

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université M'hamed Bougara Boumerdes

Mémoire

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Département : Génie des procédés

Filière : Génie des procédés

Option : Génie alimentaire

THEME

**Suivi de la fabrication du fromage à pâte pressée non cuite
type EDAM au sein de LFB**

Présenté par : Saoudik zaid
Bensedira hamza

Soutenu le : **22/07/2019**

Jury de soutenance
Promotrice : Yelles.F
Présidente : talantikit.S
Examinatrice : Larid.R

Promotion 2019



Remerciement

Avant tout, nous remercions Dieu de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté pour achever ce modeste travail.

Nous tenons à remercier notre promotrice madame fouzia yelles , pour son aide précieuse et le temps consacré pour notre orientation tout au long de la période de réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier profondément les membres du jury d'avoir accepté d'évaluer ce travail, au président Madame :

Talantiké.S** et Examinatrice Madame : **Larid R

*Nous tenons à remercier le personnel du service de la production et du laboratoire de la Laiterie fromagerie de **BOUDOUAOU** pour leur aide durant la période de stage. Nous tenons également à remercier tous les membres de la bibliothèque centrale d'université **M'hamed Bouguerra Boumerdes** et la bibliothèque de science biologique d'université **HOUARI Boumadienne Babzouar** pour nous avoir accueillie.*

Nous remercions s'adressent également à toute personne ayant Participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail

MERCI



DÉDICACE

Je dédie ce travail

➤ *A mes très chers parents qui m'ont donné un
magnifique modèle de persévérance.*

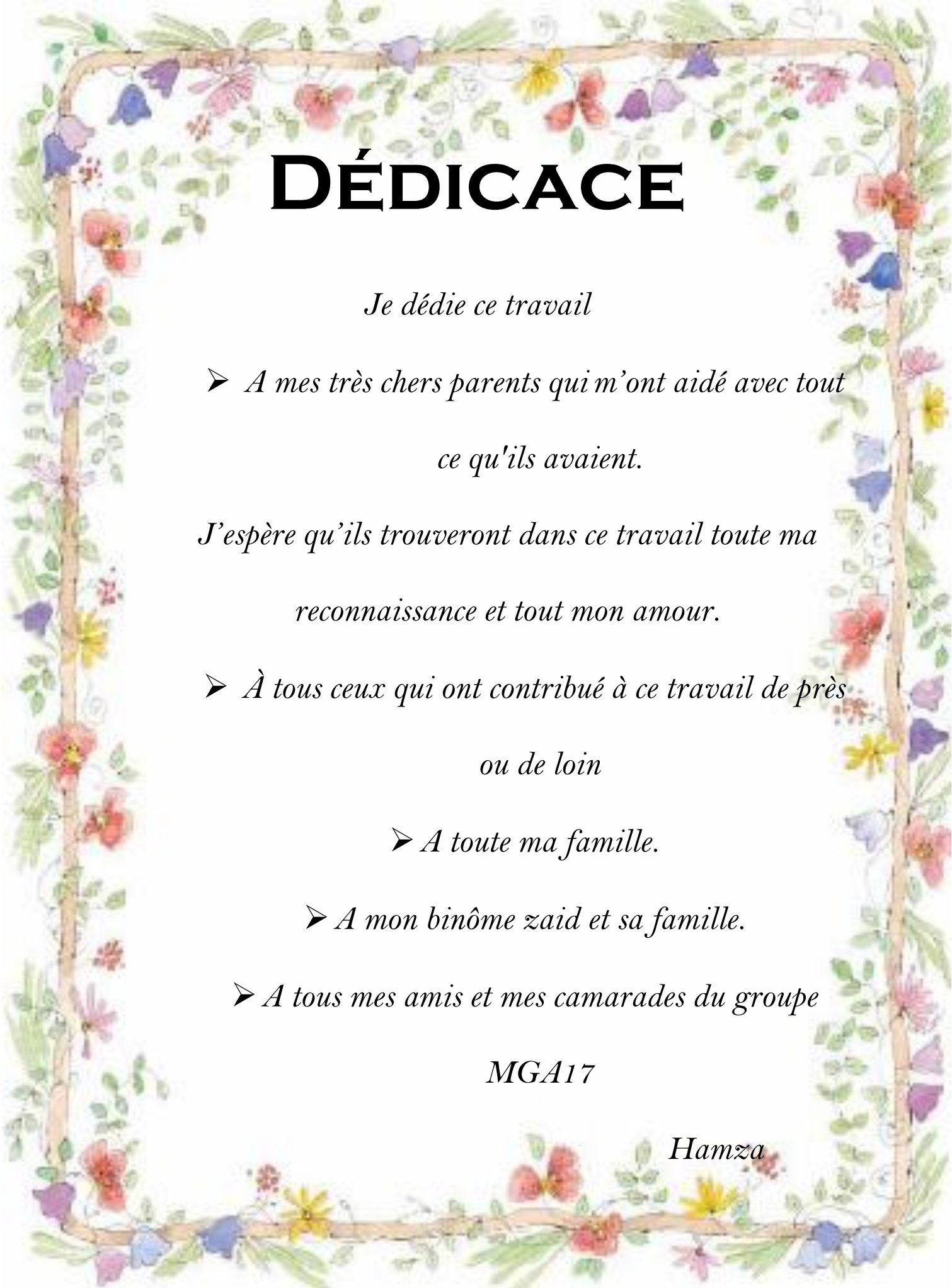
*J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma
reconnaissance et tout mon amour.*

➤ *A toute ma famille*

➤ *A mon binôme hamza et sa famille.*

➤ *A tous mes amis, camarades du groupe MGA17*

Zaid



DÉDICACE

Je dédie ce travail

➤ *A mes très chers parents qui m'ont aidé avec tout
ce qu'ils avaient.*

*J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma
reconnaissance et tout mon amour.*

➤ *À tous ceux qui ont contribué à ce travail de près
ou de loin*

➤ *A toute ma famille.*

➤ *A mon binôme zaid et sa famille.*

➤ *A tous mes amis et mes camarades du groupe*

MGA17

Hamza

Liste des abréviations

AA : Acide aminé

Abs : Absence

AFNOR : Association Française de la Normalisation

ATB : Antibiotique

Aw : Activité de l'eau

C° : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

Da : Dalton

ESD : Extrait sec dégraissé

EST : Extrait sec total

EDTA : Éthylène Diamine Tétra-Acétique

FAO : Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile.

G/S : Rapport gras sur sec

HTST : High- température -Short time

J.O.R.A : Journal Officiel de la République Algérienne

J-C : Jésus Christ

LFB : Laiterie Fromagerie de Boudouaou

Max : maximum

Min : minimum

MG : Matière grasse

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

ONALAIT : Office national du lait

ORLAC : Office régional du Lait et Produits laitiers au Centre

pH : Potentiel d'hydrogène

SFB : Sélénite F-Broth

SM : Solution mère

SNG : Solide Non Gras

Sté : Société

T° : température

UFC : Unité Formant Colonie

VRBG : Gélose biliée rouge violet lactosée

Sommaire

Liste des abréviations

1	Présentation de l'unité LFB et son origine géographique	I
2	Introduction	1

Chapitre I: Le Lait

3	Définition de lait.....	1
4	Compositions de lait.....	1
4.1	L'eau	1
4.2	La matière grasse.....	2
4.3	Matière azotée	3
4.3.1	Les protéines	3
4.3.2	La matière azotée non protéique	4
4.4	Les glucides.....	4
4.5	Les minéraux.....	5
4.6	Les vitamines	5
4.7	Enzymes	6
5	Propriétés physico-chimiques du lait.....	6
5.1	pH.....	7
5.2	Acidité	7
5.3	Densité.....	7
5.4	Le point de congélation	7
6	La valeur nutritionnelle du lait	8

Chapitre II: Le fromage

7	Historique	9
8	Définition.....	9
9	Compositions des fromages.....	10
9.1	Les protéines	10
9.2	Les lipides	10
9.3	Les glucides.....	10
9.4	Les sels minéraux	11
9.4.1	Calcium et phosphore.....	11
9.4.2	Sodium	11
9.4.3	Potassium, magnésium et oligo-éléments	11
9.5	Les vitamines	11
9.5.1	Les vitamines liposolubles	11
9.5.2	Les vitamines hydrosolubles	11
9.6	La teneur en eau	11
10	Etapas de fabrication des fromages	12
10.1	La coagulation.....	12
10.2	L'égouttage	14
10.3	Le salage.....	14
10.4	L'affinage.....	14
11	Classification des fromages	15

11.1	Fromages fondus	15
11.2	Fromages frais	15
11.3	Fromages à pâte molle.....	15
11.4	Fromages à pâte pressée non cuite	15
11.5	Fromages à pâte pressée cuite	16
11.6	Fromages à pâte persillée	16
12	Les défauts de fabrication de fromage Edam	16
12.1	Défauts liés à la qualité et aux traitements de la matière première :	16
12.2	Défauts liés à la coagulation et à l'égouttage	18
12.2.1	Défauts de caillage dans les fabrications présures	18
12.2.2	Défauts d'humidité du caillé	18
12.2.3	Défauts d'acidité finale du caillé.....	19
12.2.4	Défauts liés à l'affinage.....	20
12.2.5	Les défauts de saveur et d'arôme	23
12.2.6	Les défauts de texture en fin d'affinage	24
13	Fromage type EDAM	25
13.1	Définition	25
13.2	Valeur nutritionnelle	25

Chapitre III : Matériels et méthodes

14	Matériel utilisé et méthodes d'analyses	26
14.1	Matériel biologique utilisé pour la fabrication du fromage « edam »	26
14.2	Processus de fabrication du fromage à pâte pressée non cuite type « Edam » au niveau de LFB	26
14.2.1	Réception du lait cru	26
14.3	Préparation de lait.....	26
14.4	Pasteurisation, refroidissement.....	27
14.5	Maturation	27
14.6	L'ensemencement.....	27
14.7	Emprésurage.....	27
14.8	La coagulation	28
14.9	Le décaillage (le tranchage)	28
14.10	Brassage-délactosage	28
14.11	Pré-pressage-moulage	29
14.12	Pressage.....	29
14.13	Salage	29
14.14	Affinage.....	30
14.15	Conditionnement (sous vide).....	30
15	Les analyses physicochimiques	32
15.1	Détermination de l'acidité titrable.....	32
15.2	Détermination du Ph.....	33
15.3	Détermination de la densité.....	34
15.4	Détermination de la teneur en matière grasse	35
15.5	Détermination de l'extrait sec total	36
15.6	Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)	37
15.7	Détermination du gras/sec	37

15.8	Recherche des résidus d'antibiotiques	38
15.9	Détermination de la teneur en cendres (<i>AFNOR, 1999</i>).....	39
16	Les analyses microbiologiques	40
16.1	Recherche et dénombrement des germes dans le lait	40
16.2	Recherche et dénombrement des différents germes	40
16.3	Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)	41
16.4	Recherche et dénombrement des coliformes fécaux	41
16.5	Recherche et dénombrement des <i>Staphylocoque doré</i>	42
16.6	Recherche de salmonelles	43
16.7	Recherche et Dénombrement des Entérobactéries	44
17	Recherche et dénombrement des germes dans le fromage EDAM	45

Chapitre IV: Résultats et discussions

18	Résultats des analyses physico-chimiques du lait	46
18.1	Résultats des analyses physico-chimiques du lait	46
18.2	Les antibiotiques	47
18.3	pH et acidité	48
18.4	La matière grasse.....	48
18.5	La densité.	49
18.6	L'extrait sec total.....	49
19	Résultats des analyses physicochimiques du fromage.....	51
19.1	pH.....	52
19.2	Matière grasse et extrait sec total	53
19.3	L'évolution du rapport gras/sec.....	54
20	Résultats des analyses physicochimiques des lactosérums I et II.....	55
21	Résultats des analyses microbiologiques.....	56
21.1	Les analyses microbiologies de lait cru.....	56
21.2	Les résultats d'analyses microbiologies de lait après pasteurisation.....	58
21.3	Les analyses microbiologiques de fromage à pâte pressé non cuite Edam après l'affinage	59

Conclusion général.....	60
-------------------------	----

Références bibliographiques	
-----------------------------	--

Liste des tableaux

Tableau 1: Capacité de production par jour au niveau de LFB.....	II
Tableau 2: Composition moyenne du lait de vache (Mahaut et al., 2003).....	2
Tableau 3: Classification des protéines (brunner , 1981) cité par (pougheon, 2001).....	4
Tableau 4: La composition du lait en minéraux (vignola ;2002)	5
Tableau 5: Caractéristique des principaux enzymes du lait (Vignola C.L, 2002).....	6
Tableau 6: caractéristiques physico- chimiques du lait (Anonyme, 2001).....	7
Tableau 7: composition et valeur nutritionnelle de quelque type de fromage (S. Dupré, 2001).....	10
Tableau 8: Composition et valeur nutritionnelle du fromage Edam (Luquet, 1985)	25
Tableau 9: Analyses physico-chimiques de lait cru de chaque éleveur	46
Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimiques du mélange des laits crus et pasteurisés	47
Tableau 11: Résultats des analyses physicochimique du fromage bloc au cours de sa fabrication .	51
Tableau 12 : Résultats des analyses physicochimiques des lactosérums I et II	55
Tableau 13: les résultats des analyses microbiologies du mélange de lait cru.....	56
Tableau 14 : Les résultats microbiologie de lait cru après pasteurisation	58
Tableau 15: les résultats de l'analyse microbiologiques de fromage Edam après l'affinage.....	59

Liste des figures

Figure 1: Organigramme de l'unité LFB.....	II
Figure 2: Micelle de caséine et sous micelle de caséine. Adapté de Terra pack Processing system, 1995.....	3
Figure 3: les deux phases de la coagulation enzymatique sont suivies par la formation d'un réseau lâche (St-Gelias et al., 2002).	13
Figure 4: Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressé non cuit type <<Edam>> au niveau de la L.F.B (2016).	31
Figure 5: Photo de détermination de l'acidité titrable du lait.....	33
Figure 6: Photo de détermination du pH de lait.	34
Figure 7: Photo de détermination du pH du fromage.	34
Figure 8: Photo de détermination de la densité du lait	35
Figure 9: Photo de détermination de la matière grasse	36
Figure 10: Détermination de l'extrait sec total dans le lait et le fromage.	37
Figure 11: Photo de détermination de résidus d'antibiotique dans le lait cru.	39
Figure 12: Suspension mère et dilutions décimales (cas liquide).....	40
Figure 13 : Technique d'ensemencement.....	44
Figure 14 : Titre	45
Figure 15: Caractérisation physico chimiques du lait avant et après pasteurisation.	50
Figure 16 : Evolution du pH au cours de la fabrication du fromage	52
Figure 17: Evolution de l'extrait sec total au cours de la fabrication du fromage	53
Figure 18 : Evolution de la MG au cours de la fabrication du fromage	53
Figure 19: Evolution du rapport Gras/Sec au cours de la fabrication du fromage.	54
Figure 20: Caractérisation physicochimiques des lactosérums I et II	55

1 Présentation de l'unité LFB et son origine géographique

La laiterie fromagerie de boudouaou (LFB) se situe à l'entrée de la ville de boudouaou dans la wilaya de boumerdés, s'étale sur une surface totale de 7 hectares, l'activité principale de la LFB est la production et la commercialisation des laits et des produits laitiers. Elle a été créée en 1969 par un groupe privé sous l'appellation : fromagerie de la Mitidja, elle fut nationalisée en 1972 et léguée aux biens de l'office national du lait (ONALAIT), elle appartenait à l'office régional du lait et produits laitiers du centre (ORLAC)/

L'unité comprend un effectif de 445 personnes trois directions principales :

- Direction de l'administration et des finances.
- Direction commerciale.
- Direction technique.

Gamme de production

- **Le lait de consommation :**
- Lait pasteurisé.
- Lait partiellement écrémé.
- Lait entier.
- L'ben pasteurisé
- **Produits laitiers :**
- Fromage bloc
- Fromage fondu pasteurisé
- Fromage fondu en portion (boîtes de 8 et 16 portions)
- Fromage fondu en barre
- Fromage fondu stérilisé
- Fromage Edam
- Beurre
- Crème fraîche
- **Poudre de lait conditionnée :**
- Sachet de 19 g

La capacité de LFB pour la fabrication des différents produits laitiers est mentionnée dans le tableau 1

Tableau 1: Capacité de production par jour au niveau de LFB

Gamme de produit	Capacité de production
Lait pasteurisé	280.000 I/j
L'ben pasteurisé	20.000 I/j
Fromage fondu en portion et en barre	6 tonnes /j
Fromage type bloc et Edam en boule	2.8 tonnes /j
Boîtes de conserve de 200 gramme	5 tonnes /j

Organigramme de l'unité LFB

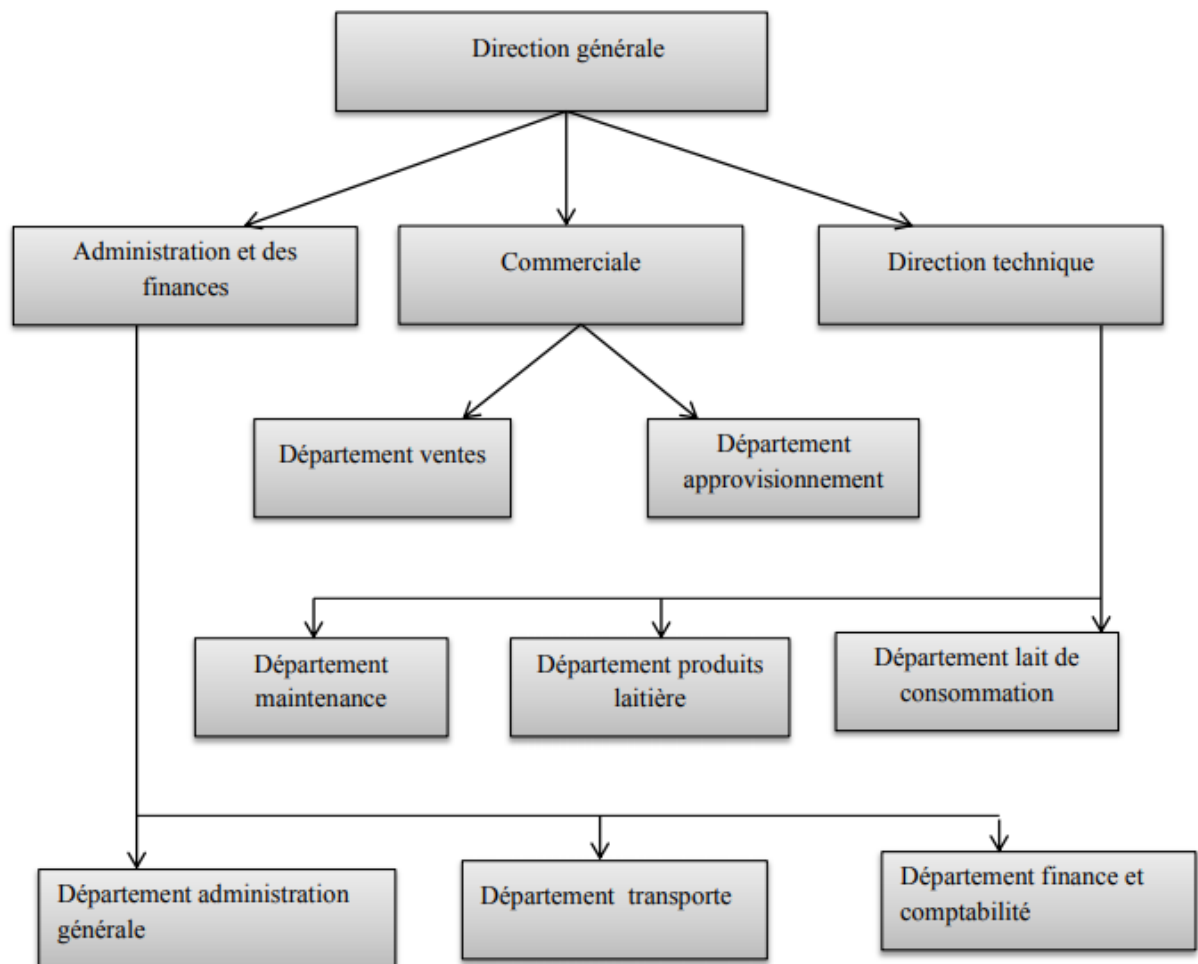


Figure 1: Organigramme de l'unité LFB

2 Introduction

Le lait et les produits laitiers constituent des denrées alimentaires d'origine animale de très grande valeur nutritive en raison de leur richesse en protéines, en calcium et en vitamines.

