

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Béjaïa

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Spécialité : Production et transformation Laitière



Réf :.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

Suivi du procédé de fabrication d'un fromage
frais Soummam et contrôle de sa qualité

Présenté par :

BESSAI Lilia & MEDJKOUNE Naima

Soutenu le : **23 Juin 2018**

Devant le jury composé de :

Mme OUKIL Naima	MCA	Présidente
Mme FELLA Samira	MAA	Promotrice
Mr BACHIR BEY Moustapha	MCB	Examineur

Année universitaire : 2017 / 2018

REMERCIEMENTS

Au terme de la réalisation de ce mémoire, nous remercions Dieu tout puissant de nous avoir donné la force et le courage pour finir ce modeste travail.

Nous tenons à remercier vivement notre promotrice Mme FELLA Samira pour avoir accepté de diriger ce travail et aussi pour sa gentillesse, sa disponibilité, sa patience et sa contribution générale à l'élaboration de ce travail.

Nous remercions également les membres du jury, Mr BACHIRBEY Moustapha et Mme OUKIL Naima pour avoir accepté d'examiner ce travail.

Nous remercions aussi toute l'équipe de la laiterie SOUMMAM précisément :

Mr HAMITOUCH le gérant de l'unité pour nous avoir acceptées au niveau de son organisme.

Mme MAHLOUL et Mr DJAAFRI, responsables du laboratoire, Mr FERKANE, Mr MEDJKOUNE et Mr SAADI responsables de la production, pour leurs explications très enrichissantes.

Tout le personnel du laboratoire et tous les ingénieurs du process de l'unité Soummam pour leur accueil les bras ouverts, en fait vivre pendant deux mois une expérience humaine et professionnelle inoubliables.

Dédicace

*Je dédie ce travail, qui n'aurait pu aboutir et voir la lumière sans l'aide de Dieu
A la mémoire de ma chère grande mère, Dieu l'accueille dans son
vaste paradis.*

*A mes chers parents qui m'ont tout appris et se sont tant donnés pour me
voir aujourd'hui réussir et qui, à aucun moment, n'ont cessé de m'encourager et
me pousser à aller de l'avant.*

*Que ce travail vous soit le témoignage sincère et affectueux de ma profonde et
infinie reconnaissance pour tout ce que vous avez fait pour moi, j'espère que je
serai toujours à la hauteur de vos espérances.*

*A tous les fonctionnaires de la laiterie Soummam qui ont consacré leurs temps et
leurs savoirs pour nous faire apprendre l'utilité de notre spécialité ;*

*A mes très chers frère Karim, Salim, Nadjim, Nassim, Adel et ma chère sœur
Yasmina, qui ont toujours été là pour me tenir la main et me
soutenir dans chaque moment de ma vie.*

Ma très chère binôme Naima et à toute sa famille.

A tous mes amis(e) Hassiba, Karima, Sonia, Siham, Diana, Fouzia et Loucif.

*A mes chères Zahwa, Chahra, Thiziri, à leurs familles et leurs adorables enfants
Mahdi, Axel et Ayman.*

A mama sissah, papa hamide et Mahdi.

*A tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin afin de réaliser ce modeste
travail.*

LILIA

Dédicaces

*Je dédie ce travail, qui n'aurait pu aboutir et voir la lumière sans l'aide
de Dieu le tous puissant*

*A mes très chère parents, symbole du courage et de volonté, qui ont
consacré et sacrifié leur vie pour mon bien être ;*

*A mon cher mari Younes pour son aide, ses conseils, sa présence et
surtout sa patience.*

*A tous les fonctionnaires de la laiterie Soummam qui ont consacré leurs
temps et leurs savoirs pour nous faire apprendre l'utilité de notre
spécialité ;*

A mes très adorables frères : Lounes et Hakim ;

A mes cousines et leurs familles

A mes oncles et tantes

A mes deux grandes mères : Dahbia et Faiza

A mes deux grands pères : Omar et Smail

A ma très chère binôme Lilia et sa famille

A ma copine de chambre : Dilia

A tout les étudiants de ma promotion;

*A tous les résidents d'Iryahen et à tous les êtres chers à mes yeux, que je
n'ai pas évoqués*

Naima

Table des matières

Introduction.....	1
--------------------------	----------

Synthèse bibliographique

I. Généralités sur les fromages

I.1.Historique et origine des fromages.....	2
I.2. Définition du fromage.....	2
I.3. Généralités sur la technologie fromagère	2
I. 3.1 Principales étapes de la fabrication fromagères.....	3
I. 3.1.1 Préparation du lait.....	3
I. 3.1.2 Coagulation	4
I. 3.1.3 Egouttage.....	5
I.3.1.4Salage.....	5
I.3.1.5Affinage.....	6
I. 4. Différents types du fromage	6

II. Fromage frais

II. 1. Classification des fromages frais.....	7
II.2. Valeurs nutritionnelles et énergétiques du fromage frais	7
II.3 Matières premières utilisées pour la fabrication du fromage frais	8
II.3.1 lait cru	8
II.3.2 Lait en poudre.....	8
II.3.3 L'eau de reconstitution	9
II.4 Les ingrédients.....	9
II.4 .1 Levains lactiques.....	9
II.4.2 La présure	9

II.4.3 Le chlorure de calcium (CaCl ₂).....	9
---	---

Partie expérimentale

I. Procédé de fabrication du fromage frais SOUMMAM

I. 1 Préparation du caillé maigre	10
I. 1. 1 La préparation	10
I. 1. 2 Préchauffage.....	11
I. 1. 3 Homogénéisation.....	11
I. 1. 4 Pasteurisation	11
I.1. 5 Ensemencement	12
I. 1. 6 Emprésurage	12
I. 1. 7 Modification de la teneur en calcium	12
I.1. 8 Coagulation	12
I. 1. 9 Thermisation	12
I. 1.10 Egouttage	12
I. 1. 11 Refroidissement	13
I. 1. 12 Stockage.....	13
I. 2. Préparation de la crème fraîche	13
I. 2. 1 Réception du lait	13
I. 2. 2 Ecrémage.....	14
I. 2. 3 Dégazage.....	14
I. 2. 4 pasteurisation	14
I. 2. 5 Stérilisation	14
I.2.6 Stockage.....	15
I. 3. Préparation de produit fini	15
I. 3. 1 Le mélange caillé maigre-crème fraîche.....	15
I. 3 .2 conditionnement et stockage.....	15
II. Echantillonnages et technique de prélèvements	17
II. 1. Échantillonnages :.....	17

II. 2. Nature et techniques des prélèvements.....	17
II. 2. 1. Matière première :	17
II. 2. 2. Produits semi-finis	18
II. 2. 3. Produit fini	18
III. Analyses physico-chimiques	18
IV. Analyses microbiologiques	22
IV. 1. La matière première	23
IV. 2. Produit semi fini et fini	25
IV. 2. 1 Recherche et dénombrement de la flore lactique mésophile	25
IV.2.2.Recherche et dénombrement des coliformes :	25
IV.2.3 Recherche et dénombrement des levures et moisissures	26
IV.2.4.Recherche des <i>Staphylococcus aureus</i>	26
IV.2.5.Recherche des <i>Salmonella</i>	26

Résultats et discussions

V. Analyse physico chimique	27
V. 1 De la matière première	27
V. 2 Produit semi fini	29
V. 3 Produit fini	31
VI. Analyse microbiologique	32
VI. 1 La poudre de lait	32
VI. 2 Produit semi fini	32
VI. 3 Produit fini.....	34
VI. 4 Dénombrement de la flore lactique mésophile	34
Conclusion	36

Référence bibliographique

Annexes

Liste des abréviations

AFNOR : Association Française de la Normalisation.
BLBVB : Bouillon Lactosé Bilié et au Vert Brillant.
BPF : Bonnes Pratiques de Fabrication.
BPH : Bonnes Pratiques d'Hygiène.
CM : Caillé maigre.
C.S.R : *Clostridium Sulfite réducteurs*.
DLC : Date Limite de Consommation.
E.S.T : Extrait Sec Total.
FAO: Food and Agriculture Organisation.
FT120 : Appareil d'analyse automatique.
J.O.R.A : Journal Officiel De La République Algérienne.
M.G : Matière Grasse.
MP : matière protéique.
MRS : Man, Rogosa & Sharpe.
NaOH : hydroxyde de sodium.
PCA: Plate Count Agar.
PDL (0%) : Poudre De Lait écrémé.
pH : Potentiel Hydrogènes
S.aureus : *staphylococcus aureus*.
S.ther : sortie de thermiseur.
S.KDB45 : Sortie séparateur.
SP : Sortie de pasteurisateur.
SPS : Sortie Pompe de Soutirage vers les linges de production.
S ther : sortie thermiseur.
TLC : Tank du Lait Cru.
TLE: Tank de poudrage.
TMC : Tank de maturation du caillé.
TSC : Tank Stockage Crème.
TSCM : tank de stockage du caillé maigre.

UFC : Unité Formant Colonie.
VF: Viande et Foie.
VRBL : Gélose Lactosée Biliée au cristal Violet et au Rouge neutre.
YGC : Ordinary Gélose Agar.

Liste des figures

Figure 01 : Les grandes phases de la fabrication des fromages.....	03
Figure 02 : principe de fonctionnement d'un homogénéisateur.....	11
Figure 03 : échangeur a plaque	11
Figure 04 : fonctionnement de l'écumeuse.....	14
Figure 05 : Circulation du lait et de l'air dans un dégazeur.....	14
Figure 06 : Diagramme de fabrication d'un fromage frais SOUMMAM	30
Figure 06 : Développement de la flore lactique au cours de la maturation du caillé.....	35

Listes des figures en Annexes

Figure 01 : schéma des différents phénomènes induits à la formation du caillé

Figure 02 : Schéma de préparation des dilutions décimales

Liste des tableaux

Numéro	Titre de tableau	Page
I	Composition et valeur calorique moyennes des fromages frais.	8
II	les analyses physicochimiques effectuées aux différentes étapes de fabrication du fromage frais.	19
III	Analyses microbiologiques effectuées à différentes étapes de fabrication du fromage frais.	23
IV	les méthodes de recherche et de dénombrement des germes pathogènes dans la poudre de lait.	24
V	les dilutions décimales selon les temps de maturation.	25
VI	résultats d'analyses physico-chimiques de la poudre du lait écrémé.	27
VII	Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru.	28
VIII	Résultats d'analyses physico-chimiques du caillé maigre au cours de préparation.	29
IX	Résultats d'analyses physicochimiques de la crème fraîche.	30
X	Résultats d'analyses physicochimiques du fromage frais.	31
XI	Résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de lait écrémé.	32
XII	Résultats d'analyses microbiologiques du caillé maigre.	32
XIII	Résultats d'analyses microbiologiques de la crème fraîche.	33
VIX	Résultats d'analyses microbiologiques du produit fini.	34

Introduction

Introduction

Faire du fromage était jadis un métier domestique qui est resté longtemps un art. Grâce au développement de la connaissance scientifique de ce milieu complexe et à l'acquis des sciences de l'ingénieur, cette activité est devenue une industrie où la maîtrise des procédés est en constante amélioration (**Eck et Gillis, 2006**).

L'industrie laitière est probablement le secteur le plus diversifié et flexible de l'industrie alimentaire. La flexibilité du lait comme matière première réside dans les propriétés physico-chimique et de ses constituants. Les principaux constituants du lait peuvent être modifiés par des procédés enzymatiques, chimiques et/ou de méthodes physiques, permettant la production de nouveaux produits tels que les fromages frais (**Fox, 2003**).

Le fromage fut à son origine, un mode de conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservés, au prix de fermentations que l'homme a appris à diriger (**Eck et Gillis, 2006**). Le fromage constitue un élément important dans l'alimentation humaine. Ses taux élevés en lactose, lipides et en protéines en font de lui un aliment nutritif, riche en énergie (**Walther et al., 2008**).

Les bactéries lactiques interviennent essentiellement dans deux étapes de fabrication des fromages, la coagulation et l'affinage, un lait pasteurisé perd une grande partie de sa flore microbienne, qu'elle soit utile ou pas. Pour permettre la fermentation et la production d'arômes, le lait pasteurisé doit donc être réensemencé par des levains, fournis sous forme liquide ou lyophilisé (**Ray, 2003**).

Ce travail, est réalisé au niveau de la laiterie SOUMMAM, qui a pour but le suivi de procédé de fabrication du fromage frais, le principe de chaque étape et l'évaluation des différentes paramètres physico-chimiques et microbiologiques de ce produit, afin de tirer des conclusions concernant les paramètres de production du fromage frais et la détermination de la qualité. Pour mener à bien ce travail, nous l'avons subdivisé en deux parties :

- Une partie théorique qui comporte des généralités sur le lait et le fromage.
- Une partie expérimentale qui traite le suivi de toutes les étapes du procédé de fabrication du fromage frais SOUMMAM et évaluation de sa qualité physico-chimique et microbiologique.

