

Université Abdelhamid IBN Badis
Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد ابن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة و الحياة

DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par :

FERRAOUN Mounia

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER EN SCIENCES ALIMENTAIRES

Spécialité: Production et transformation laitières

THÈME

*Comparaison entre une fabrication fromagère à
pâte molle « Camembert » de type traditionnel et
de type stabilisé*

Soutenu publiquement le /09/2020

Membres du jury

Président	Dr RECHIDI SIDHOUM.N	Maître de conférences	U. Mostaganem
Examineur	Dr TAHLAITI Hafida	Maître de conférences	U. Mostaganem
Encadreur	Mme HENNI Nassiba	Maître assistante A	U. Mostaganem

Travail réalisé au Laboratoire des Sciences et Techniques de Productions Animales

Année universitaire 2019-2020

Remerciements

Avant tout nous remercions "Allah" tout puissant qui nous adonné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail .Merci de nous avoir éclairé le chemin de la réussite.

Un grand merci à. Mme HENNI Nassiba .Spécialiste en microbiologie, qui m'a guidé par ses précieux conseils et suggestions pertinentes et m'a bien expliqué les étapes de ce travail et qui a accepté de m'encadrer .Veuillez trouver ici, l'expression de mon profond respect et mes sincères remerciements pour son aide et son soutien.

Je tiens également à remercier:

Dr RECHIDI SIDHOUM Nadra pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury et d'évaluer ce travail.

Et Dr TAHLAITI Hafida Pour l'honneur qu'elle me fait d'avoir acceptée d'examiner ce travail.

Je remercie ma famille pour leurs aides durant mes études et leurs soutiens.

Enfin je remercie tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce modeste travail, trouvent ainsi l'expression de mes profondes gratitude et respects

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à :

*Mes chers parents, qui m'ont beaucoup soutenu et
encouragé jusqu'au bout*

*Je souhaite que vous restiez toujours près de moi et que
DIEU vous protège et vous donne bonne santé*

Mes chers frères : Nabil, Mohamed

Mes très chères sœurs : Wassila, wafaa, malika

Ma nièce : Nivine

A toute ma grande famille.

A mes très chères amies : kamar , Yousra et Nesrine

A toutes mes collègues.

Résumé

Le lait est un produit très périssable et doit donc subir de nombreux traitements dans le but de prolonger sa durée de conservation, le fromage est l'une des formes les plus usuelles de le préserver, dont son étude est le point fondamental de notre travail et plus particulièrement le « camembert » qui est un fromage au lait cru de vache, à pâte molle légèrement salée, à croûte fleurie, et à caillé non divisé en forme de cylindre plat . Le but de ce travail est la comparaison entre une fabrication fromagère à pâte molle « camembert » de type traditionnel et de type stabilisé en variant l'utilisation des ferments lactiques et cela en testant les ferments mésophile et thermophile aussi à faire un contrôle physico-chimique de la matière première « lait cru de vache » et un contrôle de qualité physico-chimique, microbiologique, organoleptique et rhéologique de notre produit fini. Un fromage de bonne qualité hygiénique doit satisfaire à certains nombres de critère particulièrement en matière de normes et microbiologiques. Celles-ci ne peuvent être obtenues que par l'application des bonnes pratiques d'hygiène et les bonnes pratiques de fabrication à tous les stades de la vie du produit . Les caractéristiques sensorielles d'un fromage sont déterminées par la composition du lait (richesse en protéines et matière grasse) et les ferments utilisés.

L'utilisation des ferments pure dans la fabrication d'un fromage de type pâte molle stabilisée a permis l'obtention d'un meilleur rendement fromager avec un temps d'affinage optimisé et des qualités physico-chimique, microbiologique et sensorielle du produit fini comparativement au fromage à base d'un ferment industriel. L'utilisation des ferments « B » et « C » ont permis d'avoir un camembert de texture molle, lisse et légèrement acide. Ce produit a obtenu le meilleur classement lors des tests de dégustation. Ce dernier est de qualité meilleure par rapport au produit standard traditionnelle qui fermenter par le ferment « A »