Aujourd'hui, selon l'organisation mondiale de l'alimentation (F.A.O.), 40% du lait fabriqué dans le monde est transformé en fromage. L'intérêt majeur de la transformation du lait en fromage était de conserver les principaux constituants du lait. De nos jours, il s'agit plutôt d'un aliment, possédant des qualités nutritionnelles indéniables (FREDOT, 2005)

Des centaines de types de fromages sont produits dans le monde, leurs différents styles, goûts et textures dépendent de l'origine du lait, de la teneur en matière grasse, de l'espèce des bactéries et des moisissures choisies, du procédé de fabrication ainsi que du temps de maturation. Autant de paramètres qu'il est nécessaire de maîtriser pour arriver à l'obtention de produits répondants aux normes souhaitées

Pour assurer la qualité du produit fini et donc la satisfaction du consommateur, non seulement l'ensemble de la fabrication doit être bien maîtrisé, mais divers contrôles doivent être réalisés, notamment, (contrôle des matières premières ; du procès de fabrication et du produit fini)

Cela confirme que l'industrie fromagère est à la fois une science et un art ; de nombreux fabricants qualifiés maîtrisent parfaitement la fabrication de nombreuses variétés de fromages reconnus pour leur expérience au fil des années

Notre étude réalisée à la laiterie fromagerie de BOUDOUAOU repose sur le suivi de la chaîne de fabrication, l'évaluation de la qualité physico-chimique et microbiologique de la matière première ainsi que le produit fini fromage à pâte pressée non cuit type EDAM

3 Définition de lait

Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum. Telle est la définition adoptée par le 1^{er} congrès intentionnel pour la répression des fraudes alimentaire tenue au Genève en 1908 (veisseyre 1979)

Le lait est un édifice physico-chimique extrêmement complexe qui contient des trésors de richesses nutritionnelles articulées autour de trois phases, une phase aqueuse contenant essentiellement le lactose, des minéraux et des éléments de nature lipidique (globules gras) et de nature protéique (micelle de caséine) (Mahaut et al. 2000)

Une connaissance approfondie de sa composition, de sa structure et de ses propriétés physiques et chimiques, est indispensable à la compréhension des transformations du lait et des produits obtenus lors des différents traitements industriels (Vignola, 2002)

4 Compositions de lait

De très nombreux facteurs peuvent intervenir sur la composition du lait : l'espèce, la race, le stade de lactation, la saison, l'état sanitaire, l'alimentation, etc

Le lait de vache est un lait caséineux. Sa composition générale est représentée dans le tableau N°2

4.1 L'eau

L'eau est l'élément quantitativement le plus important : 900 à 910 g par litre où ils sont dispersés tous les autres constituants du lait, tous ceux de la matière sèche (Mathieu, 1998).

Cette eau se trouve sous deux formes :

- L'eau extra micellaire : représente environ 90% de l'eau totale et contient la quasi-totalité du lactose, des sels minéraux solubles, de l'azote soluble, etc. une petite partie de cette eau est liée aux éléments hydrosolubles dont les protéines solubles
- L'eau intra micellaire : représente environ 10% de l'eau totale

Une fraction de cette eau est liée aux caséines et l'autre conserve des propriétés solvants mais les transferts de cette eau dans les opérations de déshydratation et hydratation seraient beaucoup plus lents

Tableau 2: Composition moyenne du lait de vache (Mahaut et al., 2003)

Constituants	Compositions (g/l)
Eau	870-876
Matière sèche	120-135
Matière azotées	33
➤ Caséines	26
➤ Protéines solubles	5-6
➤ Azote non protéique	1,2-2
Matière grasse	35-45
Extrait sec dégraissé	85-90
Matière salines	8-9,5
Lactose	48-50
Biocatalyseurs	Trace
Pigment, Enzymes, Vitamines Microorganismes et gaz	Trace
Gaz carbonique, Oxygène et azote	4 % à la sortie de la mamelle

4.2 La matière grasse

La matière grasse ou taux butyreux représente 35 à 45 g par litre (Luquet, 1985). Elle est constituée par 98,5% de glycérides (esters d'acide gras et de glycérol), 1% de phospholipides polaires et 0,5% de substances liposolubles cholestérol, hydrocarbures et vitamines A, D, E, et K (Goursaud, 1985)

La matière grasse est sous forme de globules gras (visible au microscope optique) en émulsion dans la phase aqueuse du lait. Une émulsion est une dispersion de fines gouttelettes d'une substance liquide dans un autre liquide. Poiturier et Adda, (1969) rapportent que la matière grasse du lait de vache représente à elle seule la moitié de l'apport énergétique du lait. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acide gras insaturés (jeantet et al.,2008)

4.3 Matière azotée

On peut distinguer 2 groupes de matières azotées dans le lait :

Les protéines et les matières azotées non protéiques qui représentent respectivement 95% et 5 % de l'azote minéral du lait (Goursoud, 1985).

4.3.1 Les protéines

On distingue deux grands groupes de protéines dans le lait : les caséines et les protéines du lactosérum (Poughon et Goursaud 2001).

4.3.1.1 Caséines

Elles forment près de 80% de toutes les protéines présentes dans le lait, les caséines se regroupent sous forme sphérique appelée micelle constituées de 92 % de protéines et de 8% de minéraux (Amiot et al, 2002).

La taille de micelle se situe entre 100 et 500nm (figure 2); la constitution de la micelle de la caséine est différente au centre et en périphérie. Les caséines α S1 et β sont plus présentes au centre et forment le cœur hydrophobe, tandis que la partie externe de la micelle est formée de caséines α S1, α S2 et k. (Vignola, 2002).

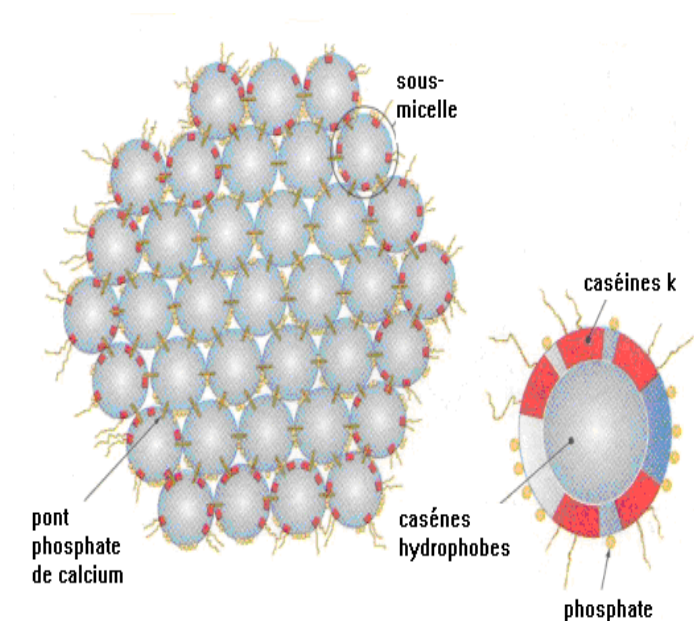


Figure 2: Micelle de caséine et sous micelle de caséine. Adapté de Terra pack Processing system, 1995.

4.3.1.2 Protéines du lactosérum

Elles présentent 15 à 28 % des protéines du lait de vache et 17 % des matières azotées. Elles demeurent en solution dans le « sérum isoélectrique », leur teneur est élevée en lysine, tryptophane, cystéine (Poughon et Goursoud, 2001). Elles ne sont pas coagulées par les enzymes coagulantes et elles sont thermosensibles (Mahaut M, 2000)

La classification des protéines est illustrée dans le tableau N°3

Tableau 3: Classification des protéines (brunner , 1981) cité par (pougheon, 2001)

Noms	% des protéines	Nombre d'acides aminés
Caséines	75-85	
Caséines α 1	39-46	199
Caséines α 2	8-11	207
Caséines β	25-35	209
Caséines κ	8-15	169
Caséines g	3-7	
Protéines du lactosérum	15-22	
B-Lactoglobuline	7-12	
a-Lactalbumine	2-5	162
sérum-albumine	0,7-1,3	123
immunoglobuline (G1, G2, A, M)	1,9-3,3	582
protéase-peptone	2-4	

4.3.2 La matière azotée non protéique

Sont des substances de bas poids moléculaire, la teneur (1,5 à 2 g/l) varie en fonction de l'alimentation. Le constituant le plus important est l'urée qui représente 20 à 40% du NNP, on trouve aussi des bases organiques, des peptides, des acides aminés, etc

4.4 Les glucides

D'après MATHIEU (1999), les sucres du lait sont principalement du lactose, diholoside réducteur, et quelques oligosaccharides (2%). C'est aussi le composé prépondérant de la matière sèche totale. Sa teneur s'élève en moyenne à 40g d'EST. Ce dernier est un sucre soluble dans le lait et fermentescible qui sera transformé en acide lactique sous l'action des lactases des ferments

Le lactose est un disaccharide constitué d'une unité galactose et d'une unité glucose, β -D-galactopyranosyl (1-4) D-glucopyranose, alpha ou beta (jeantet et al , 2007)

4.5 Les minéraux

Les minéraux jouent un rôle important dans l'organisation structurale des micelles de caséine. Les principaux minéraux présents dans le lait sont présentés dans le tableau N°4 et de nombreux autres sont présents à l'état de traces. Les minéraux sont répartis entre l'état soluble, sous la forme d'ions ou de sels, et l'état colloïdal, associés à la micelle de caséine (Amiot, 2002)

Tableau 4: La composition du lait en minéraux (vignola ;2002)

Minéraux	Teneur (mg/kg)
Sodium (Na)	445
Magnésium (Mg)	105
Phosphore (P)	896
Chlore (Cl)	958
Potassium (K)	1500
Calcium (Ca)	1180
Fer (Fe)	0,50
Cuivre (Cu)	0,10
Zinc (Zn)	3,80
Iode (I)	0, 28

4.6 Les vitamines

Ce sont des molécules complexes de taille plus faible que les protéines, de structure très variées ayant un rapport étroit avec les enzymes, car elles jouent un rôle de coenzyme associée à une apoenzyme protéique. On classe les vitamines en deux grandes catégories :

- les vitamines hydrosolubles (vitamines du groupe B et vitamine C) de la phase aqueuse du lait.
- les vitamines liposolubles (vitamines A, D, E, et K) associées à la matière grasse, certaines sont au centre du globule gras et d'autres à sa périphérie (Debry, 2001).

4.7 Enzymes

Ce sont des substances organiques de nature protidique, produites par des cellules ou des organismes vivants, agissant comme catalyseurs dans les réactions biochimiques. Plus de 60 enzymes principales ont pu être isolées du lait ou dont l'activité a été déterminée (**tableau 5**). La moitié d'entre elles sont des hydrolases (Blanc, 1982) et (Pougheon, 2001)

Tableau 5: Caractéristique des principaux enzymes du lait (Vignola C.L, 2002)

Enzymes	Classe d'enzyme	Acidité maximale		
		pH	T (°C)	Substrats
Hydrolases	Estérases :			
	-Lipase	8,5	37	-Triglycérides
	-Phosphatase alcaline	9,5-10	37	-Esters phosphorique
	-Phosphatase acide	4,0-5,2	37	-Esters phosphorique
	Protéase :			
	-Lysozyme	7,5	37	-Parois cellulaires microbiennes
Déshydrogénases	-Plasmine	8	37	-Caséines
	-Sulfhydrique oxydase	7	37	-Protéine, peptides
	-Xanthine Oxydases	8,3	37	-Bases puriques
Oxygénases	-Lactopyroxydases	6,8	20	Composés réducteurs
	-Catalases	7	20	+H ₂ O ₂ H ₂ O ₂

5 Propriétés physico-chimiques du lait

Le lait est un liquide blanc, opaque, deux fois plus visqueux que l'eau, de saveur légèrement sucrée et d'odeur peu accentuée (Veisseyre, 1979).

Les principaux caractères physico- chimiques du lait sont présentés dans le N°6.

Tableau 6: caractéristiques physico- chimiques du lait (**Anonyme, 2001**)

Caractéristique	Normes
pH	6,5 à 6,7
Acidité titrable	15 à 17° D
Densité (20°C)	1,028 à 1,036
Température de congélation	-0,51°C à -0,55°C

5.1 pH

Le pH du lait de vache fraîchement trait se situe un peu en dessous de la neutralité, un faible changement du pH du côté acide a des effets importants sur l'équilibre des minéraux et sur la stabilité de la suspension colloïdale de caséine (Alais et Linden, 1997)

5.2 Acidité

L'acidité naturelle est principalement due à la présence de protéines, surtout les caséines et la lactalbumine, de substance minérales tels que les phosphates, CO₂, et acides organiques le plus souvent l'acide citrique (Amiot *et al.*, 2002). L'acidité est exprimée en degrés DORNIC c'est à dire en décigrammes d'acide lactique par litre. Sous l'effet des bactéries lactiques, la teneur en acide lactique augmente et donne une nouvelle acidité nommée acidité développée

5.3 Densité

Elle oscille entre 1,028 et 1,034. Elle doit être supérieure ou égale à 1,028 à 20°C. La densité des laits de grand mélange des laiteries est de 1,032 à 20°C. La densité des laits écrémés est supérieure à 1,035. Un lait à la fois écrémé et mouillé peut avoir une densité normale (Vierling, 2008)

5.4 Le point de congélation

Le point de congélation du lait est l'une de ses caractéristiques physiques les plus constantes. Sa valeur moyenne, si l'on considère des productions individuelles de vache, se situe entre -0,54 °C et - 0,55°C (Mathieu, 1998). La mesure de ce paramètre permet l'appréciation de la quantité d'eau éventuellement ajoutée au lait. Un mouillage de 1% entraine une augmentation du point de congélation d'environ 0,0055°C (Goursaud, 1985)

6 La valeur nutritionnelle du lait

Le lait possède une valeur énergétique de 700 kcal/litre, la haute qualité nutritionnelle des protéines du lait repose sur leur forte digestibilité et leurs compositions particulièrement bien équilibrée en acides aminés indispensables. Pour les nouveau-nés, les protéines du lait constituent une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatal (Derby, 2001)

7 Historique

Non seulement le lait se consomme à l'état nature, il peut également subir différentes biotransformations qui contribuent à élargir considérablement ses qualités sensorielles et nutritionnelles. L'un des dérivés de ces transformations est le fromage, de l'ancien français «< fromage >> (du latin formateur, c'est à-dire fait dans une forme).

