre l'expulsion du lactosérum du caillé, un phénomène appelé synérèse. La fermeté du caillé au moment de la coupe affecte fortement le Taux de Rétention des Solides Totaux (TR-ST), proportion de matières sèches passant du lait au fromage.

Le TR-ST mesure spécifiquement l'efficacité de l'étape de coagulation et la pertinence de la fermeté de coupe choisie, contrairement au rendement global qui est influencé par les étapes suivant la coupe et par l'humidité du fromage. Le TR-ST est aussi appelé « rendement au cailleur ». Il représente l'efficacité de l'étape de caillage à convertir les solides du lait en fromage. Il est aisément calculé à partir de l'analyse des solides totaux du lait enrichi et du lactosérum. Les solides non convertis en fromage se retrouvent dans les solides du lactosérum. Bien que ces derniers puissent être récupérés par différents procédés, il est plus profitable de retenir les solides directement dans le fromage.

Pour une composition de lait donnée, il existe une fermeté de coupe optimale qui offre le meilleur rendement au cailleur. Couper le gel trop mou ou trop ferme réduit ce rendement en augmentant les pertes dans le lactosérum et impacte aussi l'affinage et la qualité finale du fromage. Il est plus profitable de transformer les solides du lait en fromage plutôt que de recycler les solides du lactosérum en ingrédients de moindre valeur. Un rendement au cailleur plus élevé produit plus de fromage à



CoaguSens^{MC}: le premier instrument de procédé permettant la mesure et l'affichage en temps réel des cinétiques de coagulation du lait et la coupe automatique du caillé à la fermeté cible

partir d'un même volume de lait. La production laitière étant responsable de plus de 90% de l'empreinte carbone de la filière fromagère, maximiser le rendement au cailleur contribue aussi à réduire son impact environnemental.

Actuellement, le caillé est coupé à temps fixe, à un temps prédit par rapport au temps de prise et/ou d'après l'évaluation

subjective de la texture et de l'apparence du caillé par le fromager. Aucune de ces techniques n'est parfaitement fiable, ni suffisamment sensible aux variations de fermeté. Ceci produit des variations substantielles de rendement au cailleur, d'autant plus que de nombreux facteurs affectent la formation du gel, tels que l'enrichissement complexe du lait et les variations saisonnières de la composition du lait.

L'industrie fromagère exprime un réel besoin d'une méthode instrumentale de mesure de la fermeté du caillé qui soit quantitative, objective, en temps réel, proche mais hors des cuves. Cet instrument permettrait d'optimiser le rendement au cailleur, d'activer automatiquement la coupe à la fermeté ciblée et de réduire les variations qualitatives du caillé.

Dans cet objectif, Rheolution Inc. a développé CoaguSens^{MC}, le premier instrument de mesure mécanique permettant:

- la mesure quantitative de la fermeté absolue du caillé
- l'affichage en temps réel de la cinétique de coagulation
- la coupe automatique du caillé à l'atteinte de la fermeté cible

Cette note d'application présente des résultats d'usine qui démontrent la capacité de CoaguSens^{MC} à améliorer le rendement au cailleur. Les essais ont été réalisés sur des lots de cheddar dans une fromagerie nord-américaine innovante.

COAGUSENS^{MC} : COMMENT ÇA FONCTIONNE ?

CoaguSens^{MC} mesure en temps réel l'évolution de la fermeté du lait en cours de coagulation. 200 mL de lait emprésuré sont prélevés du cailleur et 2.7 mL sont pipetés dans une cellule de mesure placée dans la chambre thermique de CoaguSens^{MC} réglée à la température exacte du cailleur via l'automate de production (PLC). CoaguSens^{MC} reproduit donc les conditions de coagulation du cailleur, sans être dans le cailleur.

La technologie brevetée de cet instrument est basée sur l'application de micro-vibrations mécaniques et se distingue des technologies de fil-chaud (thermique) ou de diffusion de lumière (optique). CoaguSens^{MC} mesure directement la fermeté absolue en Pascals (Pa), par opposition aux deux autres technologies qui réalisent des mesures indirectes du temps de prise qui sont converties en un temps de coupe prédit théoriquement. Afficher en temps réel l'évolution de la fermeté absolue du caillé est plus pertinent, plus utile et plus précis. Cela reproduit la sensibilité tactile des fromagers d'expérience avec une sensibilité 27 fois supérieure.

Les mesures de CoaguSens^{MC} sont non-destructives. Les micro-vibrations appliquées au lait coagulant ne font que quelques micromètres d'amplitude, ce qui permet des mesures répétitives et ainsi l'affichage de cinétiques de fermeté en fonction du temps.