Mots-clés : fromage Pâte molle ; Type traditionnel-stabilisé, Les ferments mésophile et thermophile, lait cru

ملخص

عتبر الحليب منتجًا شديد التلف ولذلك يجب أن يخضع للعديد من العلاجات لإطالة عمره الافتراضي ، فالجين هو أحد أكثر أشكال حفظه شيوعًا ، ودراسته هي النقطة الأساسية لعملائنا و على وجه الخصوص ، "كامميرت" وهي جينة مصنوعة من حليب البقر النقي ، مع عجينة الهدف من هذا العمل هو المقارنة بين إنتاج الجبن . ناعمة مملحة قليلاً ، مع قشرة مزهرة ، و خثارة غير مجزأة على شكل أسطوانة مسطحة الطري "كامميرت" من النوع التقليدي والنوع المستقر من خلال تغيير استخدام الخميرة اللبنية وذلك عن طريق اختبار الخميرة المحبة للحرارة والحرارة أيضًا لإجراء تحكم فيزيائي-كيميائي. المواد الخام "حليب البقر الخام" ومراقبة الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية والحسية والريولوجية لمنتجنا النهائي. يجب أن يفي الجبن ذو الجودة الصحية الجيدة بعدد معين من المعايير ، لا سيما من حيث المعايير و علم الأحياء الدقيقة. لا يمكن الحصول عليها إلا من خلال تطبيق الممارسات الصحية الجيدة وممارسات التصنيع الجيدة في جميع مراحل عمر المنتج.

يتم تحديد الخصائص الحسية للجبن من خلال تكوين الحليب (نسبة عالية من البروتين والدهون) والتخمير المستخدمة
سمح استخدام المخمرات النقية في تصنيع الجبن من نوع المعجون الطري المستقر بالحصول على محصول أفضل من الجبن مع وقت
نضج محسن وخصائص فيزيائية وكيميائية وميكروبيولوجية وحسية للمنتج النهائي نسبيًا. بالجبن المصنوع من خميرة صناعية
" إلى وجود كمبير طري ولس وحمضي قليلاً. حصل هذا المنتج على أفضل تصنيف أثناء اختبارات "C" و "B" أدى استخدام الخميرة "
التذوق. هذا الأخير ذو جودة أفضل مقارنة بالمنتج القياسي التقليدي الذي يتخمر مع التخمير "أ".

كلمات لمفتاحية: المقارنة، النوع التقليدي ، المستقر، الخميرة المتوسطة والمحببة للحرارة ، الحليب الخام /لينة

Abstract

Milk is a very perishable product and must therefore undergo many treatments in order to extend its shelf life, cheese is one of the most common forms of preserving it, its study of which is the fundamental point of our work and more particularly the "camembert" which is a cheese made from raw cow's milk, with a soft, slightly salted paste, with a bloomy rind, and with an undivided curd in the shape of a flat cylinder

The aim of this work is the comparison between a soft cheese production "Camembert" of the traditional type and of the stabilized type by varying the use of lactic ferments and this by testing the mesophilic and thermophilic ferments also to make a physico-chemical control. raw material "raw cow's milk" and a physico-chemical, microbiological, organoleptic and rheological quality control of our finished product.

Cheese of good hygienic quality must meet certain numbers of criteria, particularly in terms of standards and microbiology. These can only be obtained by applying good hygienic practices and good manufacturing practices at all stages of the product's life. The sensory characteristics of a cheese are determined by the composition of the milk (high in protein and fat) and the ferments used.

The use of pure ferments in the manufacture of a stabilized soft paste type cheese has allowed obtaining a better cheese yield with an optimized ripening time and physicochemical, microbiological and sensory qualities of the finished product comparatively. with cheese made from an industrial ferment

The use of "B" and "C" ferments resulted in a soft, smooth and slightly acidic Camembert. This product obtained the best classification during tasting tests. The latter is of better quality compared to the traditional standard product which ferments with the "A" ferment.

