

Savoir  
faire

# Présures et coagulants de substitution

Comment faire le bon choix ?

Jean-Claude Collin, coord.



éditions  
Quæ



# Sommaire

---

<b>Introduction .....</b>	<b>7</b>
<b>Chapitre 1. Les préparations coagulantes utilisées en fromagerie .....</b>	<b>11</b>
Une longue histoire... de la présure aux fromages.....	11
Les différentes préparations enzymatiques coagulantes (procédés d'obtention et formes d'utilisation).....	17
La présure, définition et caractéristiques .....	17
Les procédés d'obtention de la présure.....	20
Évolution d'une profession.....	31
Choix et traitements des caillettes.....	34
Généralités .....	34
Mode de préparation des caillettes.....	36
Conclusion.....	37
Composition des présures.....	40
Teneur en protéases coagulantes .....	40
Composition des « supports ».....	43
Flores associées aux présures traditionnelles et présures en pâte.....	48
Incidence de la présure sur les rendements : aide aux calculs.....	49
Les substituts de la présure .....	54
<b>Chapitre 2. Les protéases abomasales .....</b>	<b>61</b>
Introduction.....	61
Généralités sur les protéases abomasales.....	62
Les protéases abomasales bovines : synthèse et sécrétion.....	64
Structure, organisation et expression des gènes spécifiant les aspartyle protéases abomasales bovines.....	67
Comparaison interspécifiques .....	69

Activation et hétérogénéité .....	70
Caractéristiques fonctionnelles : spécificité et efficacité catalytique .....	71
Conclusions .....	76
<b>Chapitre 3. La chymosine produite par fermentation.....</b>	<b>77</b>
Introduction.....	77
Les différents types de chymosines produites par fermentation .....	78
Construction d'un hôte microbien pour la production de chymosine.....	80
Construction d'un clone de production.....	80
Recherche d'un hôte de production.....	80
Mise en place des systèmes d'expression .....	81
Fabrication des produits à base de FPC présents sur le marché .....	83
Une chymosine de nouvelle génération .....	83
La FPC produite à partir d' <i>Escherichia coli</i> .....	84
La FPC produite à partir de levure <i>Kluyveromyces lactis</i> .....	86
La FPC produite à partir du champignon <i>Aspergillus niger</i> .....	87
La FPC produite à partir d'autres hôtes.....	89
Formation, contrôle qualité, sécurité sanitaire et approbation.....	89
Propriétés de la FPC.....	90
Des propriétés fonctionnelles .....	90
Des propriétés fromagères exceptionnelles .....	91
Un coagulant de grande pureté.....	92
Un lactosérum valorisable.....	93
Des fromages répondant aux attentes de certains consommateurs.....	95
Une nouvelle génération de FPC : CHY-MAX® M.....	96
Le marché mondial des coagulants .....	97
Développement de la demande de chymosine produite par fermentation .....	97
Les tendances de 1998 à 2008.....	100
L'avenir de la chymosine produite par fermentation.....	101
<b>Chapitre 4. Description, choix des préparations enzymatiques coagulantes et éléments de maîtrise .....</b>	<b>103</b>
Introduction.....	103
La coagulation enzymatique du lait .....	103
Physicochimie de la coagulation.....	103