La première occurrence de l'utilisation d'un fromage comme aliment est inconnue. Les ethnologues tiennent la preuve que l'homme connaît depuis longtemps le phénomène de coagulation du lait depuis la découverte, sur les rives du lac Neuchâtel, de moules à cailler datant de 5000 ans av. J.-C. Cependant, l'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. Le fromage serait originaire du Sud-Ouest asiatique et daterait d'environ 8000 ans (St-Gelais et Tinard-Collet, 2006)

8 Définition

Le fromage est un aliment obtenu à partir de lait coagulé ou de produits laitiers, comme la crème, puis d'un égouttage suivi ou non de fermentation et éventuellement d'affinage (fromages affinée). Le fromage est fabriqué à partir de lait de vache principalement mais aussi de brebis, de chèvre, de bufflonne ou d'autres mammifères. Le lait est acidifié, généralement à l'aide d'une culture bactérienne, une enzyme, la présure, ou un substitut comme par exemple de l'acide acétique ou du vinaigre, afin de provoquer la coagulation et former le lait caillé et le petit-lait (Guiraud,1998) .Certains fromages comportent de la moisissure, soit sur la croûte externe, soit sur la croûte à l'intérieur

Le fromage est un aliment de base, riche en graisses, protéines, calcium et phosphore à longue conservation en comparaison de la durée de conservation du lait à partir duquel il est fabriqué (Guiraud ,1998)

Selon la norme codex, le fromage est le produit frais ou affiné, de consistance solide ou semi solide dans lequel le rapport protéines de sérum/caséine (ou semi solide) ne dépasse pas celui du lait (Eck E et Gillis.J-C, 1997)

9 Compositions des fromages

9.1 Les protéines

Selon leur mode de fabrication, les fromages contiennent de 10 à 30% de protéines. A titre d'exemple. Les fromages à pâte pressée, la teneur en protéines 30% dépasse celle de la viande (20%). Les protéines proviennent de la caséine modifiée au cours de l'affinage sous l'influence d'une série d'enzyme ; différents selon la microflore ; ils sont aisément digestibles ; et sa composition en acides aminés est très intéressantes sur le plan nutritionnel (Debry, 2001)

9.2 Les lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit sous l'influence de lipases microbiennes ; une lipolyse limitée avec la formation d'acides gras libres, certains de ces acides gras sont volatiles et interviennent dans la formation de l'arôme. Les lipides du lait se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnées, ce qui les rend plus digestibles (Debry, 2001)

9.3 Les glucides

Les fromages affinés sont pratiquement dépourvus des glucides car la faible quantité de lactose restant dans le caillé après égouttage est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Le dosage de lactose dans les fromages affinés est nul ; par contre les fromages frais contiennent des quantités non négligeables de lactose ; d'acide lactique et d'acide citrique (Mahaut et al., 2000)

Tableau 7: composition et valeur nutritionnelle de quelque type de fromage (S. Dupré, 2001)

Aliment	portion	Kcal	Prot,	Lip,	Glu,	Na+	Mg ²⁺	Ca ²⁺	Fe	Vit,C	Vit,B9
-Bleu	40g	137	8,1	11,6	0	460	11	289	0,2	0	38
-Brie	40g	132	8,2	11	0	287	11	47	0,3	0	60
-Camembert	40g	80	9,9	4,4	0	356	10	126	0	n,d	26
-Cantal	40g	147	9,2	12,2	n,d	376	12	388	0,2	0	8
-Cheddar	40g	162	10,4	13,4	n,d	280	11	296	0,2	0	8
-Edam	40g	131	9,9	10,2	n,d	194	18	356	0,1	0	7
-Emmental	40g	151	11,8	11,5	n,d	90	18	474	0,3	0	4
-Gouda	40g	138	10	11,4	0	248	12	342	0,2	n,d	8
-Munster	40g	133	7,6	10,6	0	372	8	172	0,2	0	7
-Parmesan	40g	152	14,3		0	365	10	510	0,3	0	8

9.4 Les sels minéraux

9.4.1 Calcium et phosphore

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium et de phosphore. Toutefois leur taux varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication ; on note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressées (Debry, 2001)

9.4.2 Sodium

Le sodium est apporté au fromage sous forme de chlorure de sodium ; ce dernier intervient au cours du salage ; il permet de :

- Compléter l'égouttage
- Limiter la prolifération de certaines moisissures
- Relever la saveur du fromage (Gerard , 2001)

9.4.3 Potassium, magnésium et oligo-éléments

Le potassium et le magnésium sont entérinés dans le lactosérum, leurs teneurs rapportés à la matière sèche sont abaissés par rapport à celle du lait. Le sort des oligo-éléments n'est par toujours totalement liés à celui-ci. Certains d'entre eux sont associés à des fractions protéiques ou lipidiques du lait, ils restent fixés au cours de l'égouttage (Mahaut et al, 2000)

9.5 Les vitamines

9.5.1 Les vitamines liposolubles

La teneur en vitamines A, D et E dépend de leur taux en matière grasse. La saison à laquelle le lait a été produit joue également un rôle. Les fromages fabriqués avec les laits de printemps ou d'été ont une activité vitaminique supérieure à celle des fromages issus de lait d'hivers (Mahaut et al ,2000)

9.5.2 Les vitamines hydrosolubles

La teneur en vitamines hydrosolubles varie considérablement selon les fromages ; elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient au cours de l'affinage (Vit C et B) (Gérard , 2001)

9.6 La teneur en eau

L'ajustement de la teneur en eau est primordial ; elle détermine directement les rendements fromagers et les propriétés physiques et organoleptiques de la pâte. La maîtrise de cette

opération se fait essentiellement par le contrôle des facteurs de l'égouttage, tranchage, brassage, chauffage, pressage, retournement et d'affinage (Frédot, 2005)

10 Etapes de fabrication des fromages

La fabrication fromagère est divisée en quatre grandes étapes, la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage. La coagulation est la première étape du processus et correspond à une déstabilisation des micelles de caséines qui flocculent puis se soudent pour former un gel emprisonnant des éléments solubles du lait

Vient ensuite l'égouttage, c'est-à-dire la séparation solide/liquide, et finalement le salage et l'affinage (ou maturation)

10.1 La coagulation

Cette première étape de fabrication fromagère est dépendante du contenu protéique du lait, de ses micelles, sous-micelles et de ses caséines. La coagulation peut s'effectuer par l'intermédiaire de deux processus qui peuvent être combinés. Ces processus mènent à la formation de deux types de caillé : le caillé présure et le caillé lactique

La technique du caillé présure est la coagulation par voie enzymatique. Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (Vignola, 2002).

On distingue trois phases :

- Phase primaire ou enzymatique : elle correspond à l'hydrolyse de la caséine κ au niveau de la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106) ;
- Phase secondaire ou d'agrégation des micelles déstabilisées : pH 6,6 elle commence lorsque 80 à 90% de la caséine κ est hydrolysée ;
- Phase tertiaire ou phase de réticulation : elle conduit à la formation de gel. Plusieurs facteurs influent sur la coagulation tels que la concentration en enzyme, la température, le pH, la teneur en calcium, la composition en caséine, la dimension des micelles et les traitements préalables du lait tels que le refroidissement, le traitement thermique et l'homogénéisation (Gillis, 1997)

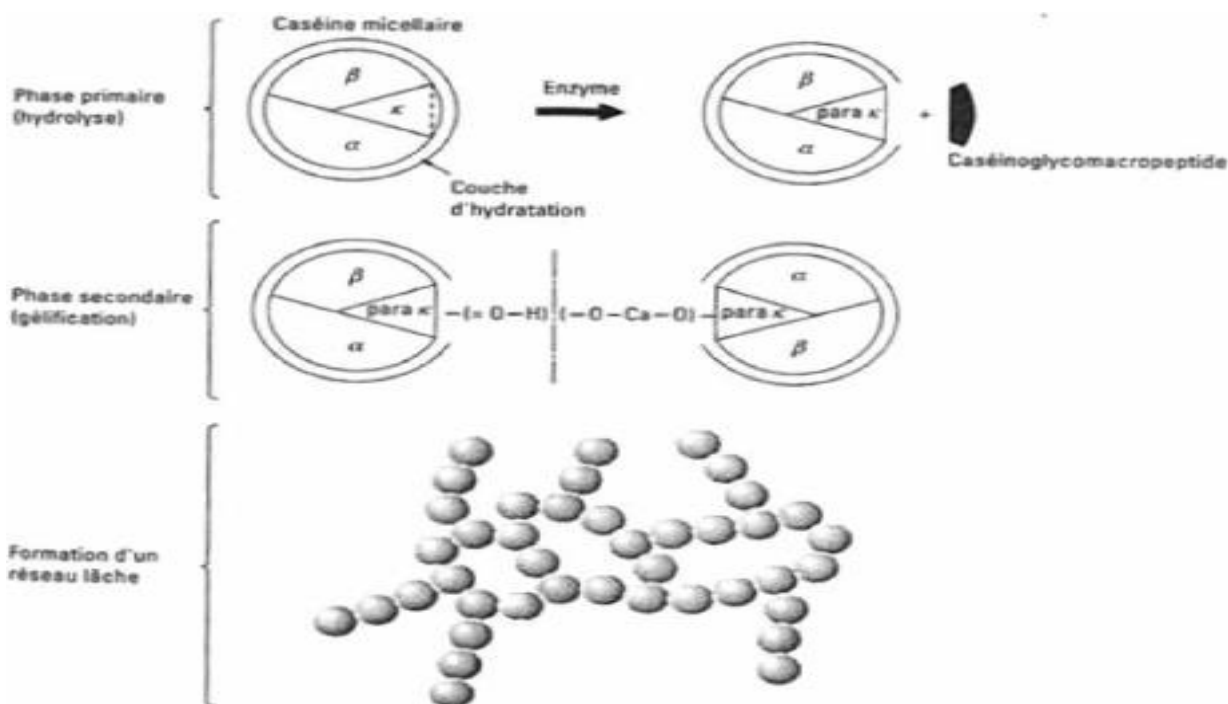


Figure 3: les deux phases de la coagulation enzymatique sont suivies par la formation d'un réseau lâche (St-Gelias et al., 2002).

Le réseau formé à pH 6,6 est fortement minéralisé compte tenu des interactions entre le calcium et les caséines ; ce type de coagulation a tendance à se rétracter (synérèse), ce qui se manifeste par une expulsion du sérum (Vignola, 2002)

La seconde technique pouvant être utilisée est la coagulation par voie acide. Cette technique demande l'utilisation d'un ferment lactique composé principalement de streptococcus thermophiles et de lactobacilles qui sont des espèces bactériennes dites «lactiques». La production d'acide par la transformation du lactose en acide lactique est à l'origine d'une baisse de pH. Ce changement de pH amène une solubilisation du phosphate de calcium colloïdal, un élément important dans la stabilité des micelles de caséines (Gillis et al, 1997)

Pour la production d'un grand nombre de fromages, la coagulation du lait sera réalisée par la combinaison des deux techniques de coagulation générant ainsi des caillés mixtes. Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de

combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (Gillis, 1997)

10.2 L'égouttage

L'égouttage est une étape permettant d'accélérer un phénomène se produisant naturellement : la synérèse. Il s'agit d'un processus par lequel le caillé précédemment formé expulse le lactosérum (phase liquide) par contraction continue. L'égouttage permet donc de séparer le caillé du lactosérum, contenant la plus grande partie des éléments solubles. Cette étape de fabrication fromagère a un impact sur le type de fromage produit puisque le caillé a une composition variable selon la technique d'égouttage utilisée et la quantité de lactosérum extrait. Il existe trois types d'égouttage : l'égouttage lent, pressé non cuit et pressé cuit (Carole et Vignola, 2002)

10.3 Le salage

Cette étape permet de compléter l'égouttage par différence de pression osmotique. Elle permet aussi d'arrêter le processus d'acidification et de contrôler le développement des microorganismes du ferment en fonction de leur capacité de tolérance au sel. Il existe trois méthodes de salage : le salage en surface, le salage dans la masse et le saumurage. Le salage en surface se fait par frottement ou saupoudrage du sel sec sur le fromage. Cette technique est utilisée pour les fromages de type suisse. Le salage dans la masse se fait par incorporation de sel lorsque le fromage est en grains, avant la mise en moule, entre-autre dans le cas du cheddar. Le saumurage quant à lui se fait par immersion du fromage dans une saumure, pendant une période pouvant varier de 15 minutes à deux jours. La saumure contient environ 20% de sel (NaCl) et 0,2% de chlorure de calcium (CaCl_2) afin de prévenir la perte de calcium du fromage. La saumure devrait avoir un pH près de celui du fromage (pH 5,2) et être à une température près de 10 à 40°C (Jeantet et al., 2011)

10.4 L'affinage

A la fin de l'égouttage, le futur fromage est constitué de caséines, de matières grasses, d'eau, de minéraux et de constituants solubles. Cette matrice constitue le milieu de croissance des bactéries, des levures et des moisissures pendant l'affinage. Le contrôle de certains paramètres pendant le processus d'affinage, tel que la température, l'humidité de la chambre d'affinage et le potentiel d'oxydoréduction influence la croissance des microorganismes. D'autres facteurs naturellement contrôlés par le fromage lui-même comme la teneur en

O₂/CO₂, la disponibilité des nutriments, l'activité de l'eau (a_w), la teneur en sel et le pH vont aussi influencer la croissance (Gillis et al., 1997)

11 Classification des fromages

11.1 Fromages fondus

Le fromage fondus est un produit obtenu par le mélange de fromages de différentes origines et à différents stades d'affinage avec des sels de fonte ; ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante, jusqu'à obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur (vierling,1999)

11.2 Fromages frais

Les fromages frais résultent d'une coagulation lente du lait par action de l'acidification combinée ou non à celle d'une faible quantité de présure. Les fromages frais présentent une grande diversité selon le degré d'égouttage du coagulum et la teneur en matière grasse du lait mise en œuvre (Mahaut et al., 2000). Ces fromages sont très humides (70-80% d'eau) et leur conservation est donc très courte. Ils sont obligatoirement fabriqués avec du lait pasteurisé (Trémolières et al., 1980)

11.3 Fromages à pâte molle

Ce sont tous les fromages fermentés qui ne sont ni pressés, ni cuits. Ils restent généralement souples et leur taux d'humidité est d'environ 50%.

Deux types de fromages à pâte molle existent :

- Ceux à croûte fleurie : Camembert et fromages assimilés, brie et Coulommiers, Carré de l'Est ;
- Ceux à croûte lavée : Livarot, Maroilles, Mont d'Or, Munster, Pont-l'évêque, Epoisses, Langres (Larpent, 1997)

11.4 Fromages à pâte pressée non cuite

Sont des fromages dont le mélange caillé-sérum peut être chauffé, mais à une température inférieure à 50°C et dont le caillé est pressé soutirage-moulage. Le pressage permet de compacter les grains et d'évacuer le lactosérum inter granulaire (Larpent, 1997)

On distingue trois classes de fromages à pâte pressée non cuite :

- A croute sèche : Edam, Gouda, Cantal, Raclette, Morbier ;
- A croute fongique ; Tommes, Saint nectaire ;
- A croute morguée : saint Paulin

11.5 Fromages à pâte pressée cuite

Les pâtes pressées cuites subissent une cuisson entre 53 et 55°C pendant 30 à 60 min (Larpent, 1997) : Gruyère, Comté, Emmental, Beaufort.

11.6 Fromages à pâte persillée

On appelle "fromage à pâte persillée" des fromages dont les qualités organoleptiques particulières sont obtenues par le développement, à l'intérieur de la pâte, de moisissures bleues (*penicillium glaucum*) (luquet, 1999), dont l'action protéolytique et lipolytique est puissante. Pour permettre l'extension de la moisissure qui exige de l'oxygène, on procède au piquage mécanique de la pâte en vue de l'aérer. L'humidité des fromages persillés est entre 45 et 50% (Trémolières et al., 1980)

12 Les défauts de fabrication de fromage Edam

Les défauts les plus généralement rencontrés en fromagerie sont de trois ordres :

- Des défauts liés à la qualité et à la préparation de la matière première.
- Des défauts liés à la coagulation et à l'égouttage
- Des défauts liés à l'affinage
- Les défauts de saveur et d'arôme

12.1 Défauts liés à la qualité et aux traitements de la matière première :

Une des premières causes de défaut du fromage se trouve dans la composition initiale du lait.

- La quantité de caséine qui forme le gel augmente la fermeté du gel et l'élasticité de la pâte fromagère. En conséquence, un lait pauvre en caséine sera plus long à coaguler. Il donnera un fromage avec moins de corps

- La matière grasse en trappé dans le réseau caséine nuit à la formation et à la contraction du gel. En excès, la matière grasse nuit à l'égouttage et à la fermeté du fromage

- Un lait pauvre en matières grasses donne un fromage avec texture trop élastique. Par ailleurs, un lait ayant développé des saveurs rances ou oxydées à la suite de la dégradation des matières grasses durant l'entreposage les transmet au fromage

- Grace à la standardisation de la composition en protéines et en matière grasse, à l'ajout d'ingrédients laitiers modifiés, à l'ajout de chlorure de calcium, les accidents de la fabrication liés à la composition du lait sont moins nombreux
- La présence d'antibiotiques et de résidus de produits de lavage ou d'assainissement dans le lait a des effets plus draconiens. Ces polluants peuvent, dans certains cas, arrêter complètement l'activité fermentaire
- L'entreposage du lait non pasteurisé à basse température entraîne des défauts de coagulation et d'égouttage du caillé et peut engendrer des défauts de saveur dans le produit fini. Premièrement, en solubilisant le calcium micellaire et une partie de la β -caséines, l'entreposage ralentit la coagulation et conduit à des caillés moins fermes et diminue les rendements. A l'échelle microbiologique, les bactéries psychotropes sont favorisées par les basses températures ; elles libèrent dans les laits de fromagerie des enzymes thermorésistants qui pourront agir sur l'affinage. En trop grand nombre, elles entraînent des défauts de saveurs, par exemple la rancidité due à la lipase microbienne

On peut y remédier par :

- L'utilisation d'un lait frais, gage d'une bonne qualité fromagère ;
- L'utilisation rapide du lait dans la fromagerie (puisque le temps de latence des bactéries psychrotrophes se situe entre 48 et 72 heures d'entreposage pour des températures comprises entre 3 et 6°C)

La pasteurisation affecte également la fabrication fromagère par son effet sur la qualité chimique et microbiologique du lait. Elle provoque une précipitation partielle du calcium qui nuit à la coagulation présure. Cependant, cette situation est facile à corriger par l'ajout de chlorure de calcium (0.035g/l) au lait. L'effet du chauffage le plus marquant se fait sentir sur les protéines du sérum ; sensibles à la chaleur, elles se dénaturent, deviennent fortement absorbantes puis se fixent sur les caséines. L'égouttage devient alors plus difficile et les fromages obtenus, plus humides. Ce défaut devient notable dès que le barème de pasteurisation dépasse 75°C pendant 16 secondes

Sur le plan microbiologique, la pasteurisation diminue la flore initiale du lait, ce qui réduit avantageusement le nombre de bactéries pathogènes. Mais elle diminue de même coup la diversité de la flore. Le pool enzymatique des laits pasteurisée, plus limitée, conduit à des

fromages à saveurs moins typées et plus neutres. L'avantage des laits crus vient, en partie, de l'appauvrissement enzymatique des laits pasteurisés (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2 Défauts liés à la coagulation et à l'égouttage

12.2.1 Défauts de caillage dans les fabrications présures

12.2.1.1 Caillage lent

Dans les fabrications de type présure, tous les facteurs qui affectent l'activité de la présure sont à prendre en compte et influencent la rapidité de la coagulation : la température et le pH d'emprésurage, la composition du lait et son traitement préalable

Pour ce qui est de la présure, le type de présure utilisé, sa force, sa richesse en chymosine, sa concentration et les conditions de son entreposage sont autant de sources de variation (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.1.2 Caillé feuilleté

On observe ce défaut lorsque le caillé est brassé ou que le bassin est déplacé durant la coagulation (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.2 Défauts d'humidité du caillé

L'humidité du caillé est un paramètre essentiel puisqu'il influe en premier lieu son aptitude à bien s'affiner (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.2.1 Caillé trop humide

Plusieurs facteurs peuvent être à l'origine des cas où l'humidité dépasse la norme de composition. Voici la liste des facteurs à l'origine d'un caillé trop humide :

- Une pasteurisation trop haute ;
- Un caillé coupé trop gros ;
- Un caillé présure coupé trop ferme ;
- Un brassage insuffisant ou tardif ;
- Un pressage insuffisant ;
- Une acidification trop faible qui nuit à la perméabilité ;
- Un salage à un pH trop élevé qui bloque l'acidification (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

12.2.2.2 Caillé trop sec

Les facteurs qui mènent à la production d'un caillé trop sec sont les même que ceux qui donnent un fromage trop humide, mais les causes sont inversées (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.3 Défauts d'acidité finale du caillé

L'acidité finale joue un rôle primordial dans l'aptitude du caillé à contrôler le développement des microorganismes et à orienter l'ensemble des réactions enzymatiques durant l'affinage. Par ailleurs, la texture est directement liée au pH final du caillé (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.3.1 Caillé peu acide

L'acidité dépend essentiellement de l'activité des ferments. Une acidité faible peut provenir :

- D'un dosage insuffisant des ferments ;
- D'un temps de maturation insuffisant ou à une température inadéquate ;
- D'un mauvais choix des souches pour le type de fabrication ;
- De la présence d'inhibiteurs dans le lait ;
- D'une mauvaise préparation des ferments ;
- D'un mauvais entreposage des ferments ;
- D'une température tout au long de la fabrication trop éloigné des optimums des ferments ;
- D'un égouttage trop rapide ;
- D'un délactosage trop poussé ;
- D'un salage trop rapide ;
- D'un refroidissement trop rapide, surtout avec des souches thermophiles.