Key words: Camembert, Comparison/traditional, stabilized type, mesospheric and thermophilic ferments, raw milk, a soft cheese

SOMMAIRE

Liste des abréviations, sigles, acronymes et symboles	
Liste des tableaux	
Liste des figures	
Liste des annexes	
Introduction	11
Première partie : Revue de littérature	
Chapitre I :	
Généralités sur le lait	15
Chapitre II.	
Généralités sur le fromage	29
Deuxième partie :	
Recherche Expérimentale	63
Chapitre I :	
Matériel et méthodes	64
Chapitre II :	
Résultats et discussion	89
Conclusion	102
Annexes	105
Liste des Références	111
Table des matières	118

LISTE DES ABREVIATIONS, SIGLES, ACRONYMES ET SYMBOLES

CO₂ : Gaz carbonique

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène

Nacl : Chlorure de sodium

NaOH : Hydroxyde de sodium

MRS : Milieu Man Rogosa et Sharp

M17 : Milieu lactose d'isolement des lactocoques

H.R : Humidité relative

M.A.P : Matière azotée protéique

D.O : Densité optique

°D : Degré dornic

LISTE DES TABLEAUX

Tableau N°1 : Tableau de comparaison de composition du lait de vache, de chèvre et de brebis	16
Tableau N°2 : Composition moyenne comparée du lait et des fromages	30
Tableau N°3 : : Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait	40
Tableau N°4 : Les grandes transformations biochimiques au cours de l’affinage	48
Tableau N°5 : Ferments utilisés lors de la production fromagère artisanal et stabilise ...	65
Tableau N°6 : la signification des ferments lactique	66
Tableau N°7 : Diagramme de fabrication du camembert au niveau de laboratoire	69
Tableau N°8 : caractéristiques physico-chimiques du lait utilisé pour la fabrication du Camembert.....	83
Tableau N°9 : Résultats de l’analyse physico-chimique de lait cru	89
Tableau°10 : Résultats obtenus lors de la fabrication des camemberts.	91
Tableau N°11 : Temps de maturation du lait des deux essais	91
Tableau N°12 : Effet de la concentration de la coagulasse sur le temps de prise.....	92
Tableau N°13 : Les variations de l’acidité au tranchage et au début du moulage	93
Tableau N°14 : Suivi du pH des camemberts en cours d’affinage	94
Tableau N°15 : le ph du produit fini	95
Tableau N°16 : les valeurs de la matière grasses des camemberts.	96
Tableau N°17 : le taux d’humidité des camemberts	97
Tableau N°18 : Résultats des analyses bactériologiques des camemberts	98
Tableau N°19 : Classement des quatre camemberts.....	99

LISTE DES FIGURES

figure 1 : Structure Haworth du Lactose	19
Figure N° 2 : Les familles des fromages à partir d'un caillé mixte type pâte	21
Figure N°3 : Fromage frais	32
Figure N°4 : Fromage à pâte pressée	32
Figure N°5 : Fromage à pâte molle	33
Figure N°6 : Les étapes majeures de fabrication	44
Figure N°7 : la température des bactéries	46
Figure N°8 : schéma représente l'impact d'affinage sur la qualité du fromage	51
Figure N°9 : Moulage de fromage	81
Figure N°10 : Salage en saumure	82
Figure N°11 : Affinage des camemberts	82
Figure N°12 : Dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans le camembert.....	84
Figure N° 13 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale (FTAM).....	85

LISTE DES ANNEXE

Annexe 01 : Milieux de culture	105
Annexe 02 : Coloration de Gram	106
Annexe 03 : matériel utilisée.....	107
Annexe 04 : Fiche d'analyse sensorielle comparative des fromages	108

INTRODUCTION

Introduction

Le fromage est l'une des formes les plus anciennes de la conservation du lait ou du moins des éléments susceptibles d'être conservés. Nous avons choisi le Camembert car c'est un produit largement fabriqué et commercialisé dont la consommation ne cesse de croître (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

Le Camembert, fromage à pâte molle à croûte fleurie, qui est obtenu à partir du lait cru, coagulé par la présure ou à l'aide d'enzymes spécifiques. Le caillé obtenu est moulu, salé et affiné. L'acidification et l'affinage du camembert sont effectués par des levains industriels qui ont une grande importance dans l'économie et présentent une grande utilité du point de vue technologique (LAITHIER, 2011).