*Synthèse
bibliographique*

I.1. Historique et origine des fromages

Le mot fromage vient du latin *formaticum* signifiant qu'il est fabriqué dans une forme appelé moule ou forma (**Foucaud-sheunemann, 2005**).

la première occurrence de l'utilisation du fromage comme aliment est inconnue, les technologues tiennent preuve que l'homme connue de puis long temps ce phénomène de coagulation du lait depuis la découverte sur les rives du lac Neuchâtel (en Suisse) des moules à caillé depuis 5000 an avant Jésus Christ, cependant l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine ,s'entend pour dire que le fromage serait originaire du sud-ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans ,les romains auraient simulés le développement de nouvelles variétés durant leur invasion de l'Europe entre 60 avant Jésus Christ et 300 après Jésus Christ , leur influence est reflété dans l'étymologie ,en effet le mot latin *caseus*, signifiant fromage est la racine donnera le mot caséine en français, nom qui désigne protéine coagulable du lait.(**Gelaisetal,2002; Katzet Weaver, 2003**).

Il est probable que les fromages aient été faits la première fois accidentellement en transportant du lait dans des estomacs de mammifères, ils 'agissait en effet d'une pratique courante dans les temps anciens, en Europe de l'est et l'Asie de l'ouest pour transporter le lait. Certains facteurs ont été certainement nécessaires à la transformation du lait en fromage comme la chaleur, l'acidité et les sucs de l'estomac. Ainsi, des extraits d'estomac de plusieurs types d'animaux (Moutons, Chèvres, Vaches), mais également des extraits de plantes (comme le charbon) ont été utilisés pour la préparation du fromage. (**AbiAzar, 2007**).

I.2. Définition du fromage

La dénomination «Fromage» au produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières suivantes: lait entier lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seul ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse (directive n°88-1206, 30 décembre 1988, article 1^{er}) (**Mahaut et al., 2000**).

I.3. Généralités sur la technologie fromagère

La technologie fromagère regroupe l'ensemble des moyens mis en œuvre pour transformer le lait en fromage.

En pratique, la modulation précise de l'intensité de ces différents phénomènes permet d'aboutir à une grande diversité de produits finis. Cette modulation se fait en réglant plusieurs paramètres au cours des étapes successives de la fabrication (préparation du lait, coagulation, égouttage, affinage) ; elle permet de définir des technologies particulières à chaque catégorie de fromages (Eck et Gillis, 2006).

I. 3.1 Principales étapes de la fabrication fromagères

Les principes de base de la fabrication des fromages sont les mêmes pour presque toutes les catégories de fromages. La fabrication consiste à enlever l'eau du lait avec pour conséquence la concentration d'une partie des protéines, lipides, minéraux et vitamines avec l'expulsion de lactosérum. Les processus impliqués sont : la préparation du lait, la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage (*figure 1*), (Grappin et al., 2006).

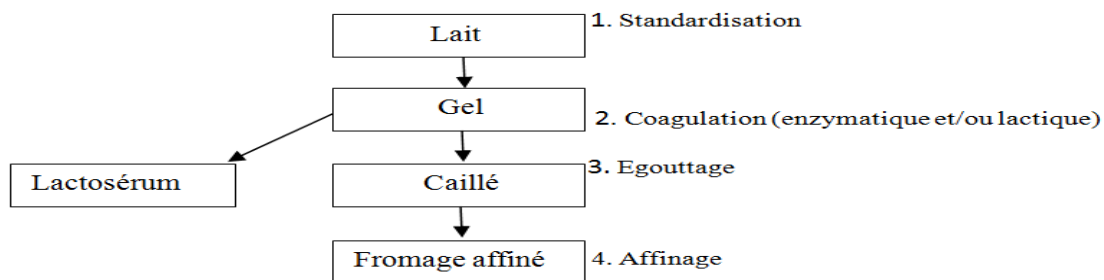


Figure 01 : Les grandes phases de la fabrication des fromages (Mahaut et al., 2000)

I. 3.1.1 Préparation du lait

Le lait a une composition qui varie en fonction de nombreux facteurs zoologique et d'élevage. L'équilibre de ce milieu complexe est fragile, il varie également en fonction des techniques de conservation tel que la réfrigération et du développement de la flore primaire qui l'habite. De ce fait, le lait doit subir ou non une préparation avant sa conservation en fromage. Cette étape peut concerner :

- L'homogénéisation des globules gras : elle permet une meilleure répartition de la matière grasse au sein du caillé et favorise une couleur plus blanche du caillé. Elle peut toutefois accélérer les phénomènes de lipolyse, d'acidification et d'oxydation ;
- La standardisation de la composition chimique du lait en matières grasses (retrait ou ajout de MG) et en matières protéiques ;
- Les traitements thermiques : ils visent à détruire la majorité de la flore banale et pathogène ; tout en conservant au mieux les qualités sensorielles du lait et en créant des

conditions favorables aux étapes technologique suivantes de fabrication fromagère
(Grappin et al., 2006)

I. 3.1.2 Coagulation

La coagulation du lait, qui se traduit par formation d'un gel, résulte des modifications physicochimiques intervenant au niveau des micelles de caséine. Les mécanismes proposés dans la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induits par acidification ou action d'enzymes coagulantes (Eck et Gillis, 2006). Il existe 3 voies de coagulation selon le type de fromage à fabriquer :

La coagulation acide :

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($\text{pH}_i = 4,6$) par acidification biologique à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique.

L'acidification entraîne une diminution des charges négatives des micelles de caséines et donc une diminution de la couche d'hydratation et des répulsions électrostatiques, ainsi qu'une solubilisation du calcium et du phosphore minéral, entraînant une déstructuration des micelles de caséine avec une réorganisation protéique, pour former un réseau puis un gel à $\text{pH} = 4,6$.

C'est un gel qui présente une perméabilité satisfaisante, mais une friabilité élevée avec une élasticité et plasticité pratiquement nulles dues au manque de structuration du réseau. Les liaisons sont de faible énergie de type hydrophobe et résistent peu aux traitements mécaniques (Mahaut et al., 2000).

La coagulation par voie enzymatique :

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytique, le plus souvent d'origine animale (Mahaut et al., 2000). L'hydratation diminuée, des liaisons hydrophobes et électrostatiques s'établissent entre les micelles modifiées. Enfin les micelles agrégées se réorganisent avec l'apparition des liaisons phosphocalciques et des ponts disulfures entre le para caséine. Ce gel est structuré, souple, élastique, imperméable, peu friable avec un fort pouvoir de rétention d'eau permettant un repartagé de sa fraction aqueuse lors de l'égouttage par synérèse. Les facteurs influençant la coagulation sont nombreux : la composition du lait, la concentration en enzymes, la

température d'emprésurage et les traitements technologiques (**Vetier et al, 2000**).

Coagulation mixte :

La coagulation est réalisée par action conjointe de la présure et de l'acide lactique. Cependant, la formation de coagulation se fait généralement sous l'action dominante de la présure. C'est ensuite, progressivement, qu'il acquiert des caractères lactiques. Selon les pâtes, les doses de présure au 1/10 000 varient de 15 à 25 ml pour 100 litres, celles des levains lactiques de 1 à 3 litres pour 100 litres et la température de coagulation de 28°C à 32°C. En jouant dans les limites précitées sur les paramètres ci-dessus, on obtient un coagulum présentant, de façon plus ou moins accentués en fonction du fromage désiré, les caractères ci-après : bonne perméabilité et aptitude à l'égouttage spontané du fait de l'acidification ; contractilité moyenne déterminée par une minéralisation modérée, possibilité d'interventions mécaniques accélérant l'égouttage (tranchage, brassage, léger) dans la mesure où la friabilité reste sans excès, c'est-à-dire où l'acidification et la déminéralisation ne sont pas trop poussées. Les pâtes obtenues ont une teneur en matière sèche comprise entre 42 et 55%, un degré de minéralisation limité (0,2-0,3 de Ca), un pH bas (4,2-4,5) (**FAO, 1995**).

I. 3.1.3 Egouttage

Cette phase consiste en l'élimination plus ou moins grande du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique. Cette élimination du lactosérum sera plus ou moins rapide selon la nature et l'histoire du coagulum (**Mahaut et al., 2000**). L'eau constitutive du lait, qui est le constituant majeur du lactosérum, renferme les éléments solubles du lait (lactose, sels minéraux, fractions azotées solubles) ainsi que des traces d'éléments insolubles (matières grasses, protéines). A l'opposé, la presque totalité de la caséine et de la matière grasse originelles du lait se trouvent dans le fromage à l'état dispersé dans une masse plus ou moins importante de lactosérum (**Eck et Gillis, 2006**).

I.3.1.4 Salage

Le salage a un rôle sensoriel, en donnant une saveur marquée au produit, et un rôle technologique en complétant l'égouttage et en limitant l'acidification et la déminéralisation. L'ajout de sel permet également la sensation de la flore de l'affinage. Le salage se fait avec le sel par saupoudrage, immersion au saumure ou par salage direct du caillé (**Michel, 2008**).

I.3.1.5 Affinage

Le processus d'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique des composants du caillé. La coagulation et l'égouttage ont assuré la préparation d'un substrat essentiellement constitué de caséines, de matière grasse et de lactose, en partie converti en lactate. Ce substrat est peuplé de micro-organismes et, au cours de l'affinage, ses constituants seront transformés sous l'action d'enzymes présentes à l'origine dans le caillé ou élaborés au cours même de l'affinage par synthèses microbiologique (**Eck et Gillis, 2006**).

Les transformations biochimiques confèrent au caillé des caractères nouveaux. La pâte, à l'origine relativement dure, compacte, sans grande saveur, est modifiée dans sa composition, sa structure et, par suite, dans son aspect, sa consistance, sa couleur. Simultanément, une saveur et un arôme nouveaux se développent (**Eck et Gillis, 2006**).

I. 4. Différents types du fromage

Les fromages sont classés en grandes catégories selon les critères tel que l'espèce animale, la teneur en eau, la technologie de fabrication. Selon la technologie de fabrication les fromages sont classés en quatre grande classes :

- **Fromages frais** : ce sont des fromages correspondant aux caillés bruts n'ayant subi d'affinage. Les fromages « de compagnie » (exemple : faisselles) ont subi un égouttage lent, les fromages lissés (exemple : fromages blancs) sont issu d'un égouttage accéléré ;
- **Fromages à pâtes molles** : sont des fromages dont la pâte n'est ni cuite, ni pressé et qui peuvent comporter des moisissures internes. Dans ce groupe extrêmement diversifié s'y trouve le camembert (à croute fleurie) et le munster (à croute lavée) le roquefort (pâte molle persillée), les fromages au lait de chèvre, les fromages avec du lait ultra filtré (pavé d'affinois) ;
- **Fromages à pâtes pressées** : ils sont fréquemment de grands fromages. Ils sont à pâte non cuite (exemple : reblochon, cantal, edam) ou à pâte cuite (exemple : emmenthal, comté) ;
- **Fromages fondus** : sont des produits de fonte des fromages ou d'un mélange de fromage additionnés d'autres produits laitiers et différents ingrédients (agents de texture, arômes). Ces produits sont des fromages de longue conservation (**Siret, 2004**).

II. Fromage frais

Le fromage frais est une pâte très humide, peu minéralisée, c'est le produit d'une coagulation lente à dominance acide, obtenue grâce à l'action des bactéries lactiques combinée ou non à celle d'une faible quantité de présure (1-5 ml /100 l de lait) et un temps d'incubation long (**Eck et Gillis, 2006**).

Les modalités de fabrication des fromages frais sont orientées pour obtenir une pâte de fromage fortement humide, acide et à faible cohésion (**Ramet, 2006**).

II. 1. Classification des fromages frais

L'égouttage lent se fait en sac ou filtré ou bien en cuve, mais les technologies modernes d'ultrafiltration ou de centrifugation du caillé maigre permettent d'obtenir un égouttage rapide. Les diverses technologies employées permettent de distinguer :

- Les fromages blancs moulés où le caillé garde son individualité à l'état de blocs ou de grains ;
- Les fromages blancs frais à structure homogène : à extrait sec faible et texture onctueuse comme les fromages blancs battus ou lissés, à extrait sec plus élevé et texture tartinable comme les petits suisse.

La teneur en matière sèche peut être abaissée jusqu'à 15% ou même 11% pour les fromages frais non légalement définis, selon que leur teneur en matière grasse est au moins 20g pour 100g de fromage après une dessiccation complète (**Luquet, 1985**).