De façon évidente, un caillé qui manque d'acidité sera plus élastique et plus humide (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.3.2 Caillé trop acide

Une sur acidification entraine :

- Une déminéralisation excessive de la pâte qui se traduit pratiquement par un produit moins souple et moins élastique ;
- Un égouttage du caillé plus prononcé ;

- Un développement plus lent des microorganismes de surface lors de l'affinage surtout dans le cas de bactéries ;
- Des défauts de saveur (acide, amer...) ;

Voici quelques règles générales à appliquer pour effectuer un bon contrôle de l'acidité :

- Si on utilise des ferments liquides, s'assurer qu'ils sont à leur optimum de croissance au moment de l'ajout ;
- Les ferments contenant des lactobacilles donnent des acidités supérieures à ceux ne contenant que des lactocoques ;
- Les ferments thermophiles arrêtent d'acidifier dès que la température baisse au-dessous de 15°C et sont par conséquent plus facile à contrôler ;
- Le découplage entre la croissance des bactéries et la production d'acidité explique un temps de réaction entre les interventions du fromage et l'arrêt de l'acidification et une post acidification dans les premières heures qui suivent la fin de l'égouttage. Dans la pratique, il se produit plus souvent une suracidification du caillé qu'une sous-acidification normalement, le pH final d'une fabrication doit se situer :
 - Entre 5,2 et 5,5 pour la plupart des caillés présures ;
 - Entre 4,9 et 5,0 pour les caillés lactiques (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.4 Défauts liés à l'affinage

12.2.4.1 Problèmes d'ouvertures de la pâte

La présence d'ouvertures atypiques provient d'une contamination par des microorganismes producteurs de gaz. Les ouvertures peuvent provenir :

- D'une température d'affinage trop élevée
- D'une contamination durant la fabrication
- De la pasteurisation qui ne détruit pas le *Clostridium* ;
- D'une très faible quantité d'antibiotiques (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.4.2 Gonflements précoces

Ils se produisent rapidement (dans les 24-48heures) après le début de la fabrication et peuvent atteindre tous les types de fromages. Ils se traduisent par l'apparition de trous généralement en nombre important et souvent petits, au sein de la pâte (fromage dit <<mille

trous>>)). Ce phénomène peut rester discret et n'être découvert qu'à la coupe, mais aussi parfois donner naissance à des gonflements importants

Ces accidents sont presque toujours dûs à la multiplication dans les fromages de micro-organismes fermentant le lactose en donnant des gaz : levures, diverses bactéries lactiques hétérofermentaires, et le plus souvent bactéries coliformes venant du lait

Ces bactéries coliformes ont la propriété de fermenter le lactose avec production d'acide, de gaz carbonique (CO₂) et surtout d'hydrogène (H₂) qui a une très faible solubilité dans le fromage, ce qui favorise le gonflement

Les gonflements précoces dus à des levures ne sont pas très fréquents et ils sont moins graves, car il n'existe que très peu d'espèces fermentant le lactose, se sont essentiellement des *Kluyveromyces* et leurs formes imparfaites ; elles sont peu répandues dans la nature en dehors des laiteries et ne produisent que du CO₂

Enfin des bactéries hétérofermentaires sont également capables de produire ce type de défaut à partir du lactose, surtout dans les pâtes pressées et les pâtes cuites

L'ouverture produite initialement est souvent très petite et elle peut passer inaperçue si elle n'est pas agrandie par des fermentations ultérieures telles que la fermentation propionique.

Les espèces en cause sont le plus souvent *Lactobacillus brevis* capable de pousser à 15°C mais non à 45°C. *L. fermentum* poussant au contraire à 45°C mais non à 15°C

Pratiquement, pour que ces gonflements précoces se produisent, et surtout soient graves, il faut que le nombre des micro-organismes responsables soit relativement important au moment de la fabrication (au moins de l'ordre de 10⁶ -10⁷ /ml), ou (et) surtout que l'acidification (donc aussi la consommation du lactose) soit insuffisante, ou trop lente : levain peu actif, présence d'antibiotiques, contamination par des phages. Le plus souvent, ils ne font donc que traduire des anomalies ou des erreurs de fabrication et de traitement du lait

Ils peuvent donc être évités simplement par l'emploi correct de levains adaptés et de laits de bonne qualité bactériologique, le tout dans des conditions adéquates de fabrication. De plus, la plupart des micro-organismes en cause peuvent être éliminés efficacement par une pasteurisation HTST minimum, ou même seulement par une thermisation (ou la simple cuisson du caillé à 45-56°C)

12.2.4.3 Gonflement tardif (gonflement butyrique)

C'est un des plus graves accidents qui apparaît entre 10 jours à 2 mois (Mahaut et al., 2003). Il se produit surtout dans les fromages à pâte pressée cuite, et dans beaucoup de fromage à pâte pressée, spécialement ceux de type Edam et surtout gouda (Bergere et Lenoir, 1997)

On observe l'apparition d'ouvertures durant l'affinage sous forme de nombreux trous de la taille d'une tête d'épingle apparaissant en grappes (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

Le défaut est dû aux *Clostridium* (bactéries anaérobies sporulées) du groupe butyrique, presque toujours c'est la seule espèce *C. tyrobutyricum* qui est en cause. Leurs produits de fermentation sont uniquement les acides acétique et surtout butyrique, ainsi que le gaz carbonique et l'hydrogène en grande quantité. Ce sont ces gaz, notamment le dernier, qui provoque le gonflement des fromages et peuvent les déformer voire même les faire éclater, alors que l'acide butyrique leur communique un goût et une odeur désagréables à partir d'une certaine concentration

Le défaut d'ouverture peut déjà se manifester à partir de nombre relativement bas, 200 à 1000 spores/l et parfois même moins. Lorsque les nombres atteignent 10 – 10 spores/l, les fromages deviennent énormément gonflés, éclatent et présentent un fort goût d'acide butyrique très désagréable. La contamination du lait est en général inférieure au seuil de 200 spores/l, sauf en cas d'alimentation du bétail laitier avec des fourrages ensilés. En effet, *C. tyrobutyricum*, d'origine tellurique, peut se multiplier au sein des ensilages, et lorsque la qualité de ces derniers est mauvaise, la contamination du lait peut atteindre jusqu'à 100.000 spores/l (Bergere et Lenoir, 1997)

Plusieurs moyens de prévention sont utilisés dans la pratique :

- Limitation de la contamination initiale du lait par un ensilage correcte (acidification rapide et suffisante, éviter l'incorporation de terre, utiliser un conservateur) et une hygiène de la traite rigoureuse ;

- Détermination par un crémage (élimination de 90% des spores butyriques), par bactofugation (90-95%), par une microfiltration de la fraction maigre (99,5%) ou éventuellement par traitement thermique lorsque la technologie le permet ;
- Incorporation de composés inhibiteurs (Mahaut et al., 2003)

12.2.4.4 Ouvertures mécaniques

Ces trous dans la pâte se reconnaissent à leur forme irrégulière et non sphérique. Ils ne résultent pas de la formation de gaz par des micro-organismes, mais de retournements insuffisants dans le cas des pâtes molles ou, dans le cas des pâtes semi-fermes et fermes, d'un manque de pression lors du pré-pressage ou du pressage (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

12.2.5 Les défauts de saveur et d'arôme

12.2.5.1 L'amertume

L'amertume est un défaut relativement fréquent dans divers types de fromages, notamment les pâtes pressées, les pâtes molles et les bleus (Bergère et Lenoir, 1997). Elle résulte d'une teneur trop élevée en peptides hydrophobes. La production de peptides amers résulte de l'action de 3 catégories d'enzymes, la protéase de paroi des bactéries lactiques et les protéases exocellulaires des moisissures (Spinnler et al., 1997)

12.2.5.2 Gout de rance

L'apparition d'une saveur rance est liée à la présence de lipases ; elle est favorisée par :

- Une utilisation des laits de fin de lactation ;
- Une agitation excessive du lait ;
- Un temps prolongé de conservation du lait cru ;
- Un mauvais équilibre des ferments (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

Il est dû à une lipolyse excessive qui se traduit par la présence d'une dose anormalement élevée d'acides gras libres. Ce sont particulièrement les acides gras à chaîne courte et moyenne (C4 à C12) qui sont porteurs des saveurs les plus marquées, car leur seuil de perception est beaucoup plus faible que celui des acides gras à longue chaîne (Bergère et Lenoir, 1997)

12.2.5.3 Saveur fruitées et atypiques

Des défauts de saveurs fruitées ou atypiques apparaissent lorsque se développe, durant l'affinage, des bactéries non désirables. Leur présence est attribuable, entre autre :

- A une humidité élevée ;
- A une faible teneur en sel ;
- A une mauvaise hygiène des salles d'affinage ;
- A un lait de mauvaise qualité sur le plan microbiologique ;
- A une température d'affinage trop haute (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002).

12.2.6 Les défauts de texture en fin d'affinage

12.2.6.1 Texture farineuse ou sèche (pâte sèche)

On parle de fromage «plâtreux» lorsque le cœur du fromage reste blanchâtre, ferme et acide. Ce phénomène est à attribuer à un égouttage trop prononcé. La diminution de l'aw ne permet pas aux bactéries à activités protéolytiques de se développer, alors que la zone sous croûte pourra évoluer sous l'action d'une flore de surface. Ce défaut est fréquent quand les ferments lactiques provoquent une acidification rapide, entraînant une synérèse trop accentuée (Mahaut et al., 2003)

12.2.6.2 Pâte coulante

C'est le phénomène inverse. Dans ce cas, l'égouttage est insuffisant dû à une acidification du lait trop lente. Ceci peut résulter :

- D'une température de la salle d'égouttage trop basse ;
- D'une présence de résidus d'antibiotiques ou de résidus chimiques ;
- D'une présence d'une forte proportion d'agglutinines (lait de mammité) ;
- D'une insuffisance de levain lactique liée à une attaque phagique.

L'aw de la pâte est élevé et favorise microbiennes et enzymatiques, provoquant une protéolyse excessive de la pâte qui devient coulante, plus ou moins affaissée et présente des goûts d'amertume (Mahaut et al., 2003)

12.2.6.3 Pâte sablonneuse

La formation de cristaux solides est liée à une cristallisation des produits de la digestion des protéines, particulièrement de la proline. On remarque cette texture pour un affinage trop avancé surtout dans le cas des pâtes fermes (St-Gelais et Tirard-Collet, 2002)

13 Fromage type EDAM

13.1 Définition

Le fromage Edam tire son nom de la ville «Edam» située au nord d'Amsterdam en Hollande où il a été fabriqué pour la première fois (Anonyme 1, 1994)

L'Edam est un fromage sphérique légèrement aplati aux parties inférieures et supérieures, à pâte pressée demi- dure ou dure, fait avec du lait écrémé ou demi écrémé (30 à 40% de matière grasse), et affiné avec des bactéries appropriées (Cheftel J.C. et Cheftel H., 1977).

D'après Walstra et al (1987), le lait généralement destiné à la fabrication de l'Edam est un mélange de lait écrémé de la veille et du lait frais de la matinée. Il se consomme après 4 à 6 semaines d'affinage jusqu'à plus d'un an. Il porte les qualificatifs de "tendre" ou "jeune" lorsqu'il a un minimum de six semaines d'affinage ; " demi- étuvé " ou " demi- vieux " lorsqu'il atteint l'âge de six mois et "étuvé" ou "vieux" lorsque son âge atteint et dépasse 12 mois (Luquet, 1990 ; Serre, 2002). C'est un fromage doux, peu salé avec un goût de noisette et une odeur légère comparé à d'autres fromages

13.2 Valeur nutritionnelle

La qualité nutritionnelle de l'edam provient de sa teneur élevée en protéines de hautes valeurs biologiques, où les acides aminés sont bien équilibrés. De plus, sa richesse en éléments minéraux et vitamines (Tableau 8) lui confère toutes les particularités d'un fromage de haute valeur alimentaire. Ce produit dérivé est classé parmi les fromages gras, du fait de sa teneur élevée en matière grasse (45%). Dans cette matière lipidique, les acides gras volatils (C2 à C8) lui confèrent une odeur et une saveur particulière (Me Sweeney et Sousa, 2000)

Tableau 8: Composition et valeur nutritionnelle du fromage Edam (Luquet, 1985)

Composition	Valeur nutritionnelle
Protéines	24-27%
Matière grasse	24-45%
Calcium	750-855 mg/100g
Sodium	900 mg/100g
Phosphore	500 mg/100g
Valeur énergétiques	390-400 kcal/100g de fromage

Introduction

L'objectif de notre travail est le suivi de la chaîne de fabrication de l'EDAM au niveau de l'unité LFB de Boudouaou. Des contrôles physico-chimiques sont effectuées, avant la réception, sur des échantillons de lait cru provenant de différentes fermes situées au niveau de la wilaya de Boumerdes, pour vérifier leur conformité avec la norme LFB. Des analyses Physico chimiques et microbiologiques sont réalisées sur la matière première (mélange de différents laits réceptionnés), le lait après pasteurisation, les lactosérums I et II, le fromage après pressage, après saumurage, après 14 jours d'affinage et enfin sur le produit fini (21 jours d'affinage)

14 Matériel utilisé et méthodes d'analyses

14.1 Matériel biologique utilisé pour la fabrication du fromage « edam »

- le lait de vache
- la présure
- les ferment lactique (bactéries mésophiles et thermophiles lyophilisées)
- chlorure de calcium CaCl_2
- le colorant « rocou »
- le sel

14.2 Processus de fabrication du fromage à pâte pressée non cuite type « Edam » au niveau de LFB

La fabrication du fromage à pâte pressée non cuite type « Edam » adapté à l'unité de boudouaou est présenté par la figure 3 et par les étapes suivantes :

14.2.1 Réception du lait cru

Le lait cru destiné à la fabrication d'Edam au niveau de la L.F.B, provient des fermes environnantes. Ce lait doit être recueilli proprement et suivant les exigences de laboratoire de physico-chimie de l'unité (pH : entre 6,40 et 6,79. EST : 128% et 130% , densité : entre 1028 et 1036, MG : entre 36 et 44 g/l, acidité : entre 16 et 18°D)

14.3 Préparation de lait

Pour la fabrication du fromage Edam, on utilise actuellement à la L.F.B le lait pasteurisé comme matière première. Les laits des différents collecteurs sont mélangés dans des tanks de 800 litres

14.4 Pasteurisation, refroidissement

Il s'agit d'une pasteurisation en continue qui s'effectue en circuit fermé et à l'abri de l'air, elle se fait entre 82°C et 85°C pendant 15 secondes. Le lait pasteurisé est refroidi à une température comprise entre 6°C et 8°C

14.5 Maturation

Le lait subissant une pasteurisation et un refroidissement est stocké dans des tanks pendant une nuit à une température de 9°C, afin de l'améliorer en tant que milieu de culture pour les bactéries lactique et de l'amener à son pH d'emprésurage (6,4-6,5). La maturation contribue à reconstituer les équilibres physico-chimiques du lait ayant pu être perturbés par les traitements thermiques antérieurs (réfrigération principalement). Après la maturation, le mélange est envoyé dans la cuve de coagulation (de 800 litres). C'est à ce moment que l'on fait des apports en :

- Phosphate mono calcique ou le chlorure de calcium qui permet d'améliorer sensiblement le problème de manque de cohésion du caillé qui se pose en fromagerie (F.A.O, 1980) et de favoriser la coagulation

14.6 L'ensemencement

Au moment de l'ensemencement le lait doit avoir une acidité entre 18°D-20°D et une température de travail en cuve égale à 31°C. L'addition des ferments lactiques *Lactococcus lactique sub sp.lactis* (200U) et *Streptococcus Thermophiles* (50U) est réalisé 20 à 30 minutes avant l'emprésurage

Après acidification les conditions d'emprésurage sont :

- Acidité 18°D ; T°31°C ; pH 6-6,4

14.7 Emprésurage

On utilise pour l'emprésurage de la présure lyophilisée

Présure : On appelle présure l'extrait liquide ou pâteux provenant de la macération de la caillette des jeunes bovidés, nourris au lait (Eck., 1997)

La présure a un double activité, l'une très spécifique sur la caséine Kappa, l'autre de protéolyse générale portant sur toutes les protéines pouvant se manifester au cours de l'affinage des fromages. La présure est un mélange de chymosine (80%) et de pepsine (20%). la chymosine c'est l'enzyme dominante qui compte tenu des conditions de

milieu,entraîne une hydrolyse de la caséine Kappa présente en surface des micelles (Eck, 1997). L'emprésurage se fait en général 20-30 minutes après l'ensemencement lactique, la dose utilisée est de 200g pour 800 litres de lait

- La présure doit être diluée d'abord dans 5 litres d'eau tiède, par ailleurs il est nécessaire de prendre certaine précaution lors de l'emprésurage
- La présure doit être répartie aussi régulièrement que possible en laissant les brassoires en marche pendant 5 minutes maximum

Les mouvements du lait doivent être arrêtées immédiatement afin d'éviter l'obtention d'un caillé feuilleté, se traduisant lors du décaillage, par la formation des grains irréguliers

14.8 La coagulation

Le temps de coagulation est lié directement à la dose de présure appliquée. Le temps de prise est de 20minutes et la coagulation deux fois le temps de prise, c'est-à-dire 40minutes

14.9 Le décaillage (le tranchage)

Le décaillage consiste à découper le caillé en grains de petites tailles par le biais d'un outil appelé « tranche caillé » .cette opération s'effectue à la vitesse la plus faible possible pour limiter les pertes .cette opération dure 15minutes et elle se fait en deux temps séparés par 5 minutes de repos. La taille des grains recherchés est semblable à celui d'un grain de maïs.les principaux objectifs du tranchage sont :

- Augmenter l'extrait sec
- Favoriser l'évacuation du sérum

14.10 Brassage-délactosage

Le premier brassage dure environ 15-20 minutes selon la qualité du lait, il consiste à agiter les grains de caillé obtenus après découpage et à accentuer leur assèchement. On procède alors à la première évacuation du sérum I qui surnage dans la cuve.la quantité soutirée représente la moitié du volume total du lait mis en œuvre, ce premier sérum doit avoir une acidité comprise entre 10 et 12°D, le pH du mélange caillé-sérum est entre 6,2-6,4.On procédera par la suite au délactosage avec de l'eau chaude (51°C).Le délactosage a pour but :

- Limiter la déminéralisation

- Stopper l'acidification par élimination du lactose reste à la surface ou dans les graines.
- Obtenir un caillé souple

Le deuxième brassage est effectué après le lavage (le volume d'eau de lavage est égal au volume du lactosérum I évacué). Dans ce cas, le sérum II évacué doit être claire avec une acidité comprise entre 6 et 9°D

Le brassage dure 20-30 minutes. La température du mélange caillé-sérum est de 38°C.

