

CHAPITRE III

Le fromage

III.1 Définition

Les fromages sont des formes de conservation et de stockage ancestrales de la matière utile du lait dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont très appréciées (JEANTET *et al.*, 2008). A l'échelle mondiale, il existe environ 1000 variétés de fromages différents (IRLINGER et MOUNIER, 2009).

On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait par l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation (VIGNOLA, 2002).

III.2 Composition

III.2.1. Les protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30 % de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, en particulier les fromages à pâte pressée dont la teneur en protéines de 30 % dépasse celle de la viande (20 %). Ces protéines proviennent de la caséine modifiée dont au cours de l'affinage, une partie importante (20 à 30 %) se trouve dégradée et solubilisée en oligopeptides et en acides aminés sous l'influence d'une série d'enzymes, différentes selon la microflore du lait (DILLON et BERTHIER, 1997).

III.2.2 Les Glucides

La teneur en glucides des fromages blancs est de 3 à 4 %, celle des fromages affinés et fondus est négligeable (<2 %) ; elle est quasiment nulle dans les fromages à pâte pressée. Le lactose est entraîné lors de l'égouttage dans le lactosérum ou transformé par la flore lactique lors du caillage ou de l'affinage. Dans les fromages blancs sucrés et aux fruits, la teneur glucidique passe de 3 à 16 ou 18 % (VERLING, 2003).

III.2.3 Les lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Durant la maturation, ce produit sous l'influence de lipase microbienne subit une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres qui va de 0,25 % de la matière grasse dans le camembert frais à 6,4 % dans camembert très affiné. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérique et sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui le rend plus digestibles (DILLON *et al.*, 1997).

III.2.4 Les minéraux

Le lait et les fromages constituent certainement les meilleures sources alimentaires de calcium et de phosphore. Dans les fromages de types pâte présure, plus de la moitié du phosphore et des cations divalents (Ca et Mg) sont retenue dans le caillé. Par contre, une bonne partie des minéraux monovalents (Na et K) sont éliminés dans le lactosérum. Cependant l'élimination de sodium est en partie annulée par l'ajout de sel (NaCl) à l'étape de salage. Les fromages de type pâte lactique sont moins minéralisés, car la coagulation en milieu acide

favorise la solubilisation d'une grande quantité des minéraux colloïdaux qui se retrouve alors dans le lactosérum (S-T GELAIS et *al.*, 2002).

III.2.5 Les vitamines

Les vitamines liposolubles A, D, E des fromages sont fonction de la teneur en matière grasse des laits utilisés comme matière première, de l'adjonction de crème et de la concentration en matière sèche réalisée lors de l'égouttage (RAMET, 1985).

La teneur en α -tocophérols (vitamine E) reste faible. Sauf la vitamine B12 qui augmente avec la concentration en matière sèche, les vitamines hydrosolubles sont en partie éliminées avec le lactosérum. Cependant, certaines vitamines du groupe B sont synthétisées par les moisissures ; les fromages à moisissures internes contiennent alors une quantité quatre fois supérieure à celle du lait en vitamines B2, pp, B6 (VERLING, 2003).

Tableau N°8 : Composition moyenne de principaux fromages pour 100 g de produit frais.

(DILLON, 1997).

| composition | Unité | Fromage à pâte presse cuit : Gruyère de Compte | Fromage frais : Petit Suisse | Fromages à pâte molle à croûte fleurie camembert |
|-------------|-------|--|------------------------------|--|
| Eau | g | 35 | 79 | 50 |
| Energie | Kcal | 375 | 118 | 310 |
| Glucide | g | 2,5 | 4 | 4 |
| Lipide | g | 28 | 7,5 | 24 |
| protéine | g | 29 | 8,5 | 20 |
| Calcium | mg | 1050 | 100 | 400 |
| phosphore | mg | 620 | 140 | 250 |
| Vit A | U.I | 1140 | 170 | 1010 |
| Thiamine | mg | 0,01 | 0,03 | 0,04 |

III.3. Valeur nutritive

Le fromage est considéré comme le meilleur aliment en raison de sa valeur nutritive car il contient les protéines sous différentes formes, les matières grasses, le calcium et le phosphore. C'est un aliment à la fois très nutritif pour l'adulte et de croissance pour le jeune, du fait de la présence des protides de valeur biologique élevée et du complexe phosphore-calcium-vitamine D (AGABRIEL et *al.*, 1999).