II.2. Valeurs nutritionnelles et énergétiques du fromage frais

Le lait destiné à la production du fromage frais subit de nos jours un chauffage intense (10 minutes à 95 °C), d'où la formation d'une complexe caséine-protéines solubles qui, lors de l'acidification, précipite, de sorte qu'une forte proportion de protéines sériques est entraînée avec la caséine et forme le fromage blanc. La fraction précipitée du lait (qui est d'ordinaire de 78 %) passe donc à 88-89 % de l'azote total ; ainsi, 90 pour cent de la β -lactoglobuline et 60 % de l' α -lactalbumine se retrouvent dans le fromage blanc. Ce dérivé lacté présente une valeur biologique et nutritionnelle plus élevée, en raison d'un taux plus favorable en acides aminés essentiels et notamment en acides aminés soufrés (Tableau I) (**FAO, 1995**).

Les fromages frais constituent une forme de conservation des protéines, de matière grasse ainsi que d'une partie de calcium et de phosphore. Les qualités nutritionnelles et organoleptiques du fromage frais sont très appréciées par l'homme (**Mahaut et al., 2000**).

Tableau I : Composition et valeur calorique moyennes des fromages frais (pour 100g de produit) (**Apferlbaum et Roman, 2004**).

Types de fromages	Energies (Kcal)	Protéines (g)	Glucides (g)	Lipides (g)	Calcium (g)	Eau (g)
Frais	46	7.5	3.7	0.2	126	86.3
Frais	80	8.3	3.8	3.4	117	83.7
Frais	100	8.1	3.6	5.9	115	80.9
Frais	115	7	3.4	8	109	8.5
Frais aux fruits	163	6.6	17.4	7.5	75	66
Frais+ crème	143	7.3	3.7	11	95	77
Frais salé	184	9.8	2.5	35.3	94	8.5

II.3 Matières premières utilisées pour la fabrication du fromage frais

II.3.1 lait cru

Le lait est la matière première destinée à la fabrication fromagère une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physico-chimiques est indispensable, ce la aide à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (**Gaucheron, 2004**).

Le règlement européen 853/2004 définit le lait cru: « Le lait produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage, non chauffé à plus de 40 °C, et non soumis à un traitement d'effet équivalent » (**Renard, 2014**).

II.3.2 Lait en poudre

Les poudres de lait sont des produits résultants de l'élimination partielle de l'eau du lait. Elles sont réparties en trois groupes : la poudre de lait entier, la poudre de lait partiellement écrémé et la poudre de lait écrémée (**Carole et vignola, 2002**).

II.3.3 L'eau de reconstitution

L'eau est l'une des matières premières de tous les types de produits laitiers reconstitués et recombinaisonnés. Ca doit être une eau potable de bonne qualité, dépourvue de micro-organismes pathogènes et d'un niveau de dureté acceptable (**Bylund, 1995**).

II.4 Les ingrédients

II.4.1 Levains lactiques

Un levain est constitué d'une souche pure ou d'une association de souches sélectionnées, isolées de fabrications traditionnelles en utilisant du lait cru, ou de collections de laboratoires. Les ferments utilisés dans la production fromagère ont tous en commun la même aptitude technologique qui est la production d'acide lactique en anaérobiose pendant leur croissance (**Eck et Gillis, 2006**).

II.4.2 La présure

Industriellement, la seule enzyme utilisée en fromagerie est la présure. C'est une endopeptidase qui entraîne une coagulation du lait par hydrolyse de la caséine kappa, ce qui déstabilise les micelles et conduit à la formation du gel. Son utilisation dans la fabrication fromagère existe sous deux formes : liquide ou solide, les formes liquides sont les plus utilisées en industrie du fait de leur commodité d'emploi et leur disponibilité. La forme solide se trouve sous forme comprimé ou de poudre qui doit être diluée dans un excipient de chlorure de sodium et peut être utilisée sur le plan artisanal. L'origine de la dénomination présure provient de l'extrait coagulant provenant de la 3^{ème} poche de l'estomac (caillette) du chevreau et de l'agneau, la principale protéase est la chymosine (85% de l'activité coagulante) complétée par la pepsine (**Eck et Gillis, 2006**).

II.4.3 Le chlorure de calcium (CaCl₂)

L'addition de chlorure de calcium à raison de 0,2g /L à pour but de favoriser l'équilibre salin et d'améliorer la coagulation (**Mahaut et al., 2000**).

*Partie
expérimentale*

*Matériels et
méthodes*

Notre stage pratique a été réalisé au niveau du salle de contrôle du production et laboratoire de contrôle de qualité de la laiterie SARL SOUMMAM.

Ce travail a porté sur le suivi de procédé de fabrication du fromage frais nature SOUMMAM et sur les analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières, produits semi fini et produit fini (fromage frais SOUMMAM).

I. Procédé de fabrication du fromage frais SOUMMAM

Ce procédé comprend trois processus l'un pour la préparation du caillé maigre, l'autre inclut les étapes de préparation de la crème fraîche et le dernier pour la préparation du produit fini.

I. 1. Préparation du caillé maigre

La pate fromagère est obtenue par la séparation du caillé et le petit lait (lactosérum), est passé par plusieurs étapes ordonnées comme suit :

I. 1. 1. La préparation : Elle inclut trois sous étapes :

I.1 .1 .1. La reconstitution

Elle consiste à reconstituer la poudre de lait écrémé (0% MG) par l'ajout de l'eau qui doit être potable et de bonne qualité microbiologique, dépourvue de minéraux indésirables.

L'ensemble (eau + poudre de lait 0% MG) est mélangé grâce à une poudreuse qui se situe au dessous du polymélangeur ; et reste en recirculation vers la cuve via des pompes d'envoi dans le but de le bien mélanger. Le lait reconstitué passe par des filtres dans le diamètre des mails est environ de 425 μ m à fin d'éliminer les particules étrangères.

I.1. 1. 2. Réhydratation

Le mélange doit séjourner au minimum [30min-1h] et ceci afin de permettre une meilleure réhydratation de la poudre du lait, et de rétablir les liaisons entre les protéines et de donner une bonne texture pour le produit fini.

I. 1.1. 3. Refroidissement

Le lait reconstitué est subi un refroidissement à 12°C à l'aide d'un refroidisseur dans le but :

- ✓ D'éviter l'acidification du lait,
- ✓ La stabilité des protéines,
- ✓ Augmenté la durée de stockage.

I. 1. 2. Préchauffage

Le lait est préchauffé à 65°C à la section 01 du pasteurisateur avant l'homogénéisation pour réduire la viscosité et faciliter la séparation. L'efficacité de l'homogénéisation est optimale lorsque la phase grasse est à l'état liquide.

I. 1. 3. Homogénéisation

C'est une opération qui consiste à réduire le diamètre des globules gras et permet ainsi une meilleure dispersion de ceux-ci dans le produit à fin d' :

- ✓ Eviter la formation de la crème,
- ✓ Eviter la séparation par gravité.
- ✓ Améliorer les caractéristiques organoleptiques et la stabilité de produit.

Le principe de ce traitement est basé sur l'application de deux pressions dans deux étages. Le premier étage consiste à fractionner les globules gras à une pression qui varie entre [120-130 bar] et le deuxième étage permet leur dispersion à une pression de [30-40bar].

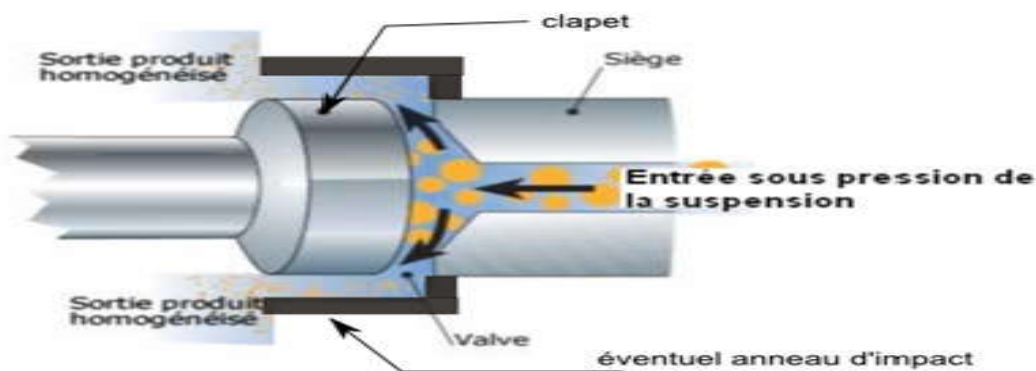


Figure 02 : Principe de fonctionnement d'un homogénéisateur (Manuel GEA).

I. 1. 4. Pasteurisation

Dès la sortie de l'homogénéisateur, le lait reconstitué est passé dans un échangeur à plaque où il est à la fin pasteurisé à 95°C pendant 5min puis refroidit à 28°C.

Il se déroule dans cinq sections :

- Section 01 : c'est la section de régénération
- Section 02 : c'est la section de chauffage à une température de 80°C
- Section 03 : c'est la section de la pasteurisation à 95°C pendant 5min.
- Section 04 : c'est la section de pré-refroidissement.
- Section 05 : c'est la section de refroidissement à 28°C.



Figure03 : Echangeur à plaque

I. 1. 5. Ensemencement

C'est l'action de l'ajout des ferments lactiques mésophiles et de la présure à des quantités déterminées dans la cuve de maturation tout en respectant les BPF et les BPH on cite :

- La suppression de la cuve de maturation en air stériles.
- Hygiène du personnel (port d'une tenue, d'une charlotte, désinfection des mains)
- Utilisation des matériels stériles.
- La désinfection du trou -d'homme de la cuve.....etc.

Puis sous l'action des agitateurs de la cuve le lait sera bien mélangé avec les ferments et la présure.

I. 1. 6. Emprésurage

Une quantité de 01ml de présure est ajoutée pour 03l du lait.

I. 1. 7. Modification de la teneur en calcium

L'addition de chlorure de calcium au lait, est une pratique courante en fromagerie, dans le but d'accroître la fermeté du coagulum.

I. 1. 8. Coagulation (maturation)

Elle s'effectue au niveau des tanks de maturation des pâtes fraîches MPF à 28°C (température optimal de croissance des bactéries lactiques mésophiles) pendant [12-14H] pour atteindre un pH qui varie entre [4.5-4.55] et une acidité de [79-90°D].

I. 1. 8. 1. Le décaillage

Lorsque le PH et l'acidité atteignent les valeurs désiré on procède à un décaillage, par l'agitation à 80% pour arrêter la fermentation grâce à des agitateurs à trois hélice .cette étape consiste à découper le coagulum en grains de 3 à 15 mm et considérer comme une étape préparatoire de la séparation.

I.1. 9. Thermisation

Elle consiste à faire passer le caillé dans un échangeur à plaque à 62°C pendant [2-3] min, à un débit de 10000l/H.

Le thermiseur comprend trois compartiments :

- Compartiment d'échange récupération ou le caillé entrant va être préchauffé à 40°C.
- Compartiment de thermisation à une température de [60-62°C] pendant [4-5] min.
- Compartiment de refroidissement à 42°C.

I. 1. 10. Egouttage

C'est un traitement mécanique qui correspond à un passage de la base lactée dans un séparateur (KDB 45) et la séparation entre la phase solide (caillé) et la phase liquide (lactosérum) par la centrifugation.

A la sortie du thermiseur, le caillé va avoir une température de [42-45°C] et sera transféré à l'aide d'une pompe au séparateur passant par des filtres dans le but de rendre la texture lisse.

Principe de l'égouttage

- Par une vitesse de centrifugation de 4000 tour /min, le caillé maigre se dirige vers les parois des assiettes et sortira par des buses de [0,7-0,8] μm vers un bac de réception à une température de 28°C et un débit de 3000l/h.
- Le petit lait sortira par un tuyau de centre de séparateur vers l'égout. Son extrait sec qui doit être de [2-6%], est réglé grasse à une vanne contre pression.

I. 1. 11. Refroidissement

Le caillé maigre subit un refroidissement à 12°C dans un réfrigèrent (échangeur de température à plaque) par échange de température entre le produit et l'eau glacée, à fin d'avoir une bonne texture du produit fini lors du dosage.

I. 1. 12. Stockage

Le caillé maigre est stocké dans des tanks de stockage de 12000 l.

I. 2 Préparation de la crème fraîche

I. 2. 1 Réception du lait

C'est une étape primaire qui consiste au ramassage ou à la collecte du lait cru à partir des fermes. Le lait cru est transporté dans des camions-citernes isothermes du centre de collecte vers l'unité. Une fois arrivé à l'unité, un échantillon de lait est prélevé pour effectuer les tests rapides : l'acidité, la densité, la teneur en matière grasse et la stabilité à l'ébullition.