L'élévation de la température permet un égouttage plus important du grain de caillé, diminue la viscosité du lactosérum et renforce les liaisons hydrophobes à l'intérieur du grain qui expulse la phase aqueuse à l'extérieur du grain

14.11 Pré-pressage-moulage

Le caillé où subsiste encore une petite quantité de sérum, est évacué vers le bac de pré-pressage « bactebel ». Dès que la distribution est terminée, on procède ensuite au pressage du gâteau en plaçant des plaques en métal, très lourdes percées de trous, pour bien agglomérer et souder les grains entre eux, une pression d'environ 2 bars est appliquée sur les plaques de pré pressage. Au bout de 15 à 20 minutes, les plaques sont élevées, le gâteau ainsi obtenu est coupé de façon uniforme à l'aide des couteaux placés verticalement en pains, de dimensions appropriées les pains sont ensuite retirés dans des moules contenant des toiles en tissu

14.12 Pressage

Les fromages ainsi moulés sont placés sous presse durant 6 heures minimum. La pression exercée est de l'ordre de 4,6 à 6 bars. Des retournements au cours de l'égouttage sont nécessaires pour drainer le lactosérum et régulariser la forme des fromages. Le premier retournement s'effectue après 30 minutes. Le pressage consiste à augmenter l'extrait sec et à acidifier le fromage, en effet, une fabrication de bloc est considérée comme réussie, si le sérum évacué par le pressage est liquide et son acidité est de l'ordre de 25-30°D avec un pH compris entre 5,4-5,5

14.13 Salage

Le salage consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium, il agit directement sur le développement des microorganismes et l'activité des enzymes par la diminution de l'activité

de l'eau, il complète l'évacuation du lactosérum et facilite la formation de la croûte du fromage

Le salage se fait en immergeant pendant 18 heures, les boules de fromage dans une saumure à 35% de NaCl (Température : 10-12°C, concentration : 19° Baumé)

Après le salage, les boules de fromage subissent un bref égouttage pour éliminer la pellicule d'eau en surface du fromage

14.14 Affinage

L'affinage consiste à la maturation du fromage par voie biologique sous l'action des enzymes. Il se fait dans des chambres froides à une température de 8-10°C et à une humidité de 95%. La durée d'affinage est de 21 jours. En fin de l'affinage, les fromages sont grattés avec des brosses imbibées d'eau

14.15 Conditionnement (sous vide)

Les fromages sont emballés sous vide avec étiquetage et sont conservés à 6°C, en attendant leur commercialisation

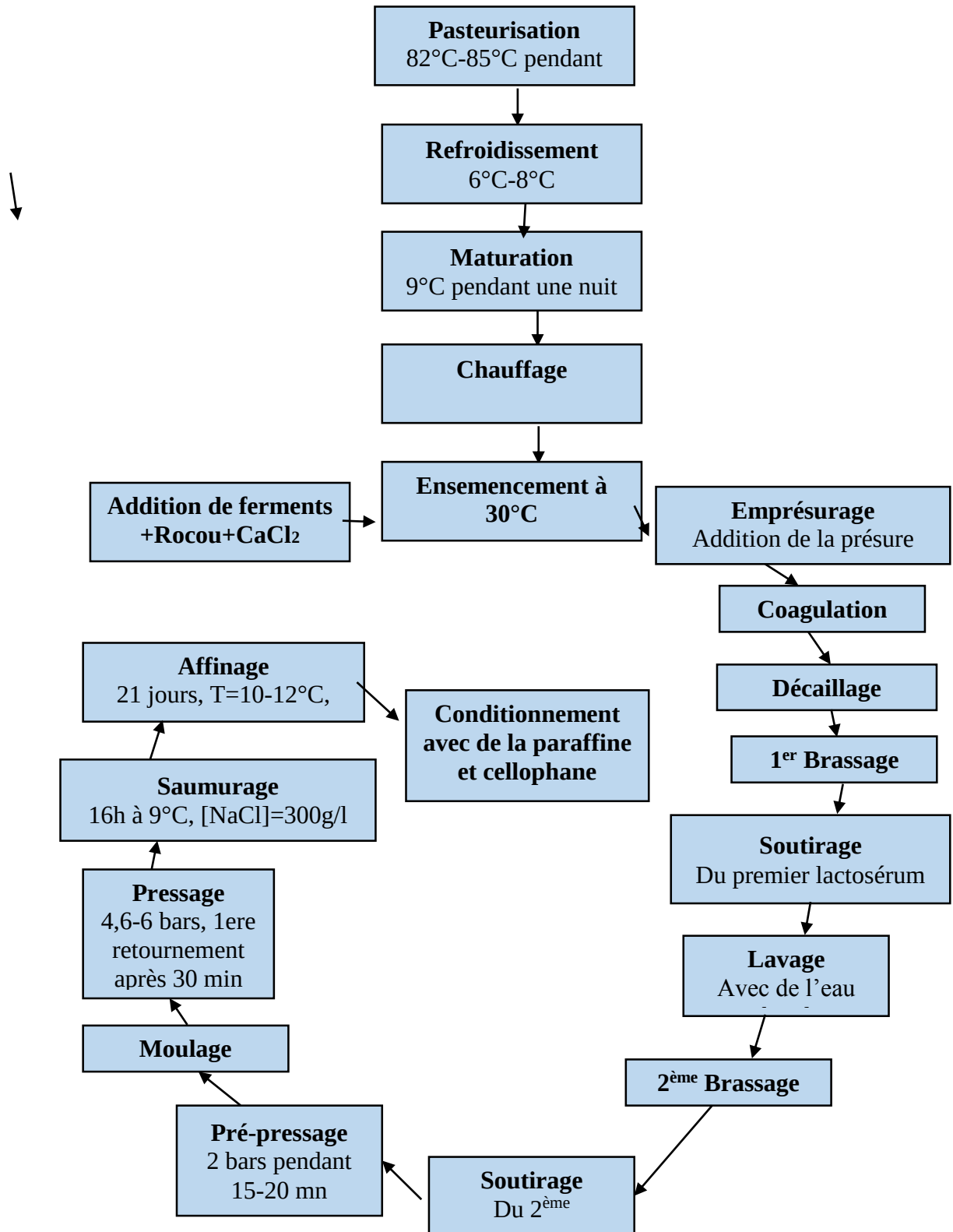


Figure 4: Diagramme de fabrication du fromage à pâte pressé non cuit type «Edam» au niveau de la L.F.B (2016).

15 Les analyses physicochimiques

Des analyses physico-chimiques ont été réalisées sur le lait cru (mélanges des différents laits, du lait après pasteurisation, du lactosérum I et II, des analyses sur le fromage après pressage

Ces analyses sont adoptées aux normes AFNOR 1999 et portent sur la détermination du :

- pH ;
- L'acidité titrable ;
- La teneur en matière grasse (MG) ;
- La teneur en extrait sec total (EST) ;
- La teneur en extrait sec dégraissé (ESD) ;
- La densité ;
- L'antibiotique ;

15.1 Détermination de l'acidité titrable

Elle est exprimée conventionnellement en gramme d'acide lactique par litre de lait ou en degré dornic (D°)

Principe

L'acidité titrable exprime le nombre de gramme d'acide lactique présent dans un litre de lait, son principe est basé sur le titrage de l'acidité par l'hydroxyde de Sodium à N/9 en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré jusqu'au début de l'apparition d'un virage rose

Mode opératoire

On introduit dans un bêcher 10ml de l'échantillon, on ajoute 2 à 3 gouttes de phénophtaléine, ensuite, on titre par la soude N/9, tout en agitant jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persistante (figure 5)



Figure 5: Photo de détermination de l'acidité titrable du lait

Expression des résultats

L'acidité A est exprimée en degré dornic (D°), sachant que : $1^{\circ}\text{D}=0,1\text{g d'acide lactique}$, elle se fait par la lecture direct du volume de NaOH (X) utilisé lors du titrage

$$\text{A}^{\circ}\text{D}=\text{V}\times 10$$

15.2 Détermination du pH

Principe

Le pH est déterminé par immersion de l'électrode du pH mètre dans l'échantillon

Mode opératoire

Etalonnage de pH mètre avec une solution tampon.

- Cas du lait et lactosérum

Verser dans un bécher une quantité d'échantillon à analyser (lait). **Figure 6**



Figure 6: Photo de détermination du pH de lait.

- **Cas de fromage**

Pour le fromage Edam, il suffit d'introduire l'électrode dans la boule (figure 7)



Figure 7: Photo de détermination du pH du fromage.

• **Expression des résultats**

La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre

15.3 Détermination de la densité

La densité est déterminée à l'aide d'un thermo lactodensimètre. Elle est définie comme étant le rapport entre la masse d'un volume déterminé du lait et la masse d'un même volume d'eau ce rapport doit se faire à température et à pression constante

Mode opératoire

Verser le lait dans une éprouvette de 250 ml jusqu'aux rebords, en évitant la formation de la mousse, puis introduire le thermo lactodensimètre, après l'équilibre de celle-ci lire la densité et la température **figure 8**

Expression des résultats

La densité est exprimée par la formule suivante

$$D = D_0 \pm [(20 - T) \cdot 0,2]$$

$$\text{Si } T > 20^\circ\text{C} \longrightarrow D = D_0 + 0,2 (T - 20)$$

$$\text{Si } T < 20^\circ\text{C} \longrightarrow D = D_0 - 0,2 (T - 20)$$

Avec : D_0 : densité lue sur le lactodensimètre.

T : Température lue sur le lactodensimètre.



Figure 8: Photo de détermination de la densité du lait

15.4 Détermination de la teneur en matière grasse

Principe

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acide butyrométrique (dite de Gerber). Elle est basée sur la dissolution des composantes du lait par l'acide sulfurique sous l'influence de la force centrifuge et grâce à l'adjonction d'un ml d'alcool iso-amylque, la matière grasse se sépare sous forme d'une couche claire transparente

Mode opératoire

- Cas de lactosérum

Dans un butyromètre de Gerber, introduire 10ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) de densité ($d=1.820$). On verse 11ml du lait, puis on ajoute 1ml d'alcool iso-amylque de densité ($d=0.813$). Le butyromètre est maintenu dans une position verticale et secoué

horizontalement afin d'éviter une attaque trop brutale du lait par l'acide. Placer le butyromètre dans la centrifugeuse à une vitesse de 1100 tr/min pendant 5min (figure 9)



Figure 9: Photo de détermination de la matière grasse

- **Cas du fromage**
- Peser dans un godet de butyromètre environ 3 g de fromage.
- Ajouter de l'acide sulfurique de densité ($d=1.520$) jusqu'à l'émergence totale du fromage.
- Mettre le butyromètre dans le bain-marie à 70°C en gitant toutes les 5 à 10 minutes jusqu'à la dissolution totale du fromage.
- Ajouter l'acide sulfurique jusqu'à atteindre 35% de l'échelle après l'addition de 1ml d'alcool iso-amylque.

Fermer bien le bouchon et placer le butyromètre dans la centrifugeuse pendant 5 minutes

Expression des résultats

La teneur en matière grasse est exprimée en %:

$$\text{MG} = (\text{A} - \text{B}) \quad (\%)$$

Où : **A** : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne grasse.

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne grasse.

15.5 Détermination de l'extrait sec total

Principe

Le principe de cette méthode est basé sur l'évaporation de l'eau à 95°C sur une quantité donnée de l'échantillon, la matière sèche est exprimée en pourcentage

Mode opératoire

Dans une feuille d'aluminium préalablement pesée, on étale d'une façon homogène 2,5ml (pour le lactosérum et lait), 1.2 à 1.5gr (pour le fromage) puis on déclenche le processus de séchage (**figure 10**)

Expression des résultats

La détermination de la matière sèche est donnée quand l'appareil (dessiccateur) s'arrête automatiquement et la lecture se fait directement par affichage de la valeur sur l'écran, elle est exprimée en pourcentage

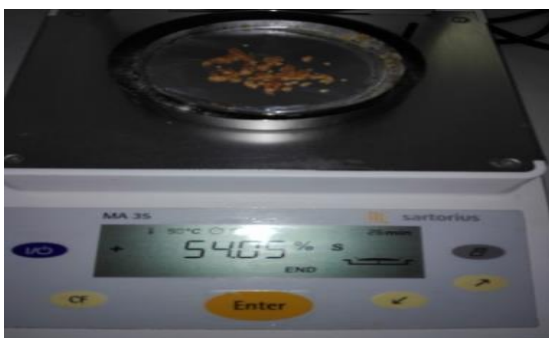


Figure 10: Détermination de l'extrait sec total dans le lait et le fromage

15.6 Détermination de l'extrait sec dégraissé (ESD)

Il est déterminé selon la relation suivante :

$$\text{ESD} = \text{EST} - \text{MG}$$

15.7 Détermination du gras/sec

Le but de ce calcul est de vérifier la conformité de la teneur en matière grasse dans la matière sèche aux dispositions réglementaire.

La teneur en MG est exprimée en gramme pour 100 g de matière sèche et donnée par la formule suivant :

$$\text{G/S} = (\text{MG/EST}).100$$

15.8 Recherche des résidus d'antibiotiques

La présence de résidus d'antibiotiques dans le lait, par suite de traitement de mammites par exemple, peut parfois constituer un danger pour le consommateur, mais aussi sur le plan industriel car ils peuvent perturber les processus de fermentation et maturation des produits laitiers de large consommation tels que : le yaourt, le fromage et autres laits. Il est donc important de les détecter

Mode opératoire

- Sortir un flacon du coffret, enlever sa capsule et s'assurer que toute la lyophilisation se trouve au fond du flacon.
- Prélaver 0.2 ml de lait à tester.
- Distribuer les 0.2 ml de lait dans le flacon de récepteur.
- Reboucher le flacon et agiter doucement en tournant le flacon afin de dissoudre toute la lyophilisation
- Mettre le flacon dans un des puits de l'incubateur stabilisé à la température de 47.5°C ;
- Au bout de 3 min, introduire la bandelette dans le flacon. Laisser en incubation à 47.5°C ;
- 2 minutes après l'incubation de la bandelette dans le flacon, la retirer et lire immédiatement **figure 11**

Lecture

- Aucune bande rose intense n'apparaît, le test est non valide.
- La première bande a une intensité supérieure à celle de la bande de référence, l'échantillon est classé négatif.
- La première bande a une intensité équivalente ou inférieure à celle de la bande de référence, l'échantillon contient des antibiotiques à une faible concentration, il est classé positif.
- La première bande est absente, l'échantillon contient des antibiotiques à une forte concentration, il est classé positif.



Figure 11: Photo de détermination de résidus d'antibiotique dans le lait cru

15.9 Détermination de la teneur en cendres (AFNOR, 1999)

Le principe

Les cendres sont des substances résultantes de l'incinération de la matière sèche à 600 °C pendant 4 heures dans un four à moufle et la pesée du résidu obtenu qui est exprimée en pourcentage

Mode opératoire

Préparation des capsules à incinération avant l'emploi :

- Les chauffer environ 30 min, dans un four de type MEMMERT à 102°C ;
- Les faire sortir et laisser refroidir dans un dessiccateur ;
- Peser les capsules vides, ajouter 10 ml du lactosérum et repeser ;
- Evaporation à sec du lactosérum sur une plaque chauffante, placer les capsules dans le four de type Nabertherm réglé à 600 °C. le temps de minéralisation dure environ 4 heures.
- Le taux de cendres est exprimé en pourcentage :

$$T (\%) = (m_2 - m_0) / (m_1 - m_0) \times 100$$

Où :

- **m₀** : poids de la capsule vide ;
- **m₁** : poids de la capsule avec l'échantillon ;
- **m₂** : poids de la capsule après minéralisation..

16 Les analyses microbiologiques

L'appréciation de la qualité microbiologique du lait et des produits laitiers constitue un outil essentiel pour l'évaluation de l'application des règles de bonnes pratiques, au respect de règle d'hygiène générale aussi bien à la ferme qu'à l'usine. Cela afin d'établir la conformité aux normes (Lamontage et al., 2002)

16.1 Recherche et dénombrement des germes dans le lait

La technique de recherche des germes est la même pour tous les produits sauf pour l'eau, la recherche des coliformes présente des points de différence.

