



Note d'Application | CoaguSens^{MC} Connect

Taux de rétention des solides et coagulation : Une étude de corrélation en usine pilote



COAGUSENS^{MC} CONNECT

CONTEXTE

Cette note d'application décrit une étude réalisée à l'usine pilote de fabrication de fromage du centre de R&D du ministère canadien de l'agriculture et de l'agroalimentaire (Agriculture et Agroalimentaire Canada) à Saint-Hyacinthe (QC, Canada). L'étude visait à mesurer l'influence de la fermeté du caillé et de la vitesse de coagulation au moment de la coupe sur les taux de rétention de la matière grasse, des protéines et des solides dans du cheddar. Le CoaguSens^{MC} Connect (Rheolution Inc, Canada) a été utilisé pour mener cette étude.

COAGUSENS^{MC} CONNECT

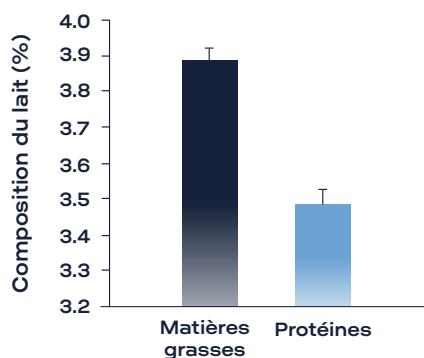
CoaguSens^{MC} Connect caractérise en temps réel l'évolution de la fermeté du gel de lait pendant la coagulation sous l'action d'enzymes (coagulation) ou des ferments (fermentation). Le principe technologique breveté de cet instrument est purement mécanique : la réponse dynamique de l'échantillon de 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 a 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 PLCs : Modbus TCP/IP

CoaguSens^{MC} Connect est équipé d'une interface utilisateur modulaire, conviviale et connectée 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 efficace avec les PLC existants en usine pour un contrôle de processus automatique. CoaguTouch^{MC} fournit des outils et des fonctions orientés utilisateur pour gérer, analyser, afficher, stocker et transférer les données.

CONTEXTE DE L'ÉTUDE

Cette étude visait à mesurer l'effet de la coupe des gels de lait (produits par coagulation enzymatique) à quatre (04) fermetés différentes du caillé sur les taux de rétention de la matière grasse, des protéines et des solides. Le type de fromage produit dans cette étude était le cheddar. Le projet visait également à mesurer l'effet de la vitesse de coagulation au moment de la coupe sur les différents taux de rétention.



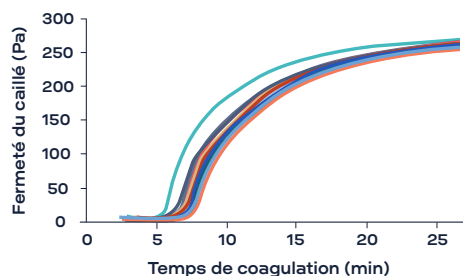
Teneur en matières grasses et en protéines du lait standardisé utilisé dans l'étude

Pour cela, 3 répétitions randomisées ont été effectuées pour chacune des quatre (04) fermetés de coupe. Un total de 12 cuves a été testé de novembre 2016 à mars 2017. Une cuve montrant des taux de rétention extrêmes (valeurs aberrantes) a été retirée de cette étude.

PROTOCOLE

Les paramètres et conditions de l'étude expérimentale sont résumés dans le tableau suivant :

Conditions de production	
Cuves	Trois cuves double-O de 100 L ont été utilisées lors de chacune des 4 journées de production
Période	De novembre 2016 à mars 2017
Plan expérimental	4 productions, 3 cuves par production. Les 4 niveaux de fermeté de coupe ont été testés de manière aléatoire au cours des 4 journées de production.
Standardisation du lait et paramètres technologiques	
Teneur en matières grasses du lait	Standardisée à 3,88 % (+/- 0,04 %)
Protéines du lait	Standardisées à 3,48 % (+/- 0,04 %)
Solides du lait	Standardisés à 12,85 % (+/- 0,08 %)
pH du lait	Ajusté à 6,7 avec de l'acide lactique
Culture	Lactococcus lactis ssp cremoris (collection AAC) inoculé à $(1,28 \pm 0,7) \times 10^7$ UFC par mL de lait
Coagulant	CHY-MAX Extra (Ch. Hansen A/S, Danemark) à 7200 IMCU/100 L de lait
Chlorure de calcium (CaCl_2)	26 mL per 100L of milk (at a dilution of 35% w/w)
Température de coagulation	32°C (90°F)
pH à l'emprésurage	Emprésurage initié à un pH de 6,45
Tranchage et drainage du caillé	
Coupe du caillé	Manuelle (lyre)
Fermetés de coupe testées	190, 210, 230 et 260 Pa (mesurées par CoaguSens™ Connect)
pH de drainage du lactosérum	Drainage initié à un pH de 6,10
Analyse du lait et du lactosérum	
Matières grasses et solides dans le lait et le lactosérum	Analyseur de lait infrarouge MilkoScan FT-120 (FOSS, Danemark)
Protéines dans le lait et le lactosérum	Kjeldahl (Kjeltec 1030 - Tecator)