La valeur biologique des protéines du fromage est un peu inférieure à celle des protéines du lait. Les fromages sont capables dans une large mesure de remplacer le lait, ainsi pour 500 ml de lait, il faut approximativement 70 g de fromage à pâte dure, 90 g de fromage à pâte molle ou 120 g de fromage frais (COULON et *al.*, 2005).

III.4 Divers types du fromage

III.4.1 Fromage frais ou à pâte fraîche

Les fromages frais sont traditionnellement des fromages à égouttage lent, fabriqués à partir de laits ou de crèmes propres à la consommation humaine. Ils résultent de la coagulation à prédominance lactique du lait, combinant souvent l'action des ferments lactiques à celle de la présure. Ces fromages se caractérisent par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage. Tous les fromages frais ont une DLC (date limite de consommation) de 24 jours (BOURGEOIS et *al.*, 1996)

Les fromages frais regroupent des produits très variés en termes de matière grasse (entre 0 et 60 % par rapport à l'extrait sec), la matière sèche totale est supérieure à 15 %. Ils doivent renfermer une flore vivante au moment de la vente au consommateur (LUQUET, 2005).

Selon PERNOUD et *al.* (2005), le fromage frais regroupe :

- Les fromages blanc battus qui subissent la fermentation lactique,
- Les « petits-suisses »,
- Les « demi-sel » souvent aromatisés.

III.4.2 Fromages à pâte molle

Ce sont des fromages qui subissent un affinage après la fermentation lactique, mais dont la pâte n'est ni cuite ni pressée. On distingue (GUIRAUD et *al.*, 1980).

- Les fromages à pâte molle moussée, généralement à croûte moisie ex : Camembert
- Les fromages à pâte molle et à croûte lavée ex : Munster.

III.4.3 Fromages à pâte persillée

La pâte contient des moisissures bleues. La couleur de bleu à vert qui zèbre la pâte lui confère le qualificatif de persillée ; on donne également à ces fromages le nom de bleus. Cette caractéristique provient de l'ensemencement artificiel de la pâte avec des moisissures. (Roquefort, Bleu d'Auvergne, Bleu des Causses, Fourme de Montbrison ...) (ANONYME 4, 2007).

III.4.4 Fromages à pâte pressée

Les catégories des fromages à pâte pressée désignent un ensemble de fromages très variés dans leur composition, leur format et leur aspect extérieur (croûte sèche ou présence d'une couverture microbienne). La coagulation à caractère enzymatique nécessite un lait frais et l'emploi de doses élevées en enzyme coagulant. Le temps de prise est court et la phase de durcissement est réduite pour éviter la déminéralisation du gel. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter-granulaire (LENOIR et *al.*, 1985).

III.4.4.1 Les pâtes pressées non cuites

Les fromages à pâte pressé non cuite ou demi-ferme qui subissent une période d'affinage assez longue atmosphère fraîche et très humide, les fromages à pâte demi-ferme (cheddar, cantal....) ont une consistance dense et une pâte de couleur jaune pâle. Ces fromages ne doivent être ni desséchés, ni trop faible, la pâte prés de croûte ne doit pas être plus foncées. Ils contiennent entre 40 et 60 % d'humidité (ANONYME 5, 1999).

III.4.4.2 Les pâtes pressées cuites

Les fromages à pâte pressé cuite ou pâte dure, sont des fromages pour les quels, après pressage, le caillé est chauffé à 65°C. Puis laissé à l'affinage. Le terme cuite se dit d'un fromage dont le caillé subit un chauffage au moment de son tranchage ,lorsqu'il est thermisé, le lait est chauffé à environ 65°C, ce qui ne détruit qu'une partie de la flore, lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiat à 4°C (MAJDI , 2009).