Préparation des dilutions

1ml de la solution mère (échantillon à analyser), est prélevé et introduit dans un tube contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Ceci nous donne la dilution 10^{-1} , à partir de cette dernière et après agitation, 1ml est prélevé et introduit dans un autre tube contenant 9ml d'eau physiologique pour l'obtention de la dilution 10^{-2} (**figure 12**)

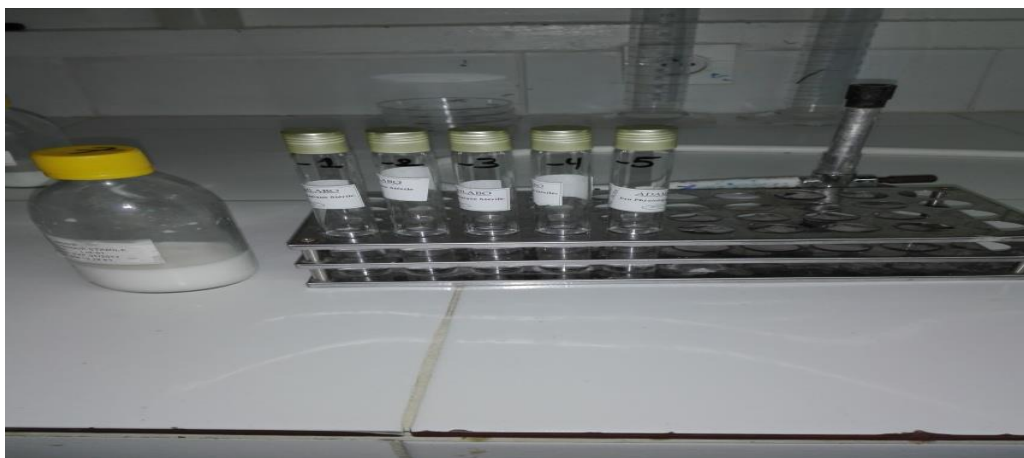


Figure 12: Suspension mère et dilutions décimales (cas liquide)

16.2 Recherche et dénombrement des différents germes

La série des analyses bactériologiques effectuée comprend la recherche, le dénombrement des différents germes. Pour cela, il existe des milieux de culture spécifiques permettant leur recherche et leur isolement

Nous avons effectué successivement la recherche et le dénombrement des différentes flores suivantes :

16.3 Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FAMT)

Les germes aérobies mésophiles totaux sont des microorganismes qui prolifèrent à l'air libre avec une croissance optimale située entre 25 et 45°C. Cette flore est un indicateur de la qualité générale du produit à analyser. Elle est dénombrée sur milieu PCA (Plante count Agar)

Technique

Ensemencement

La méthode de référence préconise l'ensemencement en masse

- A partir de la solution mère et les dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} porter aseptiquement 1ml dans des boîtes de pétri vide préparée à cet usage et les numéroté.
- Couler ensuite la gélose PCA liquéfiée en masse, puis faire des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- Après solidification de la gélose, les boîtes de Pétri sont incubées à 30°C pendant durée de 72 heures.
- Faire la lecture chaque 24 heures.

Lecture

Les colonies de la FMAT se présentent sous forme lenticulaire et de taille différente

16.4 Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

Ce sont des entérobactéries, non sporulés, aérobies, ou anaérobies facultatifs, caractérisées par leur capacité de fermenter le lactose avec production de gaz en 24 à 48 heures à une température comprise entre 36 et 37°C. Leur recherche est effectuée sur des milieux riches en lactose avec les sels biliaires comme agent sélectif.

Ces bactéries sont sensibles à la chaleur, elles sont un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques et/ou d'une décontamination, de plus elles sont en elles-mêmes un facteur d'une mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication (Guiraud, 1998).ils sont dénombrés sur le milieu désoxycholate.

Technique

Ensemencement

La méthode de référence préconise l'ensemencement en masse.

- A partir de la solution mère et la dilution décimales, porter aseptiquement 1ml dans des boîtes de pétri vide préparée à cet usage et les numéroté.
- Couler ensuite la gélose désoxycholate liquéfiée, puis faire des mouvements circulaires en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose utilisée.
- Après solidification de la gélose, les boîtes de pétri sont incubées pendant une 24 heures à 48 heures à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.
- Faire la lecture chaque 24 heures.

Lecture

Les colonies apparaissent en masse sous forme de petites colonies de couleur rouge cerise de 0.5mm de diamètre

16.5 Recherche et dénombrement des *Staphylocoque doré*

Ces bactéries sont aptes à élaborer des entérotoxines très actives provoquant ainsi des toxico-infections alimentaires (Petraschi et al, 1981). Notons que l'absence de ces germes dans de nombreux produits laitiers est souvent prescrite dans les tableaux de normes

Principe

La technique recommandée pour la recherche du *Staphylocoque doré* est les méthodes Baird Parker

Technique

Ensemencement

- Porter aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile 0.1 ml de la solution mère dans des boîtes de pétri contenant le milieu Baird Parker (BP) préparée à cet usage et additionnées d'un jaune d'œuf et du Tellurite de potassium

- Etaler à l'aide d'un râtelier étaleur.
- Les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures.

Lecture

Les colonies suspectes de Staphylocoque pathogènes apparaissent sur le milieu de couleur noire, brillante, voutée avec une bordure blanche mince entourées d'un halo clair

16.6 Recherche de salmonelles

Leur recherche et leur identification permettant de savoir si le produit est dangereuse pour la consommation humaine. Les salmonelles attaquent spécifiquement la cavité gastro-intestinale qui va provoquer une diarrhée avec douleur abdominales

Principe

La présence du sucre, extrait de levure et de peptone constituent la gélose Hecktoen qui favorise l'isolement des bactéries du genre *salmonella* qui sont en fait des entérobactéries pathogènes ce milieu est rendu sélectif par la présence de sels biliaires qui inhibent le développement de *proteus*. avant de procéder à l'isolement, il faut réaliser un pré enrichissement dans un bouillon lactosé manitol tomponé ; puis un enrichissement sur le bouillon au sélénite acide au sodum et cystéine (SFB)

Mode opératoire

La recherche de salmonelle se fait en 3 étapes :

La première étape : pré-enrichissement

Introduire 25ml de l'échantillon à analyser dans 225 ml de milieu eau peptonée tamponnée qui va être incubé à 37°C pendant 24 h

La deuxième étape : enrichissement

Prélever 1 ml de milieu de pré-enrichissement et ensemencer le dans 10 ml de milieu SFB. Incubation se fait à 37°C pendant 24 h

La troisième étape : isolement

A partir de milieu SFB positif, ensemence par stries une boîte de pétri contenant la gélose Hecktoen, l'incubation se fait à 37°C 24

Lecteur

Les salmonelles se présentent sous forme de colonies de 2 à 4 mm de diamètre et de couleur bleu verdâtre avec ou sans centre noire, les résultats sont exprimés par la présence ou l'absence de germe.

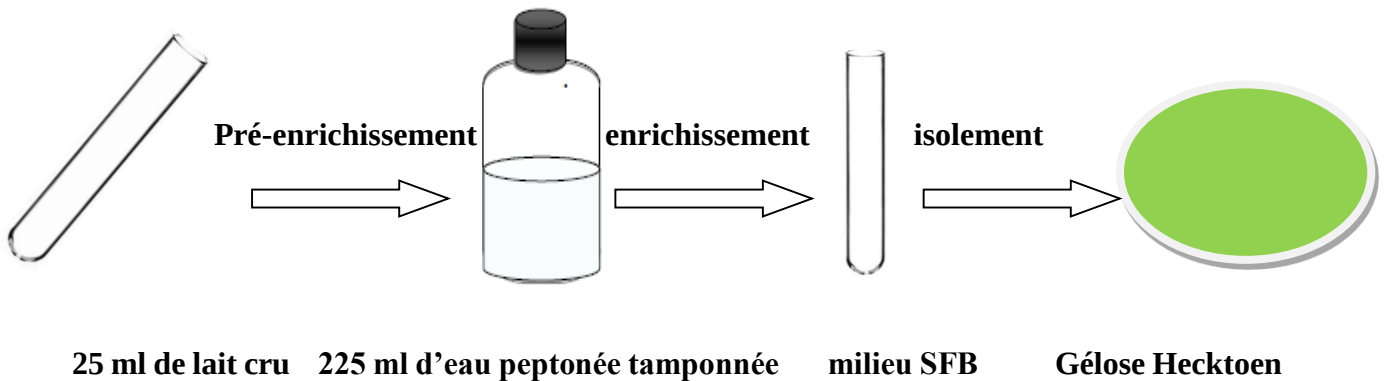


Figure 13 : Technique de recherche des salmonelles dans le lait de vache

16.7 Recherche et Dénombrement des Entérobactéries

Les entérobactéries sont thermolabiles et représentent pour cette raison un important indicateur d'hygiène pour les aliments chauffés. Leur présence dans les aliments chauffés indique une ré-contamination (Ernst et al., 2009)

Mode opératoire

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1ml dans une boîte de pétri vide et stérile préparé à cet usage et numéroter. compléter ensuite avec environ 15ml de gélose **VRBG** (gélose gélosée biliée au cristal violet et au rouge neutre) fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient en forme de 8 pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur paillasse. Les boîtes seront incubées à 37° C pendant 24h

Lecture

Après l'incubation, des colonies apparaissent d'une couleur rouge de rouge neutre (la dégradation de glucose en acide)

Retenir les boîtes contenant un nombre des colonies compris entre 30 et 300

Les résultats sont exprimés en nombre de germe par ml ou g de produit selon la formule suivante :

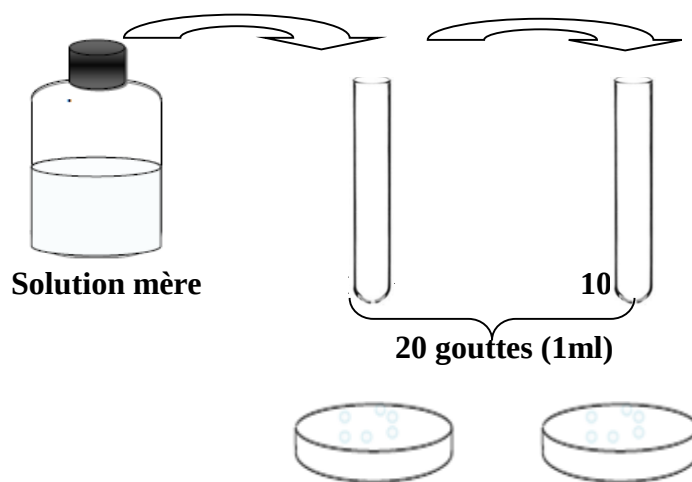
$$X=N.1/D.1/V$$

X : nombre de germe par ml ou g de produit.

N : nombre des colonies.

V : volume de l'inoculum.

D : facteur de dilution ou la dilution considérée



*ajouter 15 ml de VRBG.

*Laisser solidifier sur la paillasse.

*Incubation à 37°C pendant 24h.

Figure 14 : technique d'ensemencement en masse des entérobactéries

17 Recherche et dénombrement des germes dans le fromage EDAM

A l'aide d'une sonde métallique et couteau à lame pointue, préalablement stérilisé, on prélève en profondeur de la boule choisie au hasard 25 g de fromage edam qu'on introduit dans un sachet stérile avec un volume de 225ml d'eau physiologique selon la masse de fromage, Le tout est déposé sur l'agitateur pour permettre son homogénéisation. Après une bonne agitation on obtient la solution mère à partir de laquelle on prépare les autres dilutions

18 Résultats des analyses physico-chimiques du lait

18.1 Résultats des analyses physico-chimiques du lait

Les matières premières doivent faire l'objet d'une surveillance attentive, qui permet de refuser celles qui ne seraient pas dans un état satisfaisant. Par conséquent des analyses physicochimiques ont été effectués sur le lait cru collecté aux niveaux de 6 fermes, situées au environ de Boudouaou, ainsi que sur le mélange (lait cru et pasteurisé), matière première utilisée pour la fabrication de l'EDAM. Le lait de différents collecteurs est mélangé et stocké dans une seule cuve

Les résultats de ces analyses sont regroupés dans les tableaux 9 et 10 et la figure 15

Tableau 9: Analyses physico-chimiques de lait cru de chaque éleveur

Collecteurs	pH	Acidité	Densité (°D)	MG(g/l)	EST(g/l)	ESD(g/l)	T°C
Eleveur1	6,48	18	1028	34	115,42	81,42	09
Eleveur 2	6,62	16	1028	35	116,62	81,62	10
Eleveur 3	6,66	16	1028	30	111,52	81,52	09
Eleveur 4	6,64	16	1029	34	115,08	81,08	09
Eleveur 5	6,57	17	1030	32	113,35	81,35	07
Eleveur 6	6,60	16	1028	34	115,42	81,42	
Norme AFNOR (1999)	6,5-6,6	16-18	1030-1033	36-40	120-130	86-90	09

Le tableau N°9 nous révèle que l'EST et la matière grasse des laits crus des différents éleveurs sont inférieurs à la norme AFNOR (1999), La teneur moyenne en matière sèche dans le lait dépend de l'alimentation de l'animal, la saison de la traite et l'état de santé de l'animal, Les variabilités sont liées au climat, au stade de lactation, à la disponibilité alimentaire, à l'apport hydrique et aux conditions de la traite

Tableau 10 : Résultats des analyses physicochimiques du mélange des laits crus et pasteurisés

Paramètres à analyser	pH	Densité	Acidité titrable (D°)	MG (g/l)	EST (g/l)	ESD (g/l)	G/S	Cendres %	Antibiotiques
Le mélange des laits crus	6,59	1028,5	16,5	33,16	115,9	82,74	28,61	0,19	Abs
Lait après pasteurisation	6,58	1028	17	32	113,02	81,02	28,31		-
Normes LFB lait cru	6,5-6,6	1030- 1033	15-18	34	110- 130	86-90	-	----	Abs
Normes AFNOR (1999) lait après pasteurisation	6,4-6,6	1038- 1042	19-21	36±1	146±1	Min 110	-	-----	-

18.2 Les antibiotiques

Les résultats de leur détection montrent l'absence des substances antibactériennes dans le lait cru. Ceci confirme la bonne santé des vaches des différentes fermes qui fournissent le lait à l'unité L,F,B

Weber (1992) ; Bergere et Lenoir (1997) ont rapporté que la présence de résidus d'antibiotiques utilisés pour traiter les mammites est l'une des causes fréquentes de perturbations de la fermentation lactique. Cette présence se traduit par le ralentissement, voire l'absence de l'acidification qui provoque des défauts de coagulation, d'égouttage, d'aromatisation, d'affinage, et qui aura pour conséquence l'obtention d'une pâte restant trop humide ; les activités microbiennes et enzymatiques risquent alors d'être excessives et une protéolyse trop marquée pourra se traduire par une pâte coulante plus au moins affaissée et par l'apparition de goûts anormaux, notamment d'amertume. Un développement de flore indésirable est également à craindre. L'un des risques majeurs en cas de retard d'acidification est la prolifération anormale de bactéries coliformes qui peuvent intervenir très tôt, au cours même de l'égouttage, avec les défauts de textures et de saveurs

La consommation de lait contenant des antibiotiques est un danger potentiel pour la santé, entraîne une diminution de l'immunité naturelle, ainsi l'apparition de bactéries mutantes résistantes engendrant des échecs thérapeutiques

18.3 pH et acidité

Le pH est un paramètre physicochimique très important dans l'industrie laitière, il détermine l'acceptation ou non du lait au niveau de l'unité. Un pH acide nous renseigne sur le non-respect de la chaîne du froid à la ferme ou durant le transport du lait à l'usine

L'acidité est le deuxième paramètre physicochimique important à contrôler après le pH, elle nous renseigne sur la fraîcheur du lait, Selon Amiot et al,(2002), l'acidité naturelle du lait est attribuable à la présence de caséines, de substances minérales et de traces d'acides organiques

Les résultats obtenus montrent que le lait avant pasteurisation présente un pH et une acidité conformes aux normes AFNOR (1999) dont le pH se situe entre 6,5-6,6 et l'acidité entre 16-18°D, et qu'il n'y a pas d'influence du traitement thermique sur le pH et l'acidité du lait

18.4 La matière grasse,

Selon les normes AFNOR (1999), la teneur en matière grasse pour le lait cru est fixée entre (36 et 40 g /l). Les résultats obtenus (tableaux 9 et 10) révèlent des teneurs inférieures à la norme avec des valeurs allant de 30 g/l (éleveur 3) à 35 g/l (éleveur 2). Cela pourrait être expliqué par :

- La nature de l'alimentation des vaches : selon la FAO (1972), les vaches nourries avec des rations fortement énergétiques mais pauvres en foin, la teneur en matière grasse dans leur lait diminue
- Le lait est plus riche en matière grasse quand le climat est froid (Mahaut et al., 2003)
- Stade de lactation : la teneur en matière grasse laitière diminue pendant les premières semaines qui suivent le vêlage (Mathieu, 1998)

La teneur en matière grasse est passée de 33,16 pour le mélange de lait cru à 32 g/l pour le lait pasteurisé (tableau 10 et figure 15). On constate, donc, une légère diminution qui est directement liée au chauffage. D'après Renner (1986), la pasteurisation peut influencer sur la membrane du globule gras, conduisant à la libération de la matière grasse la rendant accessible aux lipases. Le taux en matière grasse, du lait utilisé dans la fabrication du lait au niveau de LFB, est de 32g/

18.5 La densité

Pour une même espèce, la densité n'est pas constante. Elle dépend de la richesse du lait en éléments dissous et en suspension ainsi que de la teneur en matière grasse. D'après les résultats (tableau 10 et figure 15), on constate que la densité du lait utilisé pour la fabrication du fromage est égale à 1028,5, elle est inférieure aux normes AFNOR 1999 (1030-1033). Cette valeur est proportionnelle à la teneur en matière sèche. La densité dépend de la teneur en matière sèche et en matière grasse en effet selon Amiot et al., (2002), un produit laitier contenant un pourcentage élevé en matière grasse sa densité sera basse, inversement plus la teneur en solides non gras (SNG) est élevée, plus sa densité sera élevée

Après pasteurisation du lait, le tableau 10 et la figure 12 nous révèlent une légère diminution de la densité qui est passé de 1028,5 à 1028 qui est dû à l'effet de chauffage sur les constituants thermolabiles du lait notamment les vitamines

18.6 L'extrait sec total

Le mélange des laits crus utilisés pour la fabrication du fromage à une teneur moyenne en EST de 113,9g/l (tableau 10), cette valeur est largement inférieure à la norme AFNOR (1999) qui est de 146g/l. Ceci va influencer le rendement fromager. Les résultats de l'extrait sec total et de l'extrait sec dégraissé du lait cru sont respectivement de 115,9g/l et 82,74 g/l et ceux enregistrés pour le lait après pasteurisation sont de 113,02 g/l et 81,02 g/l, cette légère baisse peut être expliquée par la faible diminution du taux de la matière grasse