La coagulation enzymatique des laits : dynamique et formation du gel présure.....	107
Éléments pour le contrôle et la qualification de la coagulation « présure » des laits .....	110
Facteurs agissant sur la coagulation enzymatique des laits .....	113
Analyse fonctionnelle comparée des différentes préparations enzymatiques coagulantes.....	126
Fonctionnalités dans un <i>process</i> fromager des différentes composantes d'une préparation enzymatique coagulante.....	126
Égouttage-acidification et préparations enzymatiques coagulantes .....	126
Rendements et préparations coagulantes.....	127
Affinage et préparations coagulantes .....	128
Optimisation pratique de la coagulation des laits de fromagerie.....	132
Choix d'une préparation coagulante.....	132
Préparation du lait et correctifs à utiliser pour obtenir une coagulation convenable et régulière dans le temps.....	136
Modalités pratiques à respecter lors d'un changement de coagulant.....	141
<b>Chapitre 5. Analyse, contrôle et traçabilité des présures.....</b>	<b>143</b>
Analyse de l'activité enzymatique des présures .....	143
La force d'une présure (l'unité Soxhlet) .....	143
Variation de l'aptitude des laits frais à coaguler en fonction de leur lieu de production .....	144
Variation de l'aptitude des laits frais à coaguler en fonction des saisons.....	145
Utilisation et préparation du substrat de Berridge.....	145
Relation entre la force Soxhlet et le temps de coagulation avec le substrat de Berridge.....	146
Détermination de la force moyenne des présures vendues sur la marché européen.....	148
La séparation chromatographique des présures .....	148
Expressions de l'activité enzymatique des présures .....	150
Détermination du pourcentage d'activité chymosine/pepsine bovine d'une présure.....	151
Analyse quantitative des présures.....	153
Analyse qualitative des préparations coagulantes.....	156
Identification des chymosines produites par génie génétique .....	159
Principe de l'analyse .....	159
Préparations des antigènes .....	160
Production d'anticorps polyclonaux .....	160

Techniques Elisa d'identification .....	161
Conclusion.....	164
Analyse des enzymes coagulantes résiduelles dans les fromages.....	165
Principales difficultés techniques .....	165
Extraction des enzymes coagulantes.....	166
Détermination de l'activité résiduelle des enzymes coagulantes.....	167
Discussion et conclusion .....	170
Conclusion générale .....	170
<b>Bilan et perspectives .....</b>	<b>173</b>
<b>Liste des sigles et abréviations .....</b>	<b>177</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>178</b>
<b>Liste des auteurs .....</b>	<b>192</b>



La fabrication d'un fromage commence toujours par la coagulation du lait à l'aide d'une préparation enzymatique coagulante. Historiquement, la plus utilisée était la présure, essentiellement extraite de la caillette du veau.

L'essor de l'industrie fromagère à travers le monde a conduit à l'apparition de divers substituts, ce qui a nécessité le développement de méthodes d'analyse pour une meilleure caractérisation de leur composition enzymatique ainsi qu'à la mise en place d'une législation adaptée.

Depuis une vingtaine d'années, la chymosine, principe actif majoritaire de la présure, est produite à partir de micro-organismes génétiquement modifiés. Cette enzyme recombinante, parfaitement caractérisée, remplace de plus en plus la présure dans certaines fromageries. Toutefois, la recherche de singularité et d'authenticité des produits incite aujourd'hui à préserver des savoir-faire ancestraux et à s'interroger sur la fonction des différents composants de la présure.

Les auteurs de l'ouvrage posent ainsi les questions qui intéresseront tous les acteurs de la filière lait : quels sont les effets de l'enzyme de la coagulation du lait sur la qualité des fromages et qu'en pense la profession en France ? Quels sont les modes de production et les critères d'utilisation en fromagerie ? Qu'en disent les analyses officielles et la réglementation française ? Existe-t-il une traçabilité des préparations coagulantes ?

L'ouvrage intéressera entre autres, les industriels de la production des enzymes de la coagulation du lait, les fromagers, les écoles spécialisées et les services administratifs gérant la traçabilité et l'étiquetage des produits.

**Jean-Claude Collin**, a d'abord été ingénieur de recherches à l'Inra de Poligny avant d'y diriger un laboratoire de biochimie. Il a travaillé avec la Direction de la commission et de la répression des fraudes et le Syndicat français des fabricants de présures en proposant de nouvelles méthodes d'analyse des présures, devenues méthodes officielles.

Tout au long de sa carrière, il a participé à de nombreux travaux sur les méthodes de détermination des enzymes coagulantes dans différentes commissions, aussi bien en France qu'à l'étranger...

En couverture : © Patrick Granday. Photo principale : composition de fromages ; de haut en bas : soins en cave sur des fromages de beaufort ; caillettes de veaux en cours de séchage ; emprésurage d'une cuve de lait.



éditions  
**Quæ**

Éditions Cirad, Ifremer, Inra, Irstea  
[www.quae.com](http://www.quae.com)

35 €

ISBN : 978-2-7592-2373-2



ISSN : 1952-1251  
Réf. : 02499