III.4.6 Fromages fondus

Produit de la fonte d'un fromage ou d'un mélange de fromages avec éventuellement d'autres produits laitiers. Sa teneur minimale en matière sèche est 43 g pour 100 g et en matière grasse 40 % après complète dessiccation (VERLING, 2003).

III.5 Technologie de fabrication de fromage

La fabrication du fromage passe par trois étapes primordiales : la coagulation, l'égouttage et éventuellement l'affinage (VIGNOLA, 2002).

III.5.1 La coagulation

La coagulation du lait qui se traduit par la formation d'un gel, résulte des modifications physicochimiques intervenant au niveau des micelles de caséines (BRULE et LENOIR, 1987). On peut provoquer la coagulation par acidification, par l'action d'une enzyme ou encore par l'action combinée des deux (ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

III.5.1.1 La coagulation par voie acide

Où l'acidification du lait peut être obtenue par l'ensemencement de bactéries lactiques ou par l'ajout d'acide. L'acidification lente est réalisée par des bactéries lactiques (CAYOT et LORIENT, 1998) qui transforment le lactose en acide lactique (VIGNOLA, 2002). L'acidification rapide est réalisée par l'addition de l'acide minéral ou organique, qui provoque la floculation des caséines à pH = 4,6 et la formation d'un gel plus ou moins granuleux dispersé dans le lactosérum (ECK et GILLIS, 1997). Le gel lactique obtenu est friable, fragile, perméable et peu contractile, sa structure protéique au microscope est plus dispersée et moins liée (VEISSEYRE, 1979).

III.5.1.2 La coagulation par voie enzymatique

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action des enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale. On distingue trois phases :

- ✓ La phase primaire (enzymatique) où la présure attaque la liaison Phé 105-Mét 106 de la caséine- κ , en libérant un peptide (caséinomacropéptide) et par conséquent, la déstabilisation de la micelle de caséine (HORNE, 2002).
- ✓ La phase secondaire (coagulation), où les micelles modifiées s'associent entre elles en présence de calcium pour former un gel (BRULE *et al.*, 1997). Le gel présure est souple, élastique, cohérent, imperméable et contractile (VEISSEYRE, 1979).
- ✓ La phase tertiaire ou phase de réticulation : elle conduit à la formation du gel. Plusieurs facteurs influent sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséines, la dimension des micelles et le traitement thermique et l'homogénéisation (JEANTET *et al.*, 2008).

III.5.1.3 La coagulation mixte

Résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification, la multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibre spécifique est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâtes pressée non cuite (JEANTET *et al.*, 2006).

III.5.2 L'égouttage

La synérèse est un phénomène biochimique et physicochimique suivant lequel un caillé formé soit par voie enzymatique, soit par voie lactique se contracte continuellement et expulse spontanément le lactosérum. L'égouttage est une étape commune dans beaucoup de procédés de fabrication fromagère qui permet, dans la majorité des cas, d'accélérer la synérèse puis de séparer le lactosérum du caillé. Lors de cette étape, la plus grande partie des éléments solubles sont éliminés dans le lactosérum (VIGNOLA, 2002).

Le caillé obtenu par voie acide possède des propriétés rhéologiques et une aptitude à l'égouttage opposée à celles du gel issu d'une action enzymatique dominante (LEJAOUEN, 1977 ; VEISSEYRE, 1979), le premier caillé est très friable, son égouttage est spontané, tandis que, l'égouttage du caillé présure nécessite un travail mécanique car il est très souple et imperméable.

III.5.3 L'affinage

Il est plus ou moins long, il consiste en une lente action exercée par les enzymes microbiennes, mais aussi par la présure et des enzymes de lait. Au cours de l'affinage il y a dégradation de la caséine mais aussi des matières grasses. L'oxygène, l'humidité et la température d'entreposage jouent un grand rôle. Certains fromages subissent un étuvage (GUIRAUD *et al.*, 1980).

A l'exception des fromages frais, tous les autres types de fromages subissent une maturation biologique plus ou moins prononcée, destinée à développer leur saveur, tout en modifiant leur aspect, texture et leur consistance. Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé (CHOISY *et al.*, 1997).