Le lait conforme sera ainsi filtré et refroidi à 4 °C puis envoyé vers les tanks de stockage du lait cru (TLC).

I. 2. 2 Ecrémage

Le lait entier porté à la température de 62-65°C qu'elle a subit au compartiment de préchauffage du pasteurisateur est introduit à la base du centre du bol rotatif de l'écrémeuse. Sous l'action de la force centrifuge, les globules gras se dirigent vers l'axe de rotation et sont entraînés avec une petite quantité de lait vers la sortie du crème; le lait séparé des globules gras plus lourds se dirigent vers la périphérie du bol d'où il est entraîné vers la sortie de lait écrémé (figure 04).

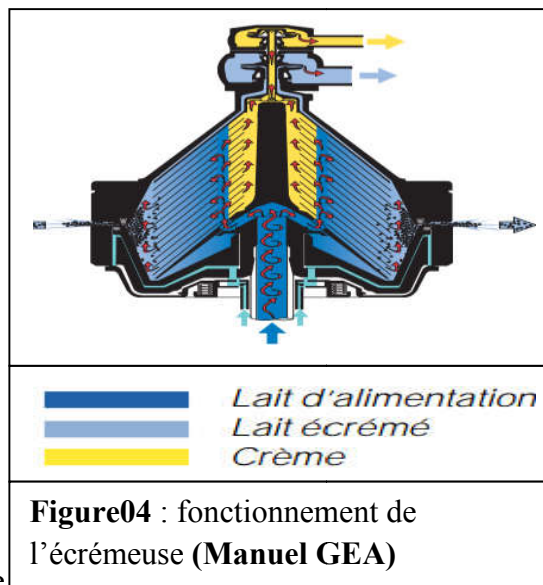


Figure04 : fonctionnement de l'écrémeuse (Manuel GEA)

I. 2. 3 Dégazage

Il se réalise dans un dégazeur (**figure 05**). Cette opération a pour but de:

- Retirer partiellement au moins certaines odeurs caractéristiques des laits ;
- Eliminer les substances volatiles telles que les composés cétoniques qui risquent d'affecter le goût et l'odeur de la crème fraîche, dont ils sont aspirés par une pompe sous- vide.
- Se débarrasser de l'oxygène susceptible d'oxyder la matière grasse.

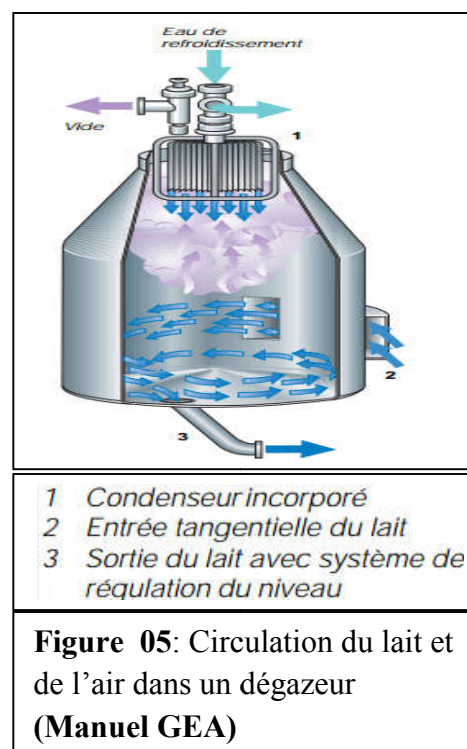


Figure 05: Circulation du lait et de l'air dans un dégazeur (Manuel GEA)

I.2. 4 Pasteurisation

Elle consiste à faire passer la crème dans un échangeur de chaleur à plaque à une température de 95°C pendant 2-5min puis elle est refroidie à 8°C.

I. 2. 5 Stérilisation

Elle consiste à faire passer la crème fraîche dans un échangeur de chaleur tubulaire à contre courant, à une température de 100-105°C pendant quelques secondes, à la sortie de stérilisateur la crème subit un refroidissement à 7°C.

I.2.6 Stockage

La crème stérilisée est stockée dans des tanks de stockage de la crème fraîche et portée à une température de 7°C.

I.3.Préparation du produit fini

I. 3. 1. Le mélange caillé maigre-crème fraîche

Le mélange se fait par injection de la crème fraîche dans le caillé maigre. La crème fraîche est ajoutée juste avant conditionnement du produit fini en raison de 13 %, grâce à des mélangeurs statiques.

I. 3. 2. Conditionnement et stockage

La conditionneuse est un monobloc semi automatique divisé en deux compartiments similaires fonctionnant en parallèle. La bobine du film plastique est placée en arrière de la conditionneuse. Le film passe par un aspirateur pour enlever toutes les particules de poussières puis par 3 plaques chauffantes à 135°C à fin de faciliter son moulage.

Le dosage des pots s'effectue par des pompes volumétriques; les pots sont ensuite fermés de façon hermétique par thermo-scillage en utilisant des opercules décontaminés par des rayonnements infrarouges imprimés d'une date limite de consommation (DLC). Après la découpe, les pots remplis sont mis dans des caisses formant des palettes par les ouvriers. Ces palettes sont transférées vers la chambre froide ou elles seront stockées à 4°C.

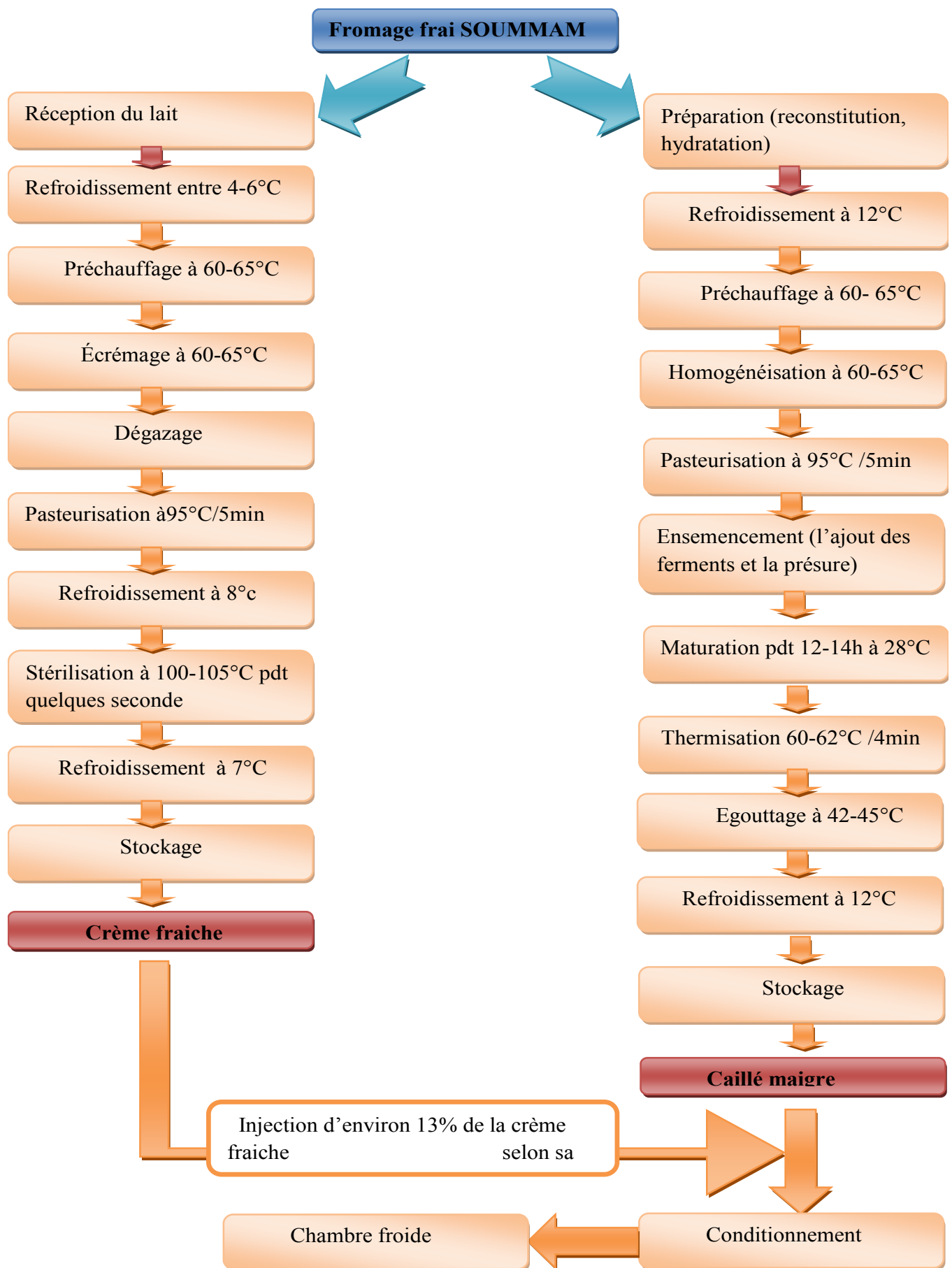


Figure 06 : Diagramme de fabrication d'un fromage frais SOUMMAM

II. Echantillonnages et techniques de prélèvement :

II. 1. Échantillonnages :

Avant d'effectuer une analyse physico-chimique ou microbiologique, il convient de procéder à une série d'opérations très importantes dont dépend en grande partie, de la qualité de résultat de l'analyse. Il faut choisir des échantillons et définir le lieu et les conditions de prélèvement, puis, réaliser ces derniers et les transmettre dans des bonnes conditions au laboratoire d'analyse (**Galzy et Guiraud, 2003**).

II. 2. Nature et techniques des prélèvements

Les prélèvements effectués ont concerné les matières premières destinées à la fabrication du fromage frais, les produits semi fini (au cours du procédé de fabrication), ainsi que le produit fini (fromage frais).

II. 2. 1. Matière première :

- **Le lait cru**

À l'arrivée du camion-citerne rempli du lait cru, l'agent contrôleur mesure la température du lait dans le camion puis il prélève des échantillons de chaque compartiment de la citerne dans des flacons, afin de procéder aux différentes analyses au niveau du laboratoire de la collecte.

- **Poudre du lait:**

L'unité SOUMMAM réceptionne plusieurs lots de poudre du lait constitués des bigs bag de 50Kgs et après chaque arrivage, des analyses de contrôle de qualité sont effectuées.

Le contrôle doit porter sur cinq bigs bag choisis d'une manière aléatoire issue d'un même lot de même fabrication et ça pour tous les lots.

Le prélèvement est réalisé au niveau du magasin de la matière première et il s'effectue à partir des sacs de poudre en préparant un flambeau avec du coton et de l'alcool pour créer une zone stérile de 20cm; et en respectant les conditions aseptiques, on ouvre le big bag (à côté du flambeau) et on plonge une pelle en inox qui doit être préalablement stérilisée et désinfectée avec l'alcool, puis on prélève et on remplit les sacs.

II. 2. 2. Produits semi-finis:

Les prélèvements sont réalisés sur différents niveaux de fabrication du fromage production; au niveau des tanks de poudrage (TLE), sortie pasteurisateur (SP), tank de maturation (TMPF), sortie thermiseur (S ther), sortie réfrigérant (SR), sortie séparateur (SKDB45), tank de stockage du caillé maigre (TSCM), et finalement au niveau de sortie pompe de soutirage aux lignes de production(SPS).

Les analyses physico-chimiques pour le produit semi-fini sont effectuées au niveau du laboratoire de process.

- Pour les deux points de prélèvements : sortie séparateur(KDB45) et sortie de son réfrigérant : Lors des prélèvements, il faut désinfecter les mains et l'échantillonneuse avec de l'alcool, puis faire passer l'eau pour rincer ce dernier, ouvrir la vanne, laisser couler le produit puis remplir le flacon stérile, à la fin laisser l'eau chaude passer pour nettoyer les échantillonneuses.
- Pour autre points de prélèvements cités, il faut aussi désinfecter les mains et les points de prélèvement des tanks avant et après chaque prélèvement effectué.

II. 2. 3. Produit fini :

Suivant la même ligne de conditionnement des échantillons du fromage frais sont prélevés à chaque fin de production dans la chambre froide, où ils sont stockés à une température de 4-6°C pour procéder à leur analyse.

- Pour l'analyse physico-chimique, trois échantillons sont prélevés pour chaque production : au début, au milieu et à la fin de la production.
- Pour l'analyse bactériologique, cinq échantillons sont prélevés pour chaque production : au début, à 25%, à 50%, à 75%, à 100 % de la production.

III. Analyses physico-chimiques

Les analyses physicochimiques d'un produit sont réalisés à fin de garantir les caractéristiques et organoleptiques de ce dernier (**Scriban, 1999**).

Le tableau II résume les différentes analyses physicochimiques effectuées aux étapes de préparation du produit fini.