Cinétique de coagulation des 12 Cuves analysées dans cette étude. La variabilité de la cinétique de coagulation (due à la variabilité des conditions expérimentales) a été mesurée avec précision par le CoaguSens^{MC} Connect.

PARAMÈTRES MESURÉS PAR LE COAGUSENS^{MC} CONNECT

CoaguSens^{MC} Connect a été utilisé pour mesurer les paramètres suivants en échantillonnant le lait de chacune des 12 cuves testées :

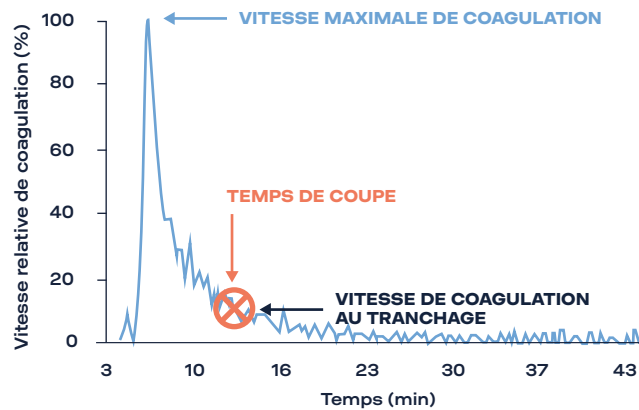
- Cinétique de coagulation : fermeté du caillé en fonction du temps.
- Fermeté du caillé au moment de la coupe.
- Vitesse de coagulation au moment de la coupe (V_{cut})
- Vitesse maximale de coagulation (V_{max})

La vitesse relative de coagulation au moment de la coupe a été calculée sur la base des courbes d'évolution temporelle de la vitesse de coagulation comme suit :

Où :

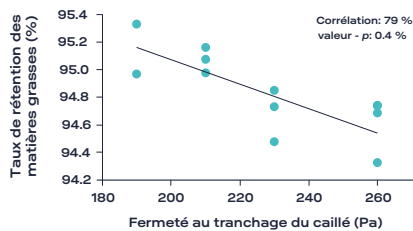
$$\text{Vitesse relative de coagulation (\%)} = \frac{\text{Vitesse de coagulation au tranchage}}{\text{Vitesse maximale de coagulation}}$$

- La vitesse de coagulation au moment de la coupe est la vitesse à laquelle le lait coagule (mesurée en Pa/s) au moment exact où la coupe du caillé a été initiée.
- La vitesse maximale de coagulation est le maximum de la courbe de vitesse de coagulation, représentant le taux maximal de formation du gel de lait au début de la cinétique de coagulation.

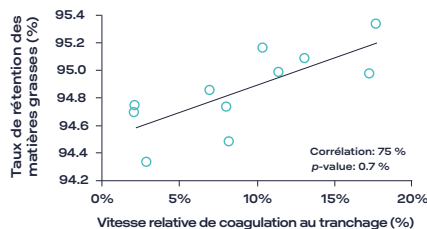


Les taux de rétention des matières grasses, des protéines et des solides ont été calculés avec la formule suivante (exemple de calcul sur les matières grasses) :

$$\text{Taux de récupération des matières grasses (\%)} = \frac{\text{Poids des matières grasses du lait} - \text{Poids des matières grasses du lactosérum}}{\text{Poids des matières grasses du lait}}$$



La rétention des matières grasses augmente fortement lorsque le caillé est tranché à des niveaux de fermeté plus faibles.



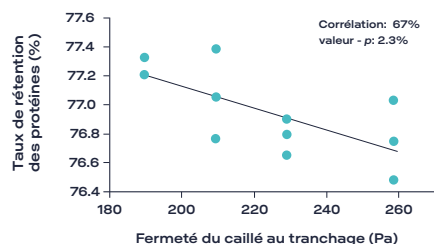
Le taux de rétention des matières grasses augmente fortement à des vitesses d'organisation du gel plus élevées.