Pour satisfaire les conditions de fabrication de camembert, il est indispensable de maîtriser la matière première, mais également le processus de transformation du lait en fromage et notamment l'affinage qui constitue l'une des étapes clés du processus de fabrication. L'affinage résulte principalement de l'action de différents micro-organismes qui participent à la transformation du caillé en fromage (RIAHI, 2006).

La fabrication fromagère dépend essentiellement du lait mais aussi des ferments nécessaires à sa transformation. Les ferments lactiques naturels et commerciaux interviennent dans l'élaboration de tous les produits laitiers fermentés. Les technologies laitières représentent toutefois le principal secteur d'application des bactéries lactiques. Dans la fabrication fromagère, elles jouent un rôle primordial dans les premières étapes de la transformation du lait, mais elles interviennent aussi, directement et indirectement, dans la phase d'affinage et dans la qualité sanitaire des produits. Leur action est liée principalement à deux aspects de leur métabolisme : la production d'acide lactique et l'activité protéolytique (VOISIN, 2010).

L'objectif de notre travail est :

- Démontrer le procédé de fabrication du fromage à pâte molle type camembert.
- D'étudier les effets des ferments utilisés sur la qualité du produit ;
- Tester deux ferments et suivre leur influence sur la qualité du produit fini en comparant les caractères organoleptiques et physico-chimiques des produits issus de fromage stabilisé avec ceux obtenus lors d'une production standard d'un fromage artisanal.

Introduction

- Etudier les caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques du lait cru et du produit fini « camembert » dans le but de s'assurer de leur conformité.

Notre travail comporte deux parties :

- Dans la première, nous avons réalisé une étude bibliographique (généralité sur le lait, généralité sur les fromages, la production du camembert et les effets des microorganismes sur sa qualité).
- Dans la seconde, on a voulu réaliser une étude expérimentale qui comporte les parties suivantes :
- Matériels et méthodes utilisés dans ce travail ;
- Résultats de la recherche microbiologique, des analyses physicochimiques et l'effet des ferments utilisés ;
- Discussion des résultats obtenus.

PREMIERE PARTIE
REVUE DE LITTERATURE

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE LAIT

Chapitre I: GENERALITES SUR LE LAIT

1. le lait une matière première pour la production de fromage

Le fromage est obtenu par la coagulation du lait traité thermiquement (pasteurisation ou stérilisation) ou non (lait cru) (Kongo et al., 2016a). Le fromage peut être produit à l'échelle industrielle ou artisanale, mais certaines étapes de fabrication diffèrent. Ce projet se focalisera sur les procédés artisanaux utilisés au sein des exploitations agricoles. La consommation du lait cru et de ses dérivés suscite de nombreuses questions au sein de la population (Nero *et al.*, 2019).

En effet, selon le Règlement (CE) N° 853/2004, le lait cru est défini comme « produit par la sécrétion de la glande mammaire d'animaux d'élevage et non chauffé à plus de 40°C, ni soumis à un traitement d'effet équivalent » (DiversiFerm, 2014). En d'autres termes, en comparaison au lait pasteurisé, sa microflore est plus importante et diversifiée, entraînant un risque plus élevé de contamination par des micro-organismes pathogènes (O'Callaghan *et al.*, 2019). Par conséquent, sa conservation doit se faire à un maximum de 6 °C, afin de ne pas favoriser la prolifération des bactéries pathogènes déjà présentes dans le lait (Règlement (CE) N°853/2004). La microflore du lait cru sera détaillée ultérieurement dans ce document.

1.1. Aspects généraux relatifs à la composition du lait

Le lait contient principalement de l'eau, des protéines et des produits azotés non protéiques, du lactose, et de la matière grasse (Tableau 1). Les teneurs pour chaque composant varient selon l'espèce, la santé de l'animal, la saison, l'environnement, et la phase de lactation (Kongo *et al.*, 2016b; O'Sullivan et al., 2017; Renhe *et al.*, 2019). Le lait contient également des vitamines et des minéraux, des éléments importants, notamment pour le bon développement du nouveau-né.