Tableau II: Les analyses physicochimiques effectuées aux différents produits :

Echantillons	lait cru	PDL	TLE	TMPF	S réf	Fromage frais
pH/acidité	X	x	x	x	x	x
EST	X		x	x	x	x
MG	X	x				x
MP	X					
Test d'ébullition	X					
Test d'antibiotique	X					
Taux d'humidité		x				
Test de fermentation		x				
Densité	X					

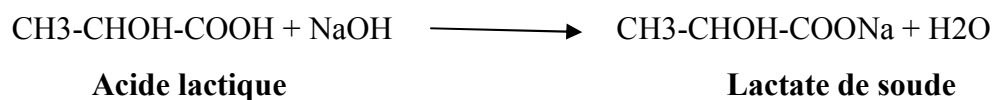
1- Mesure du pH :

Par définition, le pH est une mesure de l'activité des ions (H^+) contenus dans une solution. Le but est de pouvoir mesurer quantitativement l'acidité de celle-ci. Le pH est mesuré à l'aide d'un pH- mètre (**Carole, 2002**).

Après avoir étalonner le pH-mètre à l'aide de deux solutions tampons (pH7 et pH4), ensuite on plonge l'électrode dans le produit à analyser et on lit la valeur de pH stabilisée (**Mathieu, 1999**).

2- Mesure de l'acidité titrable

Elle se base sur le titrage de l'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphtaléine comme indicateur coloré (**NF V04-305, 1985**).



02 à 03 gouttes de l'indicateur phénolphtaléine sont ajoutées à 10ml de l'échantillon à analyser, puis le mélange est titré avec le NAOH jusqu'au virage de couleur (avoir une couleur rose claire).

Les résultats sont exprimés en degré Dornic en appliquant la formule suivante :

$$\text{Acidité} = V10 (D^\circ)$$

V : volume (en ml) de la chute de la burette.

4- Dosage de taux de matière grasse:

Elle est issue du lait utilisé et déterminée avec l'appareil Milkoscan FT120 ou par la méthode de GERBER.

➤ Pour la poudre de lait

On utilise La méthode de GERBER :

Mettre dans un butyromètre à lait 10 ml d'acide sulfurique à (d=1.82), Ajouter 5,5ml de l'eau distillé ensuite 2,5g de la PDL préalablement homogénéisée et à la fin ajouter 1ml d'alcool iso-amylque, fermer le butyromètre avec un bouchon propre et sec, agiter énergiquement pour dissoudre complètement la caséine, ensuite procéder à une centrifugation à 1200 tr/min pendant 10min, à la fin essuyer la tige graduée et faire une lecture immédiate dans les 10 secondes.

La teneur en matière grasse de la poudre du lait est donnée par la formule suivante :

$$\text{TMG} = (M - M')$$

TMG : la teneur en matière grasse dans 100 g de la poudre du lait.

M : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse.

M' : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse.

➤ Pour le fromage

3 g de fromage sont pesés et déposés dans un butyromètre à fromage, et on ajoute de l'acide sulfurique à 52% jusqu'à ce que l'échantillon soit immergé, puis on place le butyromètre dans un bain marie à 67°C/5 min, pour favoriser la dissolution complète des protéines. Par la suite on ajoute 1 ml d'alcool iso-amylque et on remplit avec l'acide sulfurique jusqu'au trait repère de l'échelle du butyromètre, puis homogénéiser et centrifuger pendant 10 min.

Le taux de matière grasse est lu directement sur le butyromètre, chaque graduation correspond à 0.1 % de MG.

➤ Pour le lait cru et la crème fraîche :

On utilise deux méthodes :

A - Méthode de GERBER : dans ce cas on va prendre 5,5ml de la crème fraîche et 11ml du lait cru.

B – Le Milkoscan (FT120) qui est un spectrophotomètre à FTIR (Fourrier transformed Infrared Spectroscopy) automatique, conçu pour les mesures des paramètres physicochimiques des produits liquides cités au dessous.

5- Mesure du taux de MG, de l'Extrait Sec Total (EST), de la densité et de la matière protéique(MP) :

La détermination des taux de MG, MP, la densité et EST, est faite directement avec un appareil appelé Milkoscan **(FT120)** :

Prendre un échantillon (lait cru à partir des camions citernes ou la crème fraîche pasteurisé à partir de ses tanks de stockage), ensuite procéder à un chauffage au bain marie à 40°C pendant environ 05mn ,enlever l'échantillon du bain marie, bien agiter avec des retournements et ne pas brusquer pour éviter qu'il y est de la mousse et le placer sous la pipette du Milkoscan (FT120) ,à la fin cliquer sur la souris et l'analyse se déroule automatiquement.

- Les résultats seront affichés sur l'écran

6-Mesure de l'extrait sec total (EST) par dessiccateur Sartorius MA100 :

La matière sèche est la masse restante après dessiccation complète **(AFNOR ,1999)**. 4g du produit sont déposés et étalé sur toute la surface d'une coupelle en aluminium préalablement tarée sur une balance ; ensuite ouvrir la chambre à échantillon et poser cette coupelle, après fermer la chambre et démarrer le programme de dessiccateur.

La dessiccation s'arrête automatiquement lorsqu'aucune perte de poids n'est plus détectable. Ensuite l'extrait sec obtenu est affiché, il est exprimé en pourcentage en masse.

7-Test de stabilité à l'ébullition

Un lait qui n'est pas frais présente une structure de caséines particulièrement instables. Dès lors, un simple traitement thermique suffit à les précipiter. De ce fait, tout lait destiné à la consommation doit être stable à l'ébullition **(J.O.R.A. N° 35, 1998)**. Un tube contenant un volume de 10ml du lait est porté au bain marie à 100°C pendant 40min **(Guiraud, 1998)**.

8-Test d'antibiotiques

- **Test BETA STAR**

Le BETA STAR est le seul test de dépistage d'antibiotiques validé AFNOR. Il permet la détection des résidus de bêta-lactamine et tétracycline.

Introduire à l'aide d'une micropipette 200 µl de lait dans la micro cuvette et on homogénéise le mélange, placer la dans un incubateur à 50°C ± 3°C pendant 3mn, puis insérer la bandelette dans la micro cuvette et laisser la incuber encore 3mn ; retirer les bandelettes et interpréter selon l'intensité des lignes test.

9-Test d'humidité

Ce paramètre correspond à la teneur en eau de la poudre du lait. Elle se mesure par l'évaporation de cette eau dans un dessiccateur.

Peser la coupelle dans l'appareil et tarer, ensuite peser 4 g de poudre de lait et bien les répartir sur la coupelle, puis remettre le couvercle de l'appareil, et faire la lecture lorsque la perte du poids reste constante. Elle se manifeste par une sonnerie de l'appareil (**Luquet, 1985**).

Les résultats sont exprimés comme suit :

$$\mathbf{H\% = (100-EST)\%}$$

10-Test de fermentation

Il consiste à mettre en évidence la présence d'inhibiteurs des ferments lactiques (antibiotiques antiseptiques...) dans un lait sec.

Peser 12.5g de la poudre du lait, ajuster jusqu'à 100ml avec de l'eau de process. Le mélange est homogénéisé jusqu'à dissolution complète, puis, dans un bain marie, traiter le mélange à 100°C pendant 10min, laisser le refroidir à une température de (43±2°C), puis est incubé dans une étuve à (43±2°C) après avoirensemencer le mélange avec 10g d'un yaourt étuvé aromatisé,

Le résultat est positif s'il y a formation d'un coagulum après 04 à 05 h, et il est négative quand il y aura formation d'un coagulum au de la de 05h ou dans le cas d'obtention d'un coagulum non homogène.

IV. Analyses microbiologiques :

L'analyse microbiologique est indispensable -pour assurer au produit une bonne qualité et une bonne conservation et garantir la qualité hygiénique, ainsi la sécurité des consommateurs en permettant la détection des microorganismes et de toxines microbiennes (**Guiraud, 2003**).

Tableau III: Analyses microbiologiques effectuées à différentes étapes de fabrication du fromage frais.

Germes recherchés	PDL (0%)	SP	TMPF	S(KDB)	S Réf	S ther	TSPF	SPS	Produit fini
Germes totaux	×								
Coliformes	×	×	×	×	×	×	×	×	×
Salmonella	×								×
CSR	×								
St. Aureus									×
Levures & moisissures		×	×	×	×	×	×	×	×

IV. 1. La matière première

La poudre de lait

Le tableau IV indique les méthodes de recherche et de dénombrement des micro-organismes dans la poudre de lait.

Tableau IV: Les méthodes de recherche et de dénombrement des germes pathogènes dans la poudre de lait.

Germes recherchés	Méthode
Germes totaux	<p>-Préparation de la solution mère (10^{-1}) à partir de 10 g de poudre de lait, et 90 ml de solution de Ringer.</p> <p>- Préparation d'une série de dilutions jusqu'à 10^{-4}, et ensemencement en masse 01ml de chaque dilution dans le milieu PCA, puis incubation à $30^{\circ}\text{C}/72\text{h}$</p>
Coliformes totaux	<p>-Ensemencement de 09 tubes du milieu BLBVB (+cloche) avec 01 ml de chaque solution (10^{-1}), 10^{-2}, 10^{-3} puis incubation à $30^{\circ}\text{C}/48\text{h}$</p>
<i>Clostridium Sulfito-Réducteurs</i> (forme sporulée).	<p>- Ensemencement de 05 tubes avec 02 ml de la solution mère.</p> <p>- Chauffage des tubes ensemencé de la solution mère au bain-marie à $80^{\circ}\text{C}/10\text{ mn}$.</p> <p>- Refroidissement et ensemencement de chaque tube avec du milieu VF incubation à $44^{\circ}\text{C}/48\text{h}$.</p>
<i>Salmonella</i>	<p>➤ Pré-enrichissement :</p> <p>-Peser dans un flacon de 250ml une masse de 25g de PDL dans 225ml de l'eau peptonée</p> <p>-Incubation à 37°C pendant 24 heures</p> <p>➤ Enrichissement sélectif</p> <p>-Transférer 10ml de la culture pré-enrichissement dans un flacon contenant 100ml de bouillon Muller Kauffmann.</p> <p>-Incubation à 43°C pendant 24 heures</p> <p>➤ Isolement :</p> <p>A l'aide d'une anse de platine, une goutte du bouillon d'enrichissement Kaufmann est prélevée et ensemencée en stries sur les deux géloses Hektoen et BPLS, préalablement coulées et laisser refroidir dans des boites de pétri.</p> <p>L'incubation est faite à 37°C pendant 24 heures</p>

IV. 2. Produit semi fini et fini

Les germes recherchés sont : coliformes totaux, coliformes fécaux, *Staphylococcus aureus*, *salmonella*, les bactéries lactiques, les levures et les moisissures.

IV.2.1. Recherche et dénombrement de la flore lactique mésophile

Préparation des dilutions décimales

Dans des conditions aseptiques, 10ml de produit est soigneusement homogénéisé dans un flacon de 250ml qui contient 90 ml de solution de Ringer stérile. Pour les dénombrements, au moyen d'une pipette stérile, 1 ml de la dilution 10^{-1} est prélevé aseptiquement puis dilué dans 9 ml de solution de Ringer afin d'avoir la dilution 10^{-2} , une série de dilutions est réalisée de cette manière pour obtenir des dilutions 10^{-3} , jusqu'au 10^{-7} .

Les dilutions décimales qu'on a réalisées se différencient selon l'échantillon prélevé à chaque 2h de maturation, ceci est illustré dans le tableau suivant:

Tableau V : Les dilutions décimales selon les temps de maturation.

Lieu de prélèvement	Caillé maigre(TMPF)					
	Après 2h	Après 4h	Après 6h	Après 8h	Après 10h	Après 12h
Dénombrement de la flore lactique mésophile	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}	10^{-1}
	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}	10^{-2}
		10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-3}
			10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}	10^{-4}
				10^{-5}	10^{-5}	10^{-5}
					10^{-6}	10^{-6}
						10^{-7}

Méthode de recherche :

Ensemencement en masse de deux boîtes, avec 1 ml de chaque dilution dans la gélose MRS et incubation à 30°C/72 h.

IV.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes :

Cette méthode décrit une méthode de dénombrement des coliformes totaux et fécaux sur le milieu solide, après incubation en aéro-anaérobiose à 30°C et à 44°C.

Ensemencer dans la géloseVRBL 01ml du produit à analyser et incubation à 44°C /24h pour les coliformes fécaux et à30°C /24h pour les coliformes totaux.

Les colonies caractéristiques des coliformes totaux sont violacées, d'un diamètre de 0.5mm ou plus est parfois entouré d'une zone rougeâtre due à la précipitation de la bile. Le nombre de coliformes correspond au nombre de colonies comptées sur la boîte ensemencée dans notre cas.