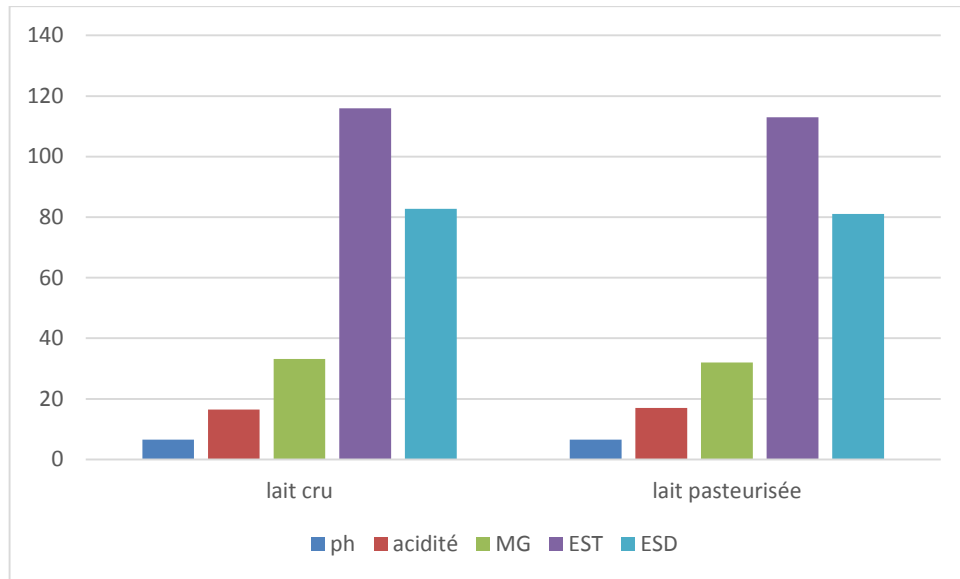


Figure 15: Caractérisation physico chimiques du lait avant et après pasteurisation, Conclusion

Les résultats concernant le pH et l'acidité du lait pasteurisé, utilisé comme matière première dans la fabrication du fromage type EDAM au niveau de LFB, sont conformes au norme AFNOR (1999) par contre les résultats de l'EST et de la matière grasse sont inférieures à la norme AFNOR (1999). Ces deux derniers paramètres sont très importants dans la technologie fromagère. En effet la teneur en EST et celle de la matière grasse conditionnent respectivement, le rendement ainsi que la saveur du fromage

19 Résultats des analyses physicochimiques du fromage

Les analyses physico chimiques ont été réalisées sur des échantillons prélevés sur le fromage en bactebel, le fromage pressé, le fromage après saumurage, le fromage après 14 jours d'affinage et sur le fromage après 21 jours d'affinage

Les résultats des différentes analyses sont regroupés dans le tableau 11 et figures 16, 17 et 18,19

Tableau 11: Résultats des analyses physicochimique du fromage EDAM au cours de sa fabrication

Etapes de fabrication	Fromage en cuve de coagulation	Fromage en bactebel	Fromage pressé	Après saumurage	Après 14 jours d'affinage	Après 21 jours d'affinage	NORM AFNOR 1999(*)
Paramètre							
pH	6.25	6,12	5,4	5,35	5,42	5,45	5,2-5,5
MG (%)	20	20	21	21	20	19	20-22
EST (%)	113	48,34	49,61	50,55	51,6	51,6	50
G/S (%)	-----	41,37	42,33	41,54	38,88	36,21	-
Cendres %	-----	-----	-----	-----	-----	4,47	-----

(*) Norme AFNOR après 21 jours d'affinage

19.1 pH

Le tableau 11 et la figure 16 nous montrent que le pH diminue progressivement au cours de la fabrication, il est de 6,58 sur le lait pasteurisé, après l'ajout des ferments lactiques, il passe à 6,25 (valeur optimale de l'activité de la présure). D'après Choisy et *al.*, (1987) la coagulation du lait par action de la présure est favorisée par un abaissement du pH. Puis le pH diminue pour atteindre une valeur 5,35 après le saumurage. Cette diminution est due aux bactéries lactiques qui acidifient le lait puis le caillé, ce qui déminéralise celui-ci et facilite son égouttage. Au cours de l'égouttage, une partie de l'agent coagulant est évacuée avec le lactosérum, l'autre partie reste prisonnière dans le caillé et participe à l'affinage de ce dernier, (Weber 1992). L'allure de la courbe d'évolution du pH met en évidence une légère augmentation du pH au cours de l'affinage pour atteindre une valeur de 5,45 après 21 jours d'affinage. Selon Ramet, (2006) dans le cas des fromages à pâte pressée non cuite, la désacidification est réalisée par le calcium résiduel resté dans la pâte à la suite d'une faible déminéralisation au cours de la coagulation et d'égouttage

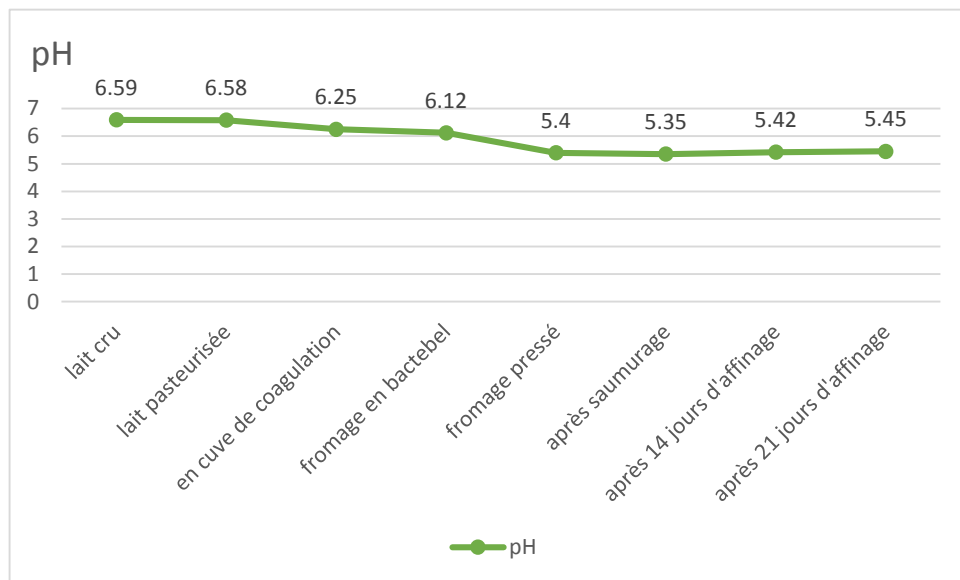


Figure 16 : Evolution du pH au cours de la fabrication du fromage

19.2 Matière grasse et extrait sec total

Les figures 17 et 18 montrent l'évolution de l'extrait sec total et de la matière grasse au Cours de la fabrication de l'EDAM

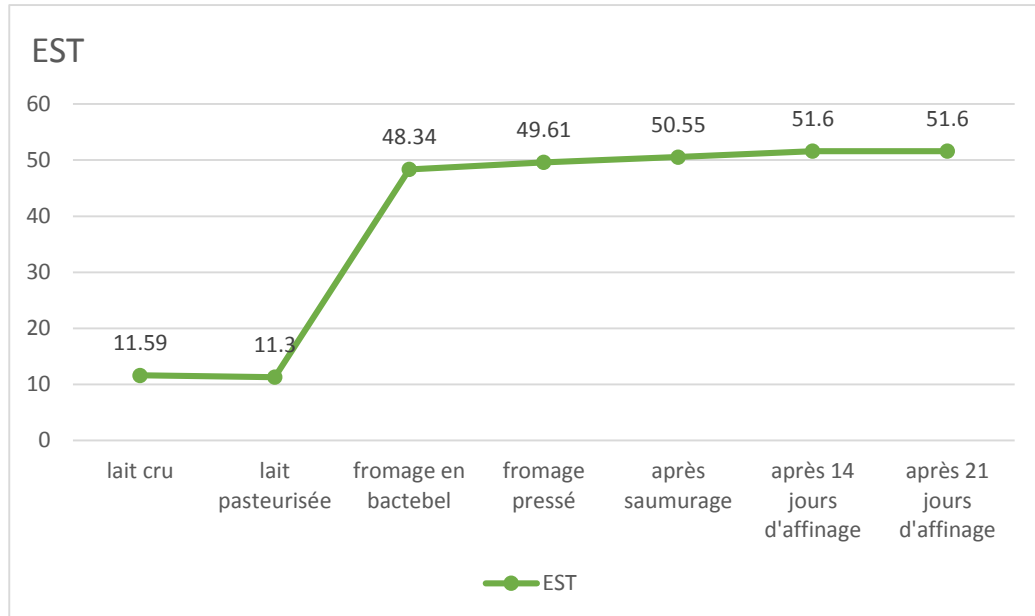


Figure 17: Evolution de l'extrait sec total au cours de la fabrication du fromage

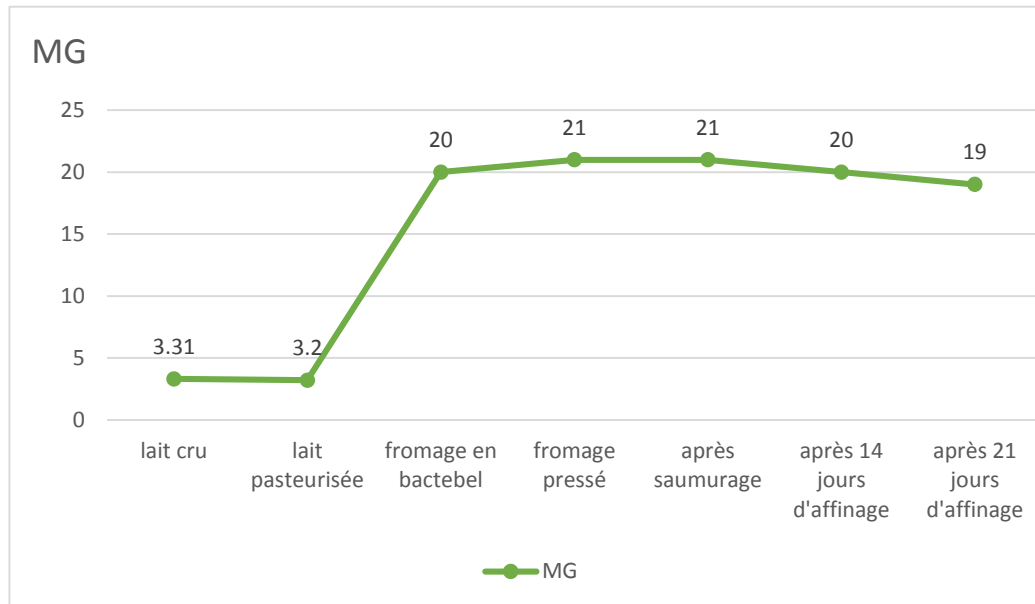


Figure 18 : Evolution de la MG au cours de la fabrication du fromage

La figure 17 montre une augmentation de l'EST et la figure 18 montre une augmentation puis une légère diminution de la matière grasse. Ces résultats peuvent être expliqués par l'effet de l'égouttage, Selon Hardy (2006) le salage complète l'égouttage du fromage en favorisant le drainage de la phase libre de la pâte ce qui explique la légère augmentation de l'EST (50,55%) après saumurage

On remarque une augmentation de l'EST dans le fromage après 14 et 21 jours d'affinage, dépassant légèrement les normes, ceci peut être dû soit au dépassement de la durée de pressage soit dépassement de la durée de l'affinage,

La faible baisse du taux de matière grasse au cours de l'affinage, illustrée dans la figure 18 et tableau 11, est due probablement aux réactions de lipolyse que subit la matière grasse du fromage

19.3 L'évolution du rapport gras/sec

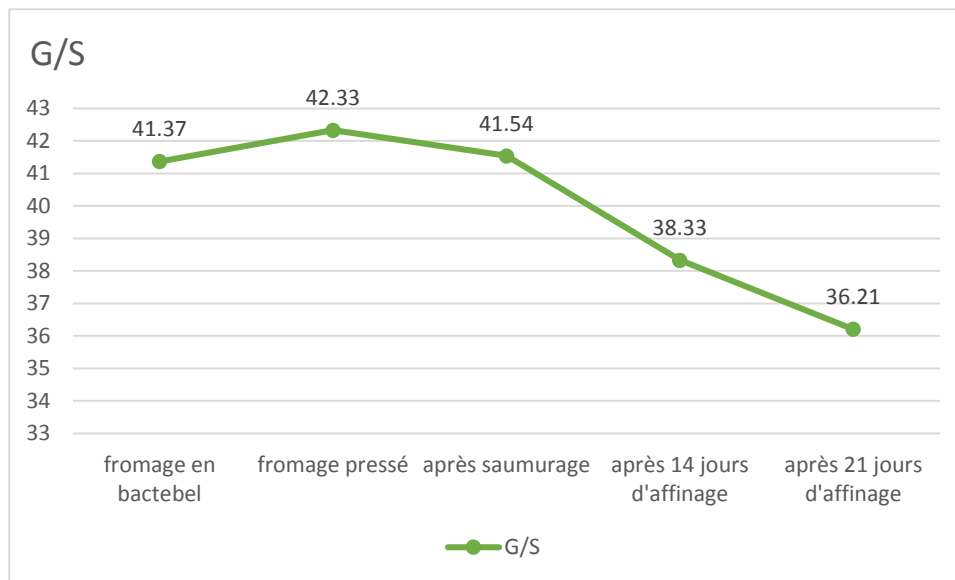


Figure 19: Evolution du rapport Gras/Sec au cours de la fabrication du fromage,

La figure 19 et le tableau 11 nous montrent une diminution du rapport gras/ sec au cours d'une part, des étapes de pressage et saumurage ceci est expliqué par l'augmentation de l'EST causé par l'élimination du lactosérum, Et d'autre par de l'étape d'affinage suite à la diminution de la matière grasse causée par le phénomène de lipolyse

20 Résultats des analyses physicochimiques des lactosérums I et II

Les résultats des analyses physicochimiques des lactosérums I et II sont illustrés dans le tableau 12

Tableau 12 : Résultats des analyses physicochimiques des lactosérums I et II

Paramètres à analyser	pH	Acidité	EST (g/l)	MG (g/l)
Lactosérum I	6,47	12	58,5	04
Normes LFB	6,5-6,6	10-12	---	2-8
Lactosérum II	6,53	7	35,8	01
Normes LFB	6,8-6,9	6-8	----	0-2

Le lactosérum obtenu, lors de la fabrication de L'EDAM, est doux avec une acidité de 12°D et un pH de 6,47. C'est le résultat d'un caillage à la présure

Le lactosérum I est soutiré après l'opération de tranchage (décaillage) du caillé suivi du premier brassage, il est caractérisé par sa richesse en EST qui est de 58,5g/l et représente ainsi plus que la moitié de l'EST du lait mis en œuvre pour la fabrication du fromage et qui est de 113g/l, Il est riche en matière grasse 4g/l

Le lactosérum II est soutiré après l'étape de délactosage (lavage) suivi du deuxième brassage. Il est moins riche en EST et en matière suite à l'opération de lavage (dilution)

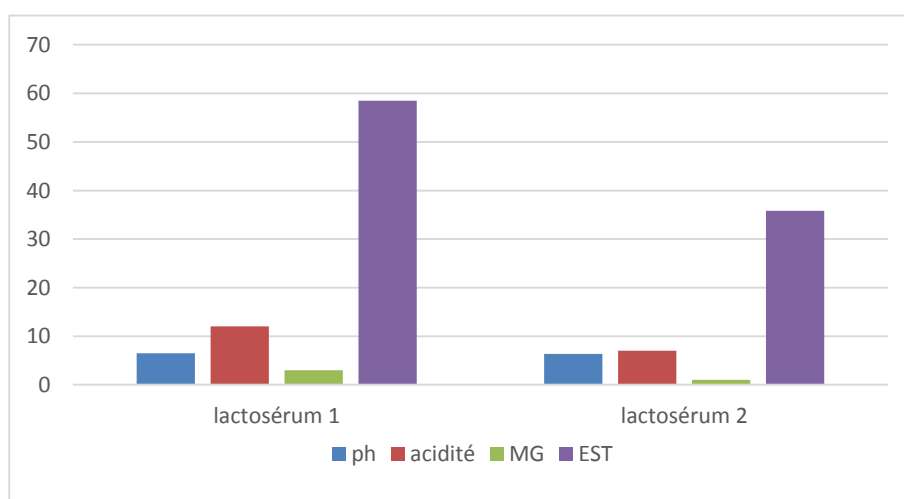


Figure 20: Caractérisation physicochimiques des lactosérums I et II

21 Résultats des analyses microbiologiques

Les normes utilisées dans notre étude dans le but d'apprécier la qualité microbiologique du lait cru, du fromage au cours de fabrication ainsi que le produit fini sont celles (J,O,R,A, 2017),

21.1 Les analyses microbiologies de lait cru

Les résultats des analyses microbiologiques de lait analysé exprimé en UFC/ml sont présentés, dans le tableau N°13. Ils représentent la charge en différentes microflore recherchées dans les laits crus analysés

Tableau 13: les résultats des analyses microbiologies du mélange de lait cru

Dilutions	SM	10⁻¹	10⁻²	10⁻³	10⁻⁴	10⁻⁵	NORMES J,O,R,A, 2017
Germes							
FTAM	Ind	Ind	Ind	30<N<300	<30	<30	Max 3,10 ⁶
Coliformes fécaux	0	0	0	0	0	0	Max 5,10 ³
Salmonelles	Abs	/	/	/	/	/	Abs dans 25 ml
Staphylocoque doré	8	/	/	/	/	/	Max 10 ³

D'après le tableau N°13 monter que :

Flore totale mésophile aérobie à 30°C

Le dénombrement de la FTAM reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel et permet d'en suivre l'évaluation, le nombre des germes totaux pourra donner une indication de l'état de fraîcheur ou de décomposition (altération) du produit (Guiraud et Rosec, 2004)

D'après les résultats obtenus dans le tableau n°13 nous remarquons que pour la solution mère et les dilutions 10⁻¹ et 10⁻² les colonies sont indénombrables et les dilutions 10⁻⁴ et 10⁻⁵ sont inférieures à 30, Donc on prend en considération la boîte 10⁻³ on calcule :

$$X = N \cdot 1/d \cdot 1/V$$

$$N = 33 \text{ colonies}$$

$$d = 10^{-3}$$

$$V = 1 \text{ ml}$$

$$N = 33 \cdot 10^3 \text{ UFC/ml} \quad \longrightarrow \quad N = 3,3 \cdot 10^4 \text{ UFC/ml}$$

Les germes aérobies sont présence avec de valeur $3,3 \cdot 10^4$ UFC/ml, mais d'une charge qui ne dépasse pas la norme

Une charge microbienne nettement inférieure aux normes peut s'expliquer par les bonnes pratiques d'hygiène lors de la manipulation, ainsi que les bonnes conditions hygiéniques de production (Jeantet et *al.*, 2008)

Coliformes fécaux

La recherche des coliformes a montré leur absence dans le mélange du lait analysé. D'après Guiraud (2003) et Leary (2004), l'absence totale de coliformes indique l'action primordiale exercée par les traitements thermiques subits par les produits analysés d'une part et l'efficacité des opérations de nettoyage appliquées par le NEP (Nettoyage En Place) d'autre part

Staphylocoque doré

On observe la présence de *Staphylocoque doré* mais avec une valeur qui inférieure à la norme Selon Thieulon (2005), l'origine de contamination est : les mamelles, les machines de traite, sol, l'herbe et l'Homme

Le nettoyage incomplet de la machine à traire permet la survie des agents pathogènes dans les gobelets trayeurs qui contamineraient le trayon en début de traite, La recherche et le dénombrement des *Staphylocoque doré* sont en rapport avec l'état de santé des vaches et les conditions hygiéniques de la traite, Bouaziz (2005)

Salmonelles

Les résultats des analyses de la recherche de *Salmonella* indiquent leur absence totale dans le lait analysé qui est conforme à la norme algérienne (J,O,R,A 2017)

On peut expliquer ce résultat par :

- La traite du lait est faite dans de bonnes conditions hygiéniques
- Une bonne conservation au cours du transport

D'après les résultats des analyses microbiologiques du lait cru on remarque l'absence totale de (*salmonella*, et coliformes fécaux et une faible présence de *staphylococcus aureus* une présence des FTAM avec une valeur de $3,3.10^4$ donc notre produit est acceptable et il est classé de bonne qualité microbiologique

21.2 Les résultats d'analyses microbiologies de lait après pasteurisation

Les résultats des analyses microbiologiques du lait cru après pasteurisation sont représentés dans le tableau N°14

Tableau 14 : Les résultats microbiologie de lait cru après pasteurisation

Dilution Germe	10 ⁻¹	10 ⁻²	Normes J,O,R,A(2017)
FTAM à 30°C	N <30	0	Max 10 ⁵
Entérobactérie	0	0	10
Salmonelle	Abs	Abs	Abs 25 ml

Nous remarquons du vu de ces résultats l'absence totale de salmonelle, entérobactérie et diminution de la charge de la FTAM, ces résultats sont conformes aux normes établies par le J,O,R,A 2017.