CoaguSens^{MC} présente les spécifications suivantes:

- Gamme de fermeté (élasticité): 0 Pa à 10,000 Pa (± 0.1 Pa)
- Régulation thermique: 20 à 50°C (±0.5°C)
- Intervalle entre les mesures : 1 seconde à 120 minutes
- Durée d'un test : de 10 secondes à 1200 heures
- Interface : écran tactile couleur et logiciel CoaguTouch^{MC}
- Indice de protection: IP65 (stainless 304, fini #4)
- Protocole de communication: Modbus TCP/IP, FTP
- Ports de communication : USB 2.0 (2 X), Ethernet

CoaguSens^{MC} est accompagné de CoaguTouch^{MC}: un logiciel modulaire et convivial avec interface tactile conçu pour le paramétrage des tests, l'affichage temps réel, la consultation, l'archivage et l'exportation des données. Ce logiciel est compatible avec les systèmes existants de contrôle automatisé de procédé type PLC. CoaguSens^{MC} a été optimisé avec les fromagers, pour les fromagers.

CoaguTouch^{MC} peut être utilisé en deux modes : 1/ le **mode automatique** active directement la coupe du caillé via l'automate industriel existant, 2/ le **mode manuel** laisse le fromager activer la coupe. CoaguSens^{MC} agit alors comme un conseiller qui prévient l'opérateur quand il est temps de couper.



Il peut alors vérifier la texture du caillé et valider ou retarder la coupe. Avec le temps, CoaguSens^{MC} devient pour le fromager l'outil parfait de suivi de la fermeté de coupe du caillé, lui offrant ainsi le plein contrôle sur la performance de l'étape clé de la coagulation.

OPTIMISATION DU RENDEMENT AU CAILLEUR AVEC COAGUSENS^{MC}

Objectifs :

1. Utiliser CoaguSens^{MC} pour mesurer et afficher en temps réel la fermeté du caillé, à proximité des cailleurs.
2. Augmenter le Taux de Rétention des Solides Totaux (TR-ST) en déterminant la fermeté de coupe optimale du caillé.

Le TR-ST a été calculé à partir des taux de solides totaux dans le lait et le lactosérum analysés tous deux avec un analyseur infra-rouge.

$$\text{TR-ST (\%)} = \frac{\text{Masse solides du lait} - \text{Masse solides du lactosérum}}{\text{Masse solides du lait}}$$

Le TR-ST est un bien meilleur indicateur de performance de l'étape de coagulation que le rendement fromager qui est influencé par l'humidité du fromage et les procédés qui suivent la coagulation.

Les tests en usine ont été réalisés dans une fromagerie nord-américaine utilisant un lait fortement enrichi (4.2% de protéines, 14.5% de solides totaux) et se sont déroulés en 3 étapes:

Apprentissage

Les fermetés de coupe des caillés de 40 lots ont été mesurées avec CoaguSens^{MC}, le temps de coupe étant décidé par le fromager selon la technique traditionnelle de palpation manuelle du caillé.

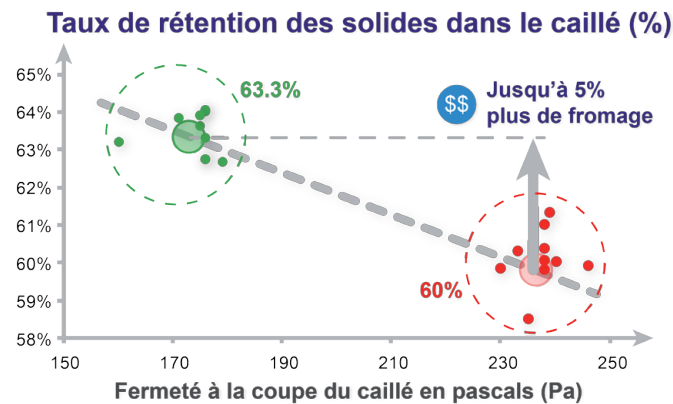
Stabilisation

La fermeté de coupe moyenne des 40 cuves d'apprentissage a été calculée (235 Pa) et appliquée comme cible de fermeté à la coupe. Ce changement a fortement stabilisé l'étape de coagulation.

tion. Le rendement moyen au cailleux était ici de 60%. La fermeté de coupe étant sous contrôle, l'optimisation du rendement au cailleux pouvait commencer!