IV.2.3 Recherche et dénombrement des levures et moisissures

Ensemencer 01ml de l'échantillon sur gélose YGC et incubation à 25°C /5jours. Les levures se présentent sous forme de colonies arrondies, lisses, convexes, plates et parfois pigmentés en jaune, orange ou blanche. Alors que les moisissures se présentent sous forme plus grande.

IV.2.4 Recherche des *Staphylococcus aureus*

S. aureus doit son nom au pigment caroténoïde produit lors de la multiplication qui donne à ses colonies un jaune-orange. Pour isoler *S. aureus* dans des échantillons contaminés par une flore mixte, un milieu sélectif (Chapman le mannitol) contenant 7% de NaCl est nécessaire.

Le mannitol est fermenté par le *S. aureus* mais pas par les autres staphylocoques, ce qui permet de différencier les espèces **(Ruocco et al, 2011)**. La fermentation du mannitol induit l'acidification du milieu ce qui provoque la décoloration du rouge phénol du rouge au jaune **(Pommerville, 2007)**.

IV.2.5.Recherche des *Salmonella*

Les espèces de *salmonella* sont des bactéries asporulées et mobiles à Gram négatif, en forme de bâtonnet et aérobies ou anaérobies facultatives. Ce genre est composé d'environ 2000 sérotypes dont l'habitat naturel est l'intestin des vertébrés. La plupart sont pathogènes pour l'homme, il est important d'éviter la présence des salmonelles dans l'alimentation **(Huss, 1988)**.

*Résultats et
discussions*

V. Analyses physicochimiques :

V.1 De la matière première

V.1.1. La poudre du lait écrémé

Les résultats d'analyses physico-chimiques de la poudre du lait écrémé sont figurés dans le tableau VI.

Tableau VI : Résultats d'analyses physico-chimiques de la poudre du lait écrémé.

Paramètres	Résultats	Normes
Taux d'humidité	3,2	2,5 – 4
MG (%)	Traces	0 – 1
pH	6,68	6,6 -6,8
Acidité	15	11 – 18

La poudre du lait écrémé ne doit pas contenir moins de 95% des solides du lait et son taux d'humidité ne doit pas dépasser 5% (FAO, 2010). Les résultats du test d'humidité réalisé à 105°C jusqu'au poids constant montre que la poudre de lait a un taux d'humidité qui répond aux normes (Tableau VI).

Par ailleurs, la poudre de lait écrémé ne doit pas dépasser 1,5% pour le taux de matière grasse (FAO, 2010). Nos résultats sur la lecture des graduations montre une mince couche inquantifiable de la matière grasse ce qui signifie sa présence en traces et sa conformité aux normes.

Quand au pH du lait, la valeur est comprise entre 6,6-6,8. Sa mesure permet la détection de tous les ions H^+ contenus dans ce lait. Lorsque le pH est inférieur aux valeurs normales, on peut dire que le lait est conservé longtemps et qu'il est acidifié à cause d'un développement microbien (Branger et al., 2009). La valeur du pH de la poudre de lait trouvée est conforme aux normes (Tableau VI)

De même, la poudre du lait présente une acidité conforme aux normes (Tableau VI), En effet, l'acidité du lait est un bon indice pour évaluer la qualité microbiologique et le respect de

la chaîne de froid. C'est pour cette raison l'industrie laitière évalue l'acidité titrable comme indice de la qualité microbiologique (Lamontagne et al, 2002).

V.1.2. Le lait cru

Les résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru sont figurés dans le tableau VII.

Tableau VII: Résultats d'analyses physico-chimiques du lait cru :

Paramètres	Prélèvements					Moyenne	Normes
	E1	E2	E3	E4	E5		
T (°C)	4	4	4	4	4	4	< 6 °C (J.O)
pH	6,70	6,73	6,67	6,76	6,72	6.71	6,6 -6,8 (J.O)
Acidité (°D)	16,5	16,5	16,5	16	16,5	16.2	Max : 18 (J.O)
EST (%)	11,74	11,96	11,83	11,89	11,68	11.82	11-12 (J.O)
MG (%)	2.98	3,22	3,04	3,15	3,10	3.09	3,03-3,8(J.O)
MP	3,24	3,23	3,22	3,23	3,10	3.20	3 -3,5 (j.O)
Densité	1,030	1,029	1,030	1,029	1,029	1.029	1,028 -1,032
Test d'ébullition	ST	ST	ST	ST	ST	ST	Stable (J.O)
Test d'antibiotiques	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs		Absence (J.O)

➤ Le pH

Pour le lait cru le pH est le premier paramètre vérifié par l'unité. Un pH acide indique le non respect de la chaîne de froid à la ferme ou bien au cours de transport vers l'unité.

➤ L'acidité

L'acidité est le deuxième paramètre à contrôler, elle nous renseigne sur la fraîcheur de lait cru. Ces deux paramètres sont contrôlés à chaque réception du lait cru. Les valeurs trouvées concernant le pH et l'acidité sont : 6,71 et 16°D respectivement. Ceci permet d'indiquer le respect de la chaîne de froid et ainsi la conformité par rapport aux normes J.O.R.A (pour l'acidité est entre 16 et 18 et pH entre 6,6 et 6,8) (Tableau VII).

➤ L'EST

La valeur moyenne de l'extrait sec total enregistrée au niveau des cinq échantillons est 11,8% est inférieure par rapport à la norme (**JORA, 1998**), qui est entre 12 et 13% et cela est lié directement à sa faible teneur en matières grasses et en protéines (Tableau VII).

➤ La MP

La teneur moyenne en protéine des cinq échantillons est de 3,20% proche à la norme fixée par (**JORA, 1998**) qui est supérieure à 3,6 %. Cela est dû aux divers facteurs intervenant sur la composition du lait (Tableau VII) ;

➤ La MG

Selon le journal officiel de la république Algérienne (**JORA, 1998**), La norme de la teneur en matière grasse pour le lait cru est fixée entre 3,4 et 3,8%. La teneur moyenne de la matière grasse des cinq échantillons est de 3,10% (Tableau VII). Cela peut s'expliquer par les différents facteurs intervenants sur la composition de lait cru : la race, l'âge, la saison (le lait est riche en matière grasse quand le climat est froid), l'état sanitaire, et le régime alimentaire. Effectivement pour les vaches nourries avec des rations fortement énergétiques causent essentiellement la diminution de la teneur en matière grasse.etc. (**Mahaut et al., 2000**), Pour la densité, le test d'ébullition et celui d'antibiotique, les valeurs obtenues sont conformes aux normes JORA (Tableau VII).

V.2.Le produit semi-fini

V.2.1.Le caillé maigre

Les résultats d'analyses physico-chimiques du caillé maigre au cours des étapes de préparation sont illustrés dans le tableau VIII.

Tableau VIII : Résultats d'analyses physico-chimiques du caillé maigre au cours des étapes de préparation.

Paramètres	Préparation (TLE)	Maturation (TMC)	Séparation (S Réf)
Ph	6,6	4,52	4,5
Acidité (°D)	15	87	90
EST (%)	10,20	15,68	15,8

TLE : Tank de lait écrémé.

S Réf : Sortie réfrigérant.

TMC : Tank de maturation du caillé.

Au niveau de tank de poudrage (TLE), on note que les valeurs obtenus des différents paramètres physico-chimiques sont conformes par rapport aux normes recommandées par l'unité qui sont le pH [6,6-6,8] ; l'acidité [16-18] et l'EST [9,5-10,5] (Tableau VIII).

Concernant l'EST, le caillé maigre gagne un taux élevé de l'E.S.T (15,8%) (Tableau VIII), cela peut être expliqué à la séparation du lactosérum par centrifugation (**Mahaut et al, 2000**).

Au niveau de tank de la maturation du caillé (MPC), Le pH est de 4,52 dans le lait écrémé additionné avec les ferments lactiques (**Gosta, 1995**) ; En effet, La diminution de pH est due à l'activité acidifiante des bactéries lactiques grâce à la β -galactosidase qui hydrolyse le lactose du lait en acide lactique (**Lamontagne, 2002**). En outre, l'acidification du caillé maigre dépend du taux d'ensemencement et de la viabilité des ferments (**Desmazeaud, 1994** et **Lamontagne, 2002**). Dans le même sens, (**Lounes, 1994**) rapporte que la transformation du lactose en acide lactique par les bactéries lactiques diminue fortement le pH du lait et assure une protection contre le développement de nombreux germes pathogènes. Cette acidification induit des modifications physico-chimiques des caséines, lors de la diminution du pH engendrant la solubilisation du phosphate de calcium colloïdal, qui est un élément important dans la stabilité des micelles de caséines (**Vingola, 2002**).

V.2.2.La crème fraîche

Les résultats d'analyses physicochimiques de la crème fraîche sont figurés dans le tableau IX.

Tableau IX : Résultats d'analyses physicochimiques de la crème fraîche.

Paramètres	Résultats		
	E1	E2	E3
Ph	6,6	6,6	6,6
Acidité (°D)	12	12	12
EST (%)	40,23	47,51	42,96
MG (%)	34,97	42,76	37,70
MP	2,17	1,93	2,12

On effectue un bilan des paramètres physicochimiques de la crème fraîche dans le but de connaître sa teneur en matière grasse et son taux d'injection dans le produit fini, pour le pH, la valeur doit être entre [6,6- 6,8] ; Si la valeur du pH est inférieure aux normes recommandées par l'entreprise, l'acidité augmente et elle présente un goût acidulé, ceci est lié principalement à la résistance accrue des microorganismes à la chaleur due à l'effet protecteur qu'exerce la couche de matière grasse. Dans ce cas, le traitement n'est pas suffisant pour détruire les levures, les moisissures, le plus grand nombre possible de bactéries et d'enzymes, dont les lipases et la peroxydase.

Les résultats rapportés sur le tableau IX, nous mène à déduire que nos résultats sont conformes aux normes internes de l'entreprise.

V.3.Le produit fini

Les résultats d'analyses physicochimiques du fromage frais sont présentés dans le tableau X.

Tableau X : Résultats d'analyses physicochimiques du fromage frais.

Paramètres	Résultats			Moyenne	Normes
	E1	E2	E3		
Ph	4,43	4,50	4,38	4,43	4,35 – 4,55
Acidité (°D)	99	97	100	98,66	90 – 110
EST (%)	19,33	19,58	18,90	19,27	18,20 – 19,58
MG (%)	5	4,5	5	4.83	4,5 – 5,5

La conformité des paramètres physico-chimiques du produit fini est conditionnée par la conformité des paramètres physico-chimiques du caillé maigre et de la crème fraîche.

Les résultats du Tableau X montrent une conformité aux normes internes du produit fini qui sont de (4,35 à 4,55) pour le pH, de (4,5 à 5,5%) pour la matière grasse, de (18,2 à 19,58%) pour l'E.S.T, (90 à 110°D) pour l'acidité, et cela indique une bonne maîtrise de la qualité physico-chimique du processus des quatre fabrications que ce soit sur la transformation du lait en caillé maigre ou la préparation de la crème fraîche à base de lait cru.

VI. Analyses microbiologiques

VI.1. La poudre de lait écrémé

Les résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de lait écrémé sont figurés dans le tableau XI.

Tableau XI : Résultats d'analyses microbiologiques de la poudre de lait écrémé :

Germes recherchés	Résultats					Normes
	E1	E2	E3	E4	E5	
Germes totaux	10 ²	220	310	2.10 ²	10	2.10 ⁵
Coliformes totaux	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	10
C.S.R	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
Salmonella	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

Les résultats relatifs aux analyses microbiologiques de la poudre entrant dans la fabrication du fromage frais présentés dans le tableau XI, montrent que notre poudre de lait ne contient aucun germe pathogène. Cela n'a pas empêché d'avoir une charge en flore totale ainsi en salmonelles. Ces valeurs sont inférieures par rapport aux normes exigées par J.O.R.A. Ce qui indique le respect des conditions d'hygiène lors de la transformation du lait écrémé en poudre de lait écrémé et le respect des conditions d'emballage et de stockage des sacs de la poudre.

VI.2. Le produit semi-fini

VI.2.1. Caillé maigre

Les résultats d'analyses microbiologiques du caillé maigre sont illustrés dans le tableau IIX.

Tableau XII: Résultats d'analyses microbiologiques du caillé maigre.

Germes recherchés	Prélèvements							Normes
	SP	TMC	S.ther	S.KDB	S.réf	T.SC	SPS	
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	0	0	<10
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	0	01
Levures	0	0	0	0	0	0	0	<10 ²
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

SP : Sortie pasteurisateur., TMC : Tank de maturation du caillé., S.ther : Sortie thermiseur., S.KDB : Sortie séparateur (KDB), S.réf : Sortie réfrigérant., T.S : tank de stockage du caillé., SPS Sortie pompe de soutirage .