RÉSULTATS & CONCLUSIONS

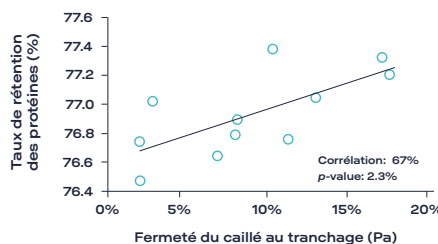
Les résultats de cette étude montrent comment la fermeté de coupe affecte le taux de rétention des matières grasses, des protéines et des solides dans le fromage. Les pertes sont également, en conséquence, significativement affectées par la fermeté de coupe et la vitesse d'organisation du gel de lait. Il est notable dans cette étude qu'une fermeté de coupe plus faible induit des taux de rétention plus élevés de tous les ingrédients précieux dans le fromage. La méthodologie développée dans cette étude peut être transposée à l'échelle industrielle afin d'optimiser la cinétique de coagulation ainsi que la fermeté du caillé à l'étape critique du tranchage.

IMPACT FINANCIER

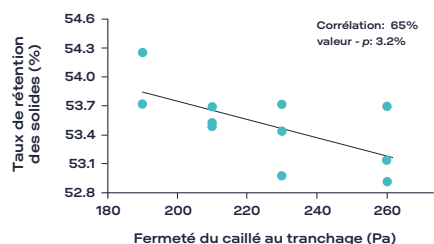
Les calculs financiers ci-dessous ont été effectués sur la base des résultats et conclusions de l'étude réalisée par Agriculture et Agroalimentaire Canada (Centre de R&D AAC à Saint-Hyacinthe, QC, Canada). Les calculs financiers ci-dessous visent à simuler les économies qu'une usine de grande taille pourrait générer sur une année si le taux de rétention des matières grasses, des protéines et des solides est optimisé grâce à un meilleur contrôle de la fermeté au tranchage du caillé.



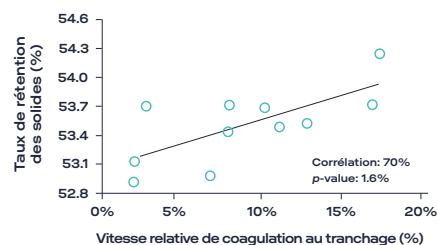
La rétention des protéines augmente fortement lorsque le caillé est tranché à des niveaux de fermeté plus faibles.



Le taux de rétention des protéines augmente fortement lorsque le tranchage se fait à des vitesses d'organisation du gel plus élevées.



La rétention des solides augmente fortement lorsque le caillé est tranché à des niveaux de fermeté plus faibles.



Le taux de rétention des solides augmente fortement lorsque le tranchage se fait à des vitesses d'organisation du gel plus élevées.

PROFIL D'UNE USINE TYPIQUE (Exemple)

Type de fromage	Cheddar
Nombre de cuves produites par an	14 000
Humidité du fromage (%)	39
Densité	1.033
Volume de lait par cuve (L)	20 000
Poids du lait par cuve (kg)	20 660

PRIX DU MARCHÉ DU CHEDDAR

Canada (CA\$/kg)	8
USA (US\$/kg)	4
Europe (€/kg)	3.8

COMPOSITION DU LAIT (Exemple)

	Matières grasses	Protéines	Solides
Composition du lait (%)	3.88	3.48	12.85
Poids par cuve (kg)	802	719	2,654
Taux de rétention minimum (%)	94.6	75.0	53,2
Taux de rétention maximum (%)	95.2	76.0	54.0
Poids au taux de rétention minimum (kg)	759	759	1,412
Poids au taux de rétention maximum (kg)	764	547	1,433

EXEMPLE DE DÉFICIT (Exemple)

Teneur moyenne en solides (matière sèche) dans le Cheddar (%)	61%
Poids du fromage au taux de rétention minimum (kg)	2,315
Poids du fromage au taux de rétention maximum (kg)	2,349
Déficit moyen par cuve (kg)	2,332
Déficit annuel moyen (kg de fromage) (Différence entre le poids moyen et le poids maximum du fromage par cuve)	17
Déficit annuel moyen (kg de fromage)	238,000

DÉFICIT FINANCIER ANNUEL DÙ AUX PROCESSUS DE COAGULATION MAL CONTRÔLÉS

Canada (CA\$)	1,904,000
USA (US\$)	952,000
Europe (€)	904,400



Contactez nous pour commencer votre processus d'optimisation de la coagulation du lait

Rheolution Inc.
7182 Saint-Urbain St
Montreal, QC, H2S 3H5,
Canada

Rheolution Europe
36bis rue Montcalm
17 000 La Rochelle
France

+1 514 270-2090
+1 800 507-2811
www.rheolution.com
info@rheolution.com