De manière générale, les teneurs sont plus élevées dans le lait de brebis par rapport aux laits de vache et de chèvre (Tableau 1). Les taux de lipides sont différents selon l'espèce, et plus spécifiquement le profil d'acides gras. La proportion d'acide gras courte chaîne dans la matière grasse des laits de chèvre et de brebis est plus importante que celle du lait de vache (Jeantet *et al.*, 2018). Les caséines de brebis diffèrent des autres espèces en termes de composition et séquence en acides aminés (Gaucheron, 2018). Avec cette richesse en protéines, durant la coagulation, le caillé est plus ferme, et plus facile à travailler (Martin *et al.*, 2018).

REVUE DE LITTÉRATURE

Tableau 1 : Comparaison de composition du lait de vache, de chèvre et de brebis (Kongo *et al.*, 2016b; Martin *et al.*, 2018; Renheet *et al.*, 20

Composition (g/100g)	Vache	Chèvre	Serbis
Matière sèche totale	12.7	12.5	19.1
Lipide	3.5	3.8	7.5
Caséines	2.6	2.6	4.3
Protéine de lactosérum	0.6	0.4	1.1
Lactose	4.8	4.1	5.4
cendre	0.7	0.8	1.1

La proportion d'eau dans le lait varie de 81 à 91 % selon l'espèce (FAO, 2019). L'eau possède différentes fonctions dans le lait, telles que l'hydratation des nouveau-nés, un rôle de solvant favorisant les interactions chimiques entre micro- et macro nutriments, ou encore un rôle technologique pour l'aspect du produit transformé (Guetouache *et al.*, 2014; Renhe *et al.*, 2019

1..2. La fraction protéique du lait

Les caséines constituent environ 80 % des protéines du lait. Il existe différentes catégories de caséines, dont les quatre principales sont α_1 , α_2 , β et κ (Jerónimo *et al.*, 2016). En s'associant, elles forment une micelle de caséine, et jouent un rôle important dans la structure et la stabilité du fromage. Lors de la production de yaourt et de fromage, la stabilisation du réseau protéique de micelles de caséines est permise par le phosphate de calcium (Kongo *et al.*, 2016b). La micelle de caséine se compose à 94 % de protéines, les 6 % restants correspondant aux sels. La fabrication de fromage ou de yaourt se base sur la déstabilisation de la structure, grâce à des modifications des propriétés physico-chimiques de la solution (Kongo *et al.*, 2016b; O'Callaghan *et al.*, 2019; Renhe *et al.*, 2019). Pour produire du fromage, de la présure est généralement ajoutée (Fagan *et al.*, 2017). Celle-ci contient de la chymosine, une enzyme capable d'hydrolyser la caséine κ . Ce phénomène engendre une déstabilisation des micelles de caséines et, in fine, la coagulation du lait sous forme d'un gel appelé caillé (Huppertz *et al.*, 2018). La présence de Ca^{2+} favorise cette coagulation que la polymérisation des micelles (Guetouache *et al.*, 2014).

En dehors des caséines, le lait contient d'autres protéines, notamment les protéines du lactosérum. Parmi celles-ci figurent majoritairement l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline et, minoritairement, les immunoglobulines (IgG1, IgG2, IgA et IgM) et la lactoferrine (O'Callaghan *et al.*, 2019). La β -lactoglobuline représente 50 % des protéines du lactosérum. Elle se présente sous la forme d'un dimère possédant un groupement thiol, réactif après chauffage. L' α -lactalbumine représente environ 20 % des protéines du lactosérum. Il s'agit d'une métalloprotéine se liant aux ions de Ca^{2+} (Renhe *et al.*, 2019). La présence d'enzymes au sein du lait est importante. Ces dernières sont sensibles à la chaleur, et constituent ainsi un contrôle de l'efficacité du traitement thermique du lait.

Par exemple, une désactivation totale de la phosphatase alcaline doit être observée suite à un traitement thermique de pasteurisation (DiversiFerm, 2014). Un barème de pasteurisation adéquat ne doit toutefois pas résulter en la destruction de la lactose peroxydase, car elle correspond à l'apparition d'un goût de cuit. Les enzymes du lait donnent également une indication sur la qualité hygiénique du lait. Le lait possède une activité catalase naturelle. La variation de cette activité est une indication d'une

REVUE DE LITTÉRATURE

éventuelle contamination par des micro-organismes (Vignola, 2010; Maubois, 2018).