- Au niveau de (SP) : l'absence de tous les germes recherchés (Coliformes totaux, coliformes fécaux, levures et moisissures.), indique que la pasteurisation (95 °C pendant 5mn) du lait permet la destruction des germes pathogènes et la plupart des formes végétatives (**Bourgeois et al., 1996**). C'est ainsi il faut définir un couple temps / température (**Louvez, 2005**). (tableau XII)
- Au niveau de (TMC) : l'absence de tous les germes recherchés est attribuée à la maturation du fromage frais. Cela indique le respect des bonnes pratiques d'hygiène et les conditions d'asepsie lors de l'ensemencement en évitant une quelconque contamination qui pourrait influencer sur la qualité du produit fini, ainsi la diminution du pH défavorise le développement des bactéries au cours de la maturation. En ce qui concerne les autres points de prélèvements, on a aussi noté une absence totale des germes recherchés. Cela nous renseigne sur l'efficacité de pasteurisation du lait écrémé et la thermisation de caillé maigre (**Veisseyre, 1975**). Aussi l'efficacité du nettoyage en place effectués. (tableau XII).

VI.2.2.La crème fraîche

Les résultats d'analyses microbiologiques de la crème fraîche sont figurées dans le tableau XIII.

Tableau XIII : Résultats d'analyses microbiologiques de la crème fraîche.

Germes recherchés	Résultats					Normes
	E1	E2	E3	E4	E5	
Coliformes totaux	0	0	0	0	0	10
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	01
Levures	0	0	0	0	0	<10 ²
Moisissures	0	0	0	0	0	Abs

Les résultats du tableau **XIII** montrent que la crème fraîche utilisée dans la fabrication du produit fini est d'une bonne qualité microbiologique par l'absence de germes pathogènes, des germes de contamination fécale, des levures et des moisissures car les résultats de ces échantillons sont inférieurs aux normes exigées par l'entreprise, ce qui montre aussi la bonne qualité du lait cru utilisé dans sa préparation. De même on note une absence d'antibiotiques dans ce lait, indiquant le non utilisation des antibiotiques pour traiter les vaches.

Le taux négative de ces charges peuvent être attribuées aux :

- Bonnes pratiques d'hygiène au moment de la traite du lait.
- Bonnes conditions de transport du lait vers les centres de collecte.

VI.3. Le produit fini

Les résultats d'analyses microbiologiques du produit fini sont présentés dans le tableau IVX.

Tableau IVX: Résultats d'analyses microbiologiques du produit fini.

Germes recherchés	Résultats					Normes
	E1	E2	E3	E4	E5	
Coliformes totaux	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Coliformes fécaux	< 01	< 01	< 01	< 01	< 01	01
<i>Staphylococcus aureus</i>	< 10	< 10	< 10	< 10	< 10	10
Levures	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²	< 10 ²
Moisissures	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence

Les résultats de l'analyses présentés dans le tableau **IVX**, montre que le fromage frais (produit fini) est de bonne qualité microbiologique, lié à l'absence totale des germes recherchés. Aussi ces résultats peuvent s'expliquer par la bonne pratique d'hygiène et l'efficacité de traitement thermique (pasteurisation).

VI.4. Dénombrement de la flore lactique mésophile :

D'après les résultats obtenus dans la figure 08, on constate que la charge des bactéries lactiques augmente en fonction du temps juste après l'ensemencement jusqu'à atteindre la

valeur maximal (900×10^4 UFC/ml) après 8h, puis elle diminue jusqu'à la valeur (7×10^4 UFC/ml) après 12h.

L'augmentation de la charge des bactéries lactique dès l'ensemencement après 8h est due à la présence des conditions favorables pour leur multiplication tels que la présence des substrats (lactose) et la température ambiante du milieu (28°C), tandis que la diminution de cette charge après 10h et 12h est due à l'absence des substrats (la transformation de la totalité de lactose en acide lactique).

La flore lactique joue un rôle dans le développement des caractéristiques de divers fromages, son élimination provoque la réduction de la flaveur et de l'effet bio-conservateur. (Tormo et al., 2011). Lors de la fabrication des fromages, la croissance des bactéries lactiques et leur action acidifiante commencent dès leur ensemencement dans le lait. (Hassouna et Guizani, 1995).

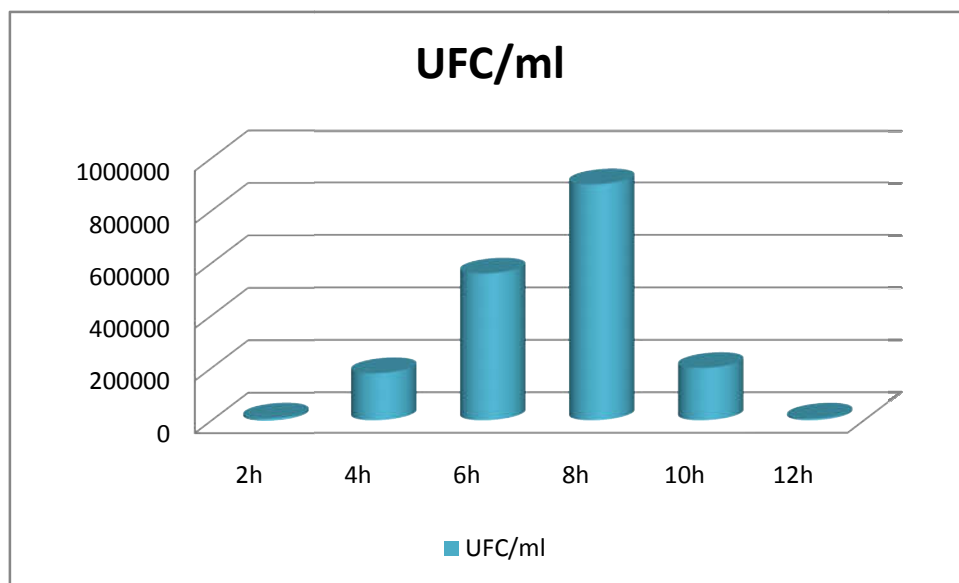


Figure 07 : Développement de la flore lactique au cours de la maturation du caillé.

Conclusion

Notre stage réalisé au sein de la laiterie SARL SOUMMAM nous a permis d'améliorer les connaissances acquises durant notre cycle d'étude, et nous a permis d'acquérir beaucoup d'informations sur le procédé de fabrication des produits laitiers en général et les fromages frais en particulier.

Ce travail a pour objectif l'étude de procédé de fabrication du fromage frais fabriqué par la laiterie SARL SOUMMAM et le contrôle de sa qualité physico-chimique et microbiologique tout au long de la chaîne de production, en contrôlant les matières premières (lait cru de vache, la poudre de lait écrémé), les produits intermédiaires (tank de poudrage(TLE), lait pasteurisé (SP), la crème fraîche(TSCF) au cours de la maturation du caillé maigre(TMCM) ,au cours de l'égouttage du caillé(S ther et S réf), au cours du stockage (TSCM) et au cours de soutirage vers les lignes de conditionnement(SPS) et enfin le produit fini.

Au regard de nos résultats sur les des différentes analyses physico-chimiques effectuées sur la poudre de lait, le lait cru, sur le produit semi fini et fini montrent que ceux-ci sont conformes aux normes en vigueur, ce qui révèle d'une part la bonne qualité des matières premières et d'autre part la maîtrise du processus de fabrication.

De même, les résultats des analyses microbiologiques sont également conformes aux spécifications et aux normes fixées par J.O.R.A N°35,1998 régissant ce type de fromage ce qui révèle la bonne pratique des règles d'hygiène (BPH) et les bonnes pratiques de fabrication (BPF).

Il est intéressant de noter que la qualité d'un produit ne se limite pas seulement aux critères physico-chimiques et microbiologiques, mais elle est déterminée également par ses propriétés organoleptiques, technologiques et par sa valeur nutritionnelle.

Enfin, le fromage frais est un produit de large consommation et son altération peut avoir des conséquences néfastes pour le consommateur. Afin de garantir sa qualité, il est impératif de passer par tous les tests de contrôle de qualité avant sa mise en consommation.

*Références
bibliographiques*

A

Abi Azar R. (2007). Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier, propriétés technologiques des coagulums obtenus. Thèse de doctorat, Ecole doctorale Abies, Agroparistech, 116p.

Agnetti V., Breton S., Oudot E., Pernoud S., Schneid-citrain N., Faurie J M ., Marchal L., Obis D., Paquet D., Robinson T. (2005). Application des bactéries lactiques dans les produits laitiers frais et effets probiotiques. In : " bactéries lactiques et probiotiques ". (Ed). Lavoisier, Tec et Doc. Paris, France. 54 p.

Apfelbaum M et Roman M. (2004). Diététique et nutrition : Bacteriological quality of milk. In : Revue Elsevier, Masson, 170.

B

Bourgeois, CM., Mescle, F et Zucca, J. (1996). *Microbiologie alimentaire*: aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Ed. Paris: Technique et documentation Lavoisier. tome1. 523p.

Boutonnier J.L. (2002). Produits laitiers glacés. In : « *Science et technologie du lait* ». Ed. Québec: Presses internationales polytechniques. pp. 431.

Branger, A. Richer, M.M., Roustel, S., 2009. Alimentation, processus technologiques et contrôles. Educagri Editions.

C

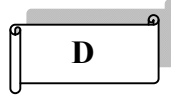
Canteri, G. (2006). Les agents de transformation du lait. In : « *Le fromage* », 3 éd. Paris: Techniques et documentation Lavoisier. pp.175.

Carole L. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Québec : presse Internationale polytechnique, p : 600. ISBN : 2-553-01.29-X.

CIPC Lait Commission Interprofessionnelle des Pratiques Contractuelles (2011). Avis relatif à la définition et aux méthodes d'analyse de l'acidité du lait n°2011-02.

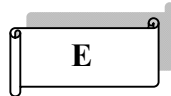
Références bibliographiques

Corrieu, G et Picques, D. (1997). La programmation des opérations et l'automatisation. In : « *le fromage* ». Ed. Paris: Techniques et documentation Lavoisier.pp.678, 683.

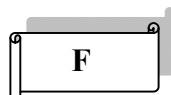


Debry G.(2006).lait ,nutrition et santé.edition Lavoisier,paris,18p.

Desmazeaud M.J., Deroissart H., 1994. Métabolisme générale des bactéries lactiques. In : « Bactéries lactiques ». Vol I. Chapitre I-4. éd Lorica, PP 169- 205.



Eck A et Gillis J.C. (2006). Le fromage. 3eme éd, Lavoisier, Paris, 874p.



FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Rome, 262p.

Foucaud-Scheunemann C. (2005). La fabrication du fromage, les connaissances. INRA. Unité de Recherches en Technologie et Analyses Laitières. Ed, Cepil, Paris, 17p.

Fox P.F. (2003). The major constituent of milk. In: Part I: Dairy product safty and quality, 170p.



Gardner N., Lamoureux M., Fliss I., Jean J., Moineau S., Reitz –ausseur J., Champagne C., Lamontagne M. 2002. Microbiologie du lait. In : "science et technologie du lait, transformation du lait. (Ed.). Presses internationales polytechnique. Canada. 113p.

Gaucheron F. (2004). Minéraux et produits laitiers, Lavoisier. P.494.

Gelais ST.D., Tirrard-Coller P., Belanger G., Drapeau R et Couture R. (2002). Le fromage. In : Science et technologies de transformation du lait. Vignola C.L. Ed, Presses internationales polytechnique, 349-413p.

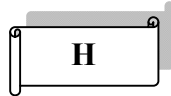
Références bibliographiques

Goudédranche, H. (2008). *Procédés de transformation fromagère*. Ed. Techniques de l'Ingénieur. 15p.

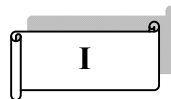
Grappin R, Lefier D et mazerolles G. (2006). *La spectroscopie infrarouge et ses applications analutiques*. Ed dunod, Paris, 626.

Guiraud, J et Galzy, P. (2003). *Microbiologie alimentaire*. Paris: les éditions de l'usine nouvelle. 239p.

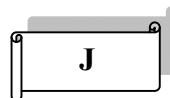
Guiraud JP., 1998. *Microbiologie Alimentaire*. Ed Dunod, Paris, 652p1



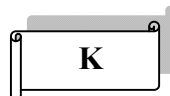
Hassouna, M. and Guizani, N. 1995. Evolution de la flore microbienne et des caractéristiques physico-chimiques au cours de la maturation du fromage tunisien de type Camembert fabriqué avec du lait pasteurisé. *Microbiologie, hygiène alimentaire* 7(18): 23.