Bien que la pasteurisation ait pour but de détruire les bactéries pathogènes et de diminuer la flore nuisible dans lait, elle sera d'autant plus efficace lorsque la charge initiale du lait est faible (Vignola, 2002)

21.3 Les analyses microbiologiques de fromage à pâte pressé non cuite Edam après l'affinage

Les résultats de l'analyse microbiologiques du fromage après l'affinage sont mentionnés dans le tableau N°15

Tableau 15: les résultats de l'analyse microbiologiques de fromage Edam après l'affinage

Type des germes	Fromage Edam après d'affinage	Normes J,O,R,A (2017)
<i>Salmonella</i>	Abs	Absence dans 25 g
<i>Staphylocoque doré</i>	0	Max 10 ⁴

Le tableau ci-dessus nous révèle que ce produit est dans un état convenable, de solubrité, ainsi **pour le *Staphylocoque doré*** :

L'absence totale de ces germes dans l'Edam est la conséquence de l'utilisation de matières premières de qualité microbiologique satisfaisante et peut s'expliquer par le bon respect des règles d'hygiène générale durant les opérations de préparation du fromage

Pour les Salmonelles

L'absence totale dans l'Edam répond aux normes, ce qui indique que notre Edam est de bonne qualité microbiologique, hygiénique et que les conditions au niveau de la chaîne de fabrication sont très bonnes. Les résultats précédents confirment :

- ❖ La bonne qualité microbiologique et hygiénique de lait utilisé dans la fabrication du l'Edam ;
- ❖ Le traitement thermique efficace ;
- ❖ La technologie rigoureuse de la préparation

Nous pouvons avancer que le produit EDAM de «boudouaou » analysé ne présente aucun risque pour la santé du consommateur car il ne contient aucune bactérie pathogène responsable d'intoxication, ces résultats indiquent que les échantillons de l'Edam «boudouaou » sont de très bonne qualité du point de vue microbiologique

Conclusion générale

Le stage que nous avons effectué à la laiterie fromagerie de Boudouaou nous a permis de suivre de près le processus de fabrication industrielle du fromage à pâte pressée non cuite type " Edam" et d'apprécier la démarche du personnel pour l'évaluation de la qualité Physicochimique et microbiologique de ce produit

Dans ce cadre, nous avons pu identifier les différents facteurs susceptibles d'influencer sur la qualité finale du fromage fabriqué. Ces facteurs sont essentiellement liés à la qualité de la matière première de même aux procédés technologiques et les conditions d'élaboration du produit

Pour réaliser ce travail nous avons fait une étude sur le processus de fabrication du fromage et sur les matières premières utilisées. Notre travail est basé sur le suivi de 3 analyses qui a porté sur :

- L'analyse physico- chimique et microbiologique des matières premières, servant à l'élaboration du fromage,
- L'analyse physico- chimique des échantillons prélevés au niveau des différentes étapes de fabrication ainsi que sur le lactosérum
- Analyse microbiologique et physico-chimique, du produit fini

D'après les résultats des analyses physicochimiques obtenus, nous notons que le pH, l'acidité du lait cru et du lait pasteurisé sont conformes aux normes, Tandis que les teneurs en matière grasse et EST obtenus sont inférieures aux normes et ceci peut avoir une influence sur le goût par manque d'onctuosité du produit fini ainsi que sur le rendement fromager

Concernant le produit fini, les résultats montrent une teneur élevée en extrait sec total et qui est légèrement supérieur aux normes, Tandis que les teneurs obtenues pour la matière grasse sont inférieures aux normes

De point de vue microbiologique les résultats révèlent :

- Les germes aérobies sont présents avec une charge qui ne dépasse pas la norme.
- Une élimination de la charge microbienne dans le lait pasteurisé dû à l'efficacité du traitement thermique appliqué au lait cru,
- Une qualité satisfaisante du produit fini

Une qualité non satisfaisante du fromage Edam peut être causée par l'apparition de défauts liés à l'aspect, à la texture et au goût

Dans le but d'éliminer ou atténuer ces défauts en cas de leurs apparitions, nous suggérons :

- Un contrôle rigoureux de la qualité microbiologique du lait cru avant son utilisation
- Procéder à une standardisation en matière grasse
- Equiper les locaux par un système de filtration d'air efficace notamment dans les hâloirs,
- Maitriser les techniques de fabrication
- La formation et la sensibilisation permanente du personnel dans le but de respecter les règles d'hygiène
- L'installation d'un matériel de contrôle d'humidité dans les caves d'affinage
- Une réalisation permanente des soins de croûtes et des retournements des boules durant l'affinage
- Le respect du temps nécessaire du pressage
- Le nettoyage et la désinfection du matériel et les locaux de fabrication
- Les produits finis doivent être conservés à basse température

,

(A)

- Amiot J,, Fournier S,, Lebeuf Y,, Paquin P,, Simpson R, & Turgeon H, (2002),** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique du lait – Transformation du lait, Ecole polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29 (600 pages),
- AFNOR, 1999,** Lait et produits laitiers, Volume I ; 5^{ème} édition, Paris, Pp, 117-341,
- Alais C, et Linden G,, 1997** Biochimie alimentaire, Edition Masson,
- Amiot J,, Fournier S,, Lebeuf y,, Paquin, P,, Simpson R et Turgeon, H,(2002),** Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait In VIGNOLA C,L, Science et technologie du lait,
- Anonyme 01, (1994),** Le caillé du curieux «Spécial fromage de Hollande», Le crémier fromager, pp 39,
- Anonyme,, 2001,** Les produits laitiers, intérêts technologiques et nutritionnels, 4^{ème} conférences européennes d'arilait recherche,

(B,)

- Bergere J,L,, Lenoir J, (1997),** Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages in : le fromage, Ed : 3, Paris, Techniques et Documentation- Lavoisier, P, 509-541,
- Blanc B, (1982),** Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale, International dairy journal, 62, pp : 350-395,
- Brunner J, (1981),** Cow milk proteins: twenty five years of progress, J dairy Sci, 1981, 64: 1038-1054, In Peugeot S,, Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 31(102 pages),
- Bouaziz O (2005)** Contribution à l'étude des infections intra-mammaires de la vache laitière dans l'Est algérien, Thèse Doct., Université Mentouri, faculté des Sciences, Constantine, Algérie, 235 p,

(C)

- Cheftel J,C,, Cheftel H, (1977),** Introduction à la biochimie et à la technologie alimentaire, Tec & Doc, Lavoisier, Paris,
- Choisy C,, Desmazeaud M,, Gripen J,C,, Lamperc G,, Lenoir J, & Tourneur C, (1987),** Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques et la biochimie de l'affinage in : Le fromage, Ed : 2, Paris, Techniques et documentation- Lavoisier, p, 62-99

(D)

- Derby, (2001),** Lait, nutrition et santé, Ed : Tec et doc, Lavoisier, Paris,

(E)

- ECK A,, 1997, -** Qu'est-ce-que le fromage ? In : ECK, A, et **GILLIS, J,C, -** Le fromage 3^e éd, Paris : Technique et documentation Lavoisier, 1997, Chap, 21, 711-712,

(F)

- Fredot E, (2005),** Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier : 10-14 (397 pages),

(G)

- Gerard , 2001** Lait nutrition et santé, technique et documentation, Lavoisier, p, p, 06-20,
Goursoud,J,1985, Lait et produits laitiers de vache Edition : Tec et Doc, Apria,Paris,
Guiraud J,P, (1998), La microbiologie alimentaire, Ed, DUNOD, Paris, p 652,
Guiraud J,P, (1998), Microbiologie alimentaire- Technique de laboratoire, Londres, Lavoisier New York, 704 p,
GUIRAUD, J,P, (2003) Microbiologie alimentaire, Edition Dunod, Paris,,652p
GUIRAUD J,, ROSEC J, (AFNOR 1999), Pratique des normes en microbiologie alimentaire, 50,

(H)

- Hardy J, (2006)**, L'activité de l'eau et le salage des fromages, In « le fromage », Par ECK A, et Gillis G-C, Ed,3, Technique et Documentation, Lavoisier, Paris,

(J)

- Jeantet R,, Croguennect T,, Schuck P, & Brule G, (2007)**,Science des aliments,
Jeantet R,, Croguennec T,, Mahaut M,, Schuck P, & Brule G, (2008),Les produits laitiers, 2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-1417 (185 pages),
JOURNALE OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE, (2017) Critère microbiologique applicables aux denrées alimentaire ,N°39,02/07/2017,produits laitiers, 2^{ème} édition, Tec et Doc, Lavoisier : 1-3-13-1417 (185 pages),

(L)

- Lamontagne M, Champagne C-P,, Reitz-Ausseau J,, Moineau S,, Gardner N,, Lamoureux M,, Jean J,& Fliss I, (2002)**, Microbiologie du lait, In « science et technologie du lait : transformation du lait », Ed, Presse internationale polytechnique, p,75146,
Larpent, 1997 microbiologie alimentaire : technique de laboratoire, le fromage 3^{ème} Ed, Tec & Doc, Lavoisier, paris, p, p, 322-323-324,
LEARY, M,J,Manuel (2004) de transformation du lait, Chapitre 13,249p,
Luquet F,M, (1990), Lait et produits laitiers, transformation et technologie Ed, Technique et Documentation Lavoisier, Tome 2,633p,

- Luquet F,M, (1985)**, Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre, Tomes I et II, Ed, Tech et Doc, Lavoisier,

- Luquet F,M, (1990)**, Laits et produits laitiers, Vache, Brebis, Chèvre, Technique et Documentation,Lavoisier, p 183,

(M)

- Mac Sweeney P,L,H,, Sousa M,J, (2000)**, Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during ripening: A review, Lait, pp 80,293,324,
Mahaut M,, Jeantet R, & Brulé G, (2003), Initiation à la Technologie Fromagère, Tec et Doc Lavoisier, France,
Mahaut M,, Jeantet R,, Schak P, et Brule G, (2000), Les produits industriels laitiers, Ed, : Technique et Documentation, Lavoisier, Paris, p 26, 40, 180,

Références bibliographiques

Mathieu B J, (1999) Initiation à la physicochimie du lait, Tec et Doc, Lavoisier, Paris: 3-190 (220 pages),

Mathieu J,(1998),Initiation à la physicochimie du lait, Guides technologiques des IAA, Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris, pp,5-99,

Mescle J,F, et Zucca J, (1988), Comportement des micro-organismes en milieu alimentaire in : microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire, Paris, Techniques et Documentation-Lavoisier, p,17-31,

(P)

Petransxiene D,, Lapied L, (1981), Qualité bactériologique du lait et des produits laitiers : analyses et tests, Ed,2, Paris, Lavoisier, 219 p,

POINTURIER, H, ADDA, J, Beurrerie industrielle, La Maison Rustique, Paris, 1969,

Pougheon ,S,Couraud,J,2001, Lait, caractéristiques physico-chimiques dans : Lait nutrition et santé,

Pougheon S, (2001), Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, Ecole Nationale Vétérinaire Toulouse, France : 34 (102 pages),

(S)

Stéphane duprè (1979) : valeur nutritionnelle, Edition S,A,E,P

Serre M, (2002), L'Edam- Les saveurs du monde, Mascom, Paris, 2002,

Spinnler H,E,, Guichard E,, Gripon J,C,1997, La flaveur des fromages in: le fromage, Ed, : 3 : Microbiologie alimentaire : aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité alimentaire, Paris, technique et Documentation- Lavoisier, P,493-505,

St-Gelais et Tinard-Collet, 2006 ; génie des procédé appliqué à l'industrie litière, 2eme Ed, Lavoisier, Paris, p, p, 349-350,

St-Gelias et al,, 2002 Fromage, In science et technologie du lait, Ed, presses internationales polytechnique, canada p, p, 357-387-389-391-395-515,

(T)

THIEULON, M, (2005)Lait pathogènes staphylocoques, Revue de la chambre d'agriculture du Cantal,,

Tourneur C, (1987), Les phénomènes microbiologiques et enzymatiques et la biochimie de l'affinage in : Le fromage, Ed : 2, Paris, Techniques et documentation- Lavoisier, p,62-99,

Tremolieres,J,Serville,Y,Jacquot,R, Dupin,A,1980, Les aliments dans : Manuel d'alimentation humaine, Edition : E,S,F,

Thieulon M, (2005), Recherche des staphylocoques pathogènes dans le lait et les produits laitiers, Revu de la chambre d'agriculture du Cantal, 1-4,

(R)

Ramet J,P ,, ECK A,, Gillis J-C,, 1997, Le fromage 3eme ED, Tec et Doc, Lavoisier , paris P,P 165-166

(V)

Veisseyre, (1979), Technologie du lait, 3 ème edition, La maison rustique, Paris, 713 p,

Vierling E,(2008), Aliments et boissons filières et produits, 3ème édition Biosciences et techniques, Paris, pp :15-16,

Références bibliographiques

Vignola C, (2002), Science et technologie du lait : Transformation du lait, Ed, Presse Internationale polytechnique, Ecole polytechnique de Montréal, pp 3-284,

Vierling E,, 1999, Aliment et boissons : filières et produits, Paris Dion

(W)

Walstra P,, Noomen A ,, geurtsT ,J(1987), Dutch-type varieties, In: cheese, edition London ,

Weber, (1992), Les germes responsables d'altération : les germes utiles susceptibles d'être à l'origine d'altération, in : les groupes microbiens d'intérêt laitier, Paris, CEPIL, p,371-394,

Résumé

Le fromage type Edam est un fromage à pâte pressé non cuite, d'une valeur nutritionnelle appréciable, obtenu à partir d'un lait pasteurisé coagulé par l'action de la présure, pressé, puis saumuré et laissé à l'affinage pendant 21 jours,

Nous avons suivi la technologie de fabrication de ce fromage à l'échelle industrielle au niveau de la laiterie fromagerie de Boudouaou, Des analyses physicochimiques et microbiologiques ont été effectuées dans le but de mettre en évidence quelques défauts et accidents de fabrication rencontrés dans le fromage type "Edam",

Les résultats physicochimique obtenus ont révélé que les teneurs en EST et en matière grasse du lait cru utilisé sont inférieurs à la norme,

Concernant le produit fini, les résultats obtenus révèlent une qualité satisfaisante,

ملخص

الجبن من نوع إيدام هو جبن بعجينة مضغوطة غير مطهية ، ذو قيمة غذائية عالية مصنوعة اعتمادا على الحليب ، المبستر المخثر بواسطة المنفحة ، ثم ينقع في محلول الملح ثم يترك لينضج لمدة قدرها 21 يوم

في هذا البحث قمنا بمراقبة تكنولوجية انتاج الجبن المستعملة في ملبنة بودواو حيث قمنا بعمل التحليلات الفيزيائية والكيميائية والبيولوجية اللازمة لإنتاج جبن إيدام حيث تم إلقاء الضوء على بعض العيوب وحوادث التصنيع ايضا التي تصادف في صناعة نوع الجبن "إيدام"

الدراسة الفيزيائية والكيميائية بينت ان الحليب المستعمل يتوافق مع المعايير المطلوبة مع ذلك يوجد اختلاف في نسبة المادة الدهنية ومستخرج المواد الجافة التي تواجدت بقيمة أقل من المعايير المطلوبة فيما يخص المنتج النهائي فإن النتائج المتحصل عليها ذو جودة مرضية لا بأس بها،

Abstract

Edam cheese is a uncooked pressed cheese with a high nutritional value made with pasteurized milk, coagulated by the power of rennet and then soaked in the brine solution and then let in the cave in order to be matured

On this study we did control the technology of making the cheese in the cheese manufactory at Boudouaou, Physical chemistry, microbiological analysis was done to produce the Edam cheese, In addition, we tried to highlight on some defects and manufacturing accidents that could happen to the cheese,

Analyses shows that used milk in the production is conform to the necessary norms except the fat content and total dry extract was slightly low ,

The final product is acceptable in terms of quality