Optimisation

La phase 1 a montré que les caillés coupés plus mous donnaient de meilleurs TR-ST. La cible de fermeté de coupe a donc été abaissée de 235 à 170 Pa. Le TR-ST est alors passé de 60 à 63.3%.



16,000 Kg de lait ont produit 2,324 Kg de fromage à 60% de TR-ST et 2,452 Kg à 63.3%, soit 128 Kg de fromage en plus par cailleux.

Une amélioration de productivité des cailleux de 5.5% a été réalisée.

ASPECTS ÉCONOMIQUES & RETOUR SUR INVESTISSEMENT

En affichant en temps réel la fermeté absolue du caillé, CoaguSens^{MC} offre au fromager le parfait contrôle de l'étape critique de coupe et l'optimisation rapide du rendement au cailleux. Augmenter la productivité au cailleux permet de produire plus de fromage à partir d'un même volume de lait.

En affichant en continu les cinétiques de coagulation, CoaguSens^{MC} permet une réaction rapide et précoce aux incidents de coagulation, aux défauts d'équipement, aux erreurs humaines ou aux variations qualitatives des ingrédients. Quoi qu'il arrive, CoaguSens^{MC} vous informe en tout temps de la fermeté actuelle du caillé, vous permettant de prendre la bonne décision et de contrôler votre batch, votre rendement et la qualité de vos fromages.

La durée du retour sur investissement dépend des volumes de production et varie de 3 à 10 mois. Un seul CoaguSens^{MC} peut gérer 2 à 3 cailleux dépendamment du temps moyen de coagulation et du chevauchement des lots de production.

Les fromagers ou opérateurs des cailleux utilisent CoaguSens^{MC} en routine pour produire les données dont ils bénéficient en temps réel. Les responsables de production ou d'optimisation de performances industrielles exploitent les données exportées afin d'élaborer des stratégies d'optimisation de l'étape de coagulation. Démarrer un projet de déploiement de CoaguSens^{MC} nécessite un suivi mais aucune ressource humaine supplémentaire. Rheolution offre, à ce titre, un soutien complet au déploiement de CoaguSens^{MC}.

Le prix du lait fluctue, les marges sont faibles, la compétition est ardue. Les fromageries doivent donc investir dans l'optimisation de leur rendement au cailleux. CoaguSens^{MC} est le meilleur outil pour atteindre cet objectif.

CE QU'IL FAUT RETENIR

L'industrie fromagère attend depuis longtemps une technologie capable d'imiter le geste de palpation manuelle du caillé, tout en étant plus précise et plus fiable. Les technologies de fil chaud et de diffusion de lumière ont donné des résultats mitigés parce qu'elles ne fournissent qu'une prédiction théorique, indirecte et imprécise d'un temps de coupe recommandé. Elles nécessitent également d'être installées à l'intérieur des cuves de coagulation.

CoaguSens^{MC}, situé hors des cuves, fournit en temps réel la mesure de la fermeté absolue dans l'unité appropriée : le pascal (Pa). CoaguSens^{MC} mesure la fermeté du caillé avec une sensibilité 27 fois supérieure à celle du palpé du fromager et est affichée en continu de l'emprésurage à l'étape de coupe et au-delà. Une mesure de fermeté peut être faite chaque seconde. Contrairement à la palpation manuelle, les mesures de fermeté réalisées par CoaguSens^{MC} sont quantitatives et peuvent être sauvegardées et analysées avec des outils statistiques basiques ou avancés. CoaguSens^{MC} peut fonctionner comme conseiller du fromager ou comme activateur automatique de la coupe.

Ces fonctionnalités uniques autorisent un contrôle parfait de la coagulation et une réaction rapide aux dérives. Elles permettent aussi aux fromagers et aux personnes en charge de l'amélioration de performance d'obtenir le meilleur rendement au cailleux pour chacune des formulations de lait.

Même pour des procédés hautement standardisés, les cinétiques de coagulation varient subtilement. Si le caillé est coupé à temps fixe, la fermeté à la coupe fluctue ce qui entraîne des rendements au cailleux non optimaux.

Nos tests en usine ont révélé que CoaguSens^{MC} permet d'augmenter significativement le rendement au cailleux. En quelques semaines, le taux de rétention des solides du lait dans le fromage est passé de 60 à 63.3%. La productivité des cailleux a augmenté de 5.5%.

Contactez-nous dès aujourd'hui pour commencer à optimiser votre rendement au cailleux !

Rheolution Inc.

5333 Casgrain Ave., Suite #712
Montreal, QC, H2T 1X3
Canada

+1 514-586-2006 www.rheolution.com informations@rheolution.com