Izmiroglu, S. (2010). *Effets de la pasteurisation sur les interactions entre les protéines de la membrane de globule de gras laitier et les micelles de caséines du babeurre*. Thèse de Doctorat spécialité Sciences et technologie des aliments, Université Laval Québec. 99 p.



Jeantet R, Croguennec T, Mahaut M, Schuck P, Brulé G. 2008. Lait fermenté et desserts lactés. In : " les produits laitiers". (Ed.). Lavoisier, Tech et Doc.Paris. 57 p.



Katz et Weaver. (2003). *Encyclopedia of food and culture*. Vol 1: Acceptance to food politics .Ed, Charles Scribner's Sons, New York, 718p.



L

Lamontagne M. (2002). Produit laitiers fermentés. In : Science et technologie du lait transformation du lait. Vignola C L. Edition: Presse internationales, polytechniques

Monterial, pp 86-99.

Lamontagne, M., Champagne, C.P., Reitz-Asseur, J., Moineau, S., Grandier, N., Lamoureux, M., Jean, J., Fliss, I., 2002. Microbiologies du lait, in : Lapointe-Vignola, C.(Ed.), Science et technologie du lait : transformation du lait, Presses inter Polytechnique, Monterial, pp.75-99.

Lenoir, J., Remeuf, F et Schneid, N. (2006). L'aptitude du lait à la coagulation par la présure. In : « *Le fromage* ». 3^{éd.} Paris: Techniques et documentation Lavoisier. pp234.

Leubeuf, Y. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In : « *Science et technologie du lait* ». Ed. Québec: Presses internationales polytechniques. pp. 19, 20.

Lounes A. 1994. Laits fermentés par les bactéries lactiques. In : " bartries lactiques II". Volume II. Edition Lorica. Saint George. PP.135.

Luquet FM. (1985). Laits et produits laitiers vaches, brebis, chèvre. Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 307p.



M

Mahaut M., Jeantet R et Brulé G. (2000). Initiation à la technologie fromagère. Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 23-160p.

Mathieu B J. (1999) Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 220 p.

Meyer C., Denis J. P.1999. Élevage de la vache laitière en zone tropicale. Editions Quae, 279p.

Michel lepage. (2008). La technique fromagère. Ed: Top Offset. Montréal, 102p.



N

NF V04-305, 1985. Détermination de l'acidité titrable du lait et produit laitiers.

O

Ouali, S. (2003). Qualité du fromage a pâte molle type Camembert fabriqué à la laiterie de Draa Ben Khedda : nature de la matière première et évaluation de l'activité protéolytique au cours de l'affinage et de l'entreposage réfrigéré du fromage. Thèse de Magister spécialité Sciences Alimentaires, Université Frères Mentouri Constantine. 128p.

R

Ramet J.P. (2006). Technologie comparée des différents types de caillé. In : Le fromage de la science à l'assurance qualité. Eck A et Gilis J.C. 3ème éd, Tec et Doc, Lavoisier, 364p.

Ray MC. (2003). Lait cru ou pasteurisé, entre tradition et hygiène. *Futura-Sciences*. 1-14.

Renard J. (2014). À propos du lait cru. Direction générale opérationnelle de l'Agriculture, des Ressources naturelles et de l'Environnement du Service public de Wallonie. 12 p

Richard, J., Poliot, M et Jean-Claude, M. (2002). Lait de consommation.

In : « *Science et technologie du lait* ». Ed. Québec : Presses internationales polytechniques. pp. 278.

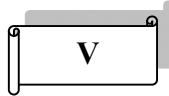
S

Siret C. (2004). Structure des aliments. Éd, Techniques de l'Ingénieur, Paris, 21p.

ST-Gelais, D et Tirard-Collet, P. (2002). Fromage. In: « *Science et technologie du lait* ». Ed. Québec: Presses internationales polytechniques. pp. 349, 355, 379.

T

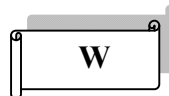
Tormo H, Delacroix-Buchet A, Lopez C, Ali Haimoud Lakhel D et Roques C. (2011). Farm management practices and diversity of the dominant bacterial species in raw goat's milk. *International Journal of Dairy Science*. ISSN 1811-9743/ DOI : 10.3923.



Veisseyre R. (1975) : Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La maison Rustique. Paris. P.692.

Vetier C, Banon S, Ramet JP et Hardy J. (2000). Hydratation des micelles de caséine et structure fractale des agrégats et des gels de lait. In : *Revue le lait*. 80 : 237-246.

Vignola C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-600.



Walther B, Schmid A, Sieber R et Wehrmuller K. (2008). Cheese in nutrition and health. *Dairy Sci. Technol*, 405p.

Norme et textes réglementaires

J.O.R.A.N°35, 1998. Critères microbiologiques des laits et des produits laitiers.

AFNOR. (1999). Lait et produits laitiers. Tome 1, 147p.

Annexes

I. Présentation de l'organisme d'accueil

La laiterie Soummam est une entreprise algérienne, créée par Mr Lounis HAMITOUCHE et deux membres de sa famille en 1993.

Elle est implantée au nord de l'Algérie à 200 kms à l'Est de la capitale Alger et à 60 kms du chef-lieu de la wilaya de Bejaia, qui est une grande ville côtière abritant le 2ème port commercial du pays.

Soummam produit et commercialise des différentes spécialités laitières, dont : le lait UHT (nature et aromatisé), des yaourts (en pots et en bouteilles), des fromages frais (nature et aromatisés), et autres desserts lactés.

Elle dispose d'une riche gamme, composée de plus de 40 références de produits différents se déclinant en une grande variété d'arômes, de fruits, d'emballages (pot, bouteille, Tétrapak) et de conditionnements (100g, 70g, 90g, 1L, 170 g, 100 ml ...)

L'entreprise emploie plus de 1600 salariés permanents, elle dispose de 04 sites de production, d'une capacité cumulée de plus de 2000 T/jour, commercialise sa production à travers un très grand réseau de distribution à l'échelle nationale et internationale.

Soummam est le leader incontesté dans son créneau sur le marché Algérien avec une part de marché de plus de 50 %, dont, une production et une commercialisation de près de 500 000 T/AN et une capacité de production annuelle de plus de 700 000 T/AN, répartie sur quatre sites de production.

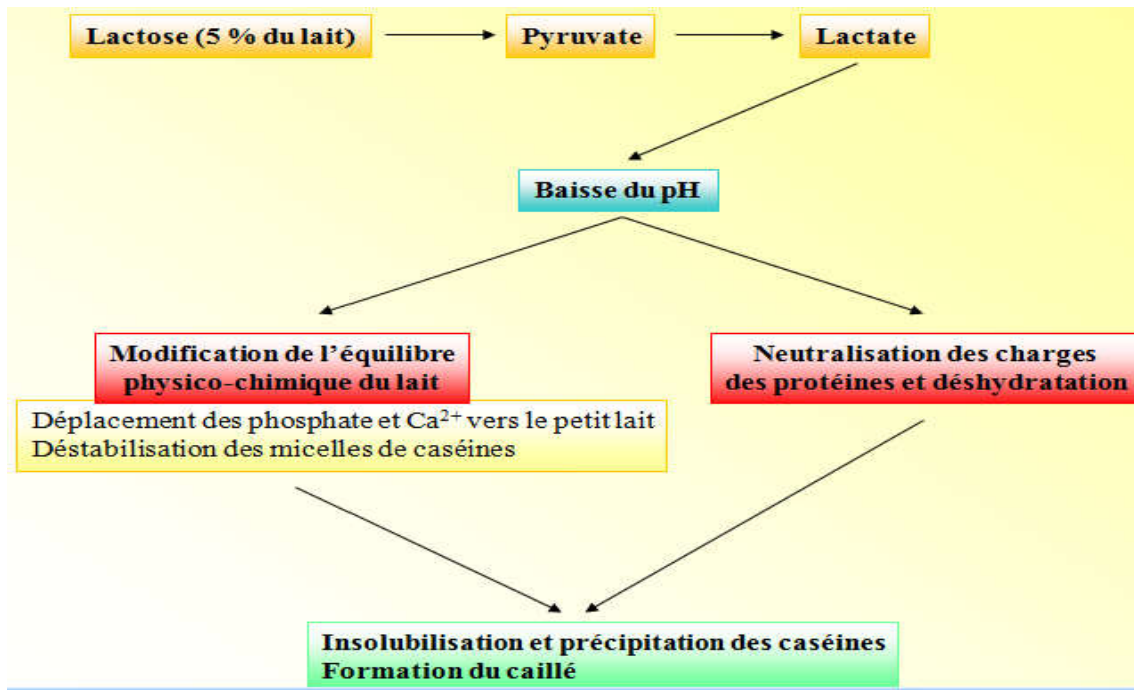


Figure 08 : schéma des différents phénomènes induits à la formation du caillé.

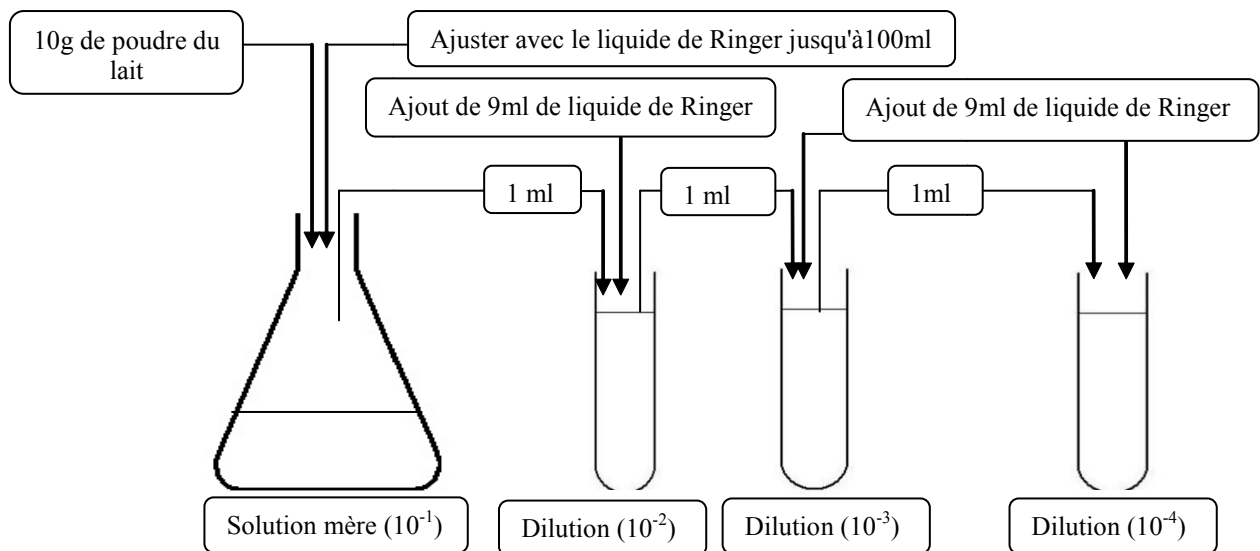


Figure 09 : schéma de préparation des dilutions décimales.

Résumé

Le fromage est un produit précieux de haute qualité et d'une grande valeur nutritionnelle et gustative. Il occupe une place importante sur le marché vue la forte demande pour tous les groupes d'âge. La complexité de ses matières premières ainsi que son processus de fabrication font de ce dernier un sujet pour divers accidents et défauts que se soit microbiologiques ou physico-chimiques.

Un suivi a été réalisé sur le procédé de fabrication du fromage frais « SOUMMAM » au sein de l'entreprise SARL SOUMMAM.

Les contrôles des paramètres physicochimiques et microbiologiques de toutes les étapes du procédé de fabrication, de la matière première au produit fini révèlent une conformité de ces paramètres par rapport aux normes fixées par l'entreprise et JORA. Ce qui témoigne sur la bonne qualité des matières premières utilisées, la maîtrise du process de fabrication, le respect des conditions d'hygiène et sécurité.

Mots clés : le processus de fabrication, lait cru, fromage frais, analyses physicochimiques, analyses microbiologiques.

Abstract

Cheese is a valuable product of high quality and of great nutritional value and taste. It occupies an important place on the market with strong demand for all age groups. The complexity of its raw materials and its process of manufacture make the latter a subject for various accidents and defects that are microbiological or physicochemical.

A study was conducted on the process of manufacturing fresh cheese "SOUMMAM" within the company SARL SOUMMAM.

The physicochemical and microbiological study of all the stages of its manufacturing technology from the raw material to the finished product reveals conformity of these parameters during manufacturing processes compared to the standards set by the company and JORA. This testifies to the good quality of the raw materials used, the mastery of the manufacturing process, the respect of hygiene and safety conditions.