Les principales classes d'enzymes présentes au sein du lait sont : les oxydoréductases telles que la peroxydase, la xanthine-oxydase et la catalase, les transférases telles que la lactose synthétase et la ribonucléase, et enfin les hydrolases comme la lipase, la phosphatase alcaline, la phosphatase acide, la protéase, l'amylase et le lysozyme (Vignola, 2010; DiversiFerm, 2014; Fox, Cogan, *et al.*, 2017).

1.3. Les glucides du lait

Le lactose est le sucre présent en plus grande quantité dans le lait (Jerónimo *et al.*, 2016; Renhe *et al.*, 2019). Selon l'espèce, le lactose est présent entre 4,8 et 7,0 % (g/100g lait) (Jerónimo *et al.*, 2016; Panthi *et al.*, 2017; Renhe *et al.*, 2019). Il s'agit d'un disaccharide composé de D-glucose et de D-galactose liés par une liaison β -(1-4) (Figure 1). Ces deux sucres possèdent une extrémité réductrice. Le lactose est le substrat de la fermentation par les bactéries lactiques (LAB), un phénomène nécessaire à l'obtention du yaourt ou du fromage (Guetouache *et al.*, 2014; Hayaloglu, 2016).

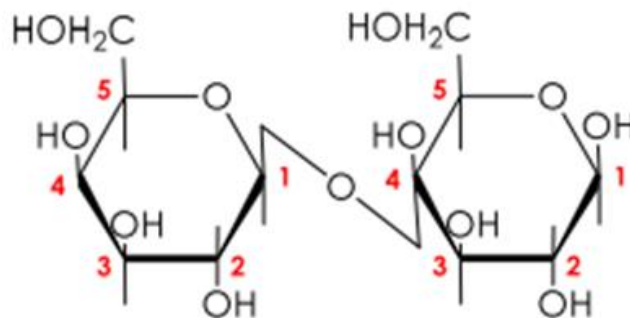


Figure 1 : Structure Haworth du Lactose (Renhe *et al.*, 2019).

Le lactose est sensible à la réaction de Maillard, un mécanisme de brunissement non enzymatique influençant les caractéristiques organoleptiques des produits (Renhe *et al.*, 2019). Cette réaction dépend de la température, de l'activité d'eau (a_w), des sucres, des acides aminés et de l'effet catalyseur (Renhe *et al.*, 2019).

1.4. La matière grasse laitière

La matière grasse est une des sources principales d'énergie dans le lait avec les glucides. La quantité totale de lipides présente au sein du lait est d'environ 4 % (g/100g de lait) (Kongo *et al.*, 2016b). Les lipides majoritairement présents dans les produits laitiers sont les acides gras, les triacylglycérols et les phospholipides. Ces derniers comprennent le cholestérol, la phosphatidylcholine, la sphingomyéline, les glycolipides, les gangliosides, les glycoprotéines membranaires et protéines appelés la membrane du globule gras du lait. Les teneurs en acides gras saturés et insaturés diffèrent selon l'espèce (Jeantet *et al.*, 2018). Par exemple, les laits de vache et de chèvre sont faibles en acides gras polyinsaturés (Guetouache *et al.*, 2014). La matière grasse laitière est résistante à l'oxydation grâce à la présence naturelle d'antioxydants et d'acides gras saturés. Cependant, l'oxydation de la matière grasse laitière peut être induite par la présence de métal (par exemple le cuivre) ou suite à l'exposition à la lumière (Renhe *et al.*, 2019).

1.5. Les vitamines et minéraux du lait

Des vitamines sont naturellement présentes dans le lait de vache, liposolubles (A, D, E, K) ou hydrosolubles (thiamine (B1), riboflavine (B2), etc.) (DiversiFerm, 2014; Guetouache *et al.*,

REVUE DE LITTÉRATURE

2014). Enfin, les minéraux jouent un rôle important dans la composition des micelles de caséine, et donc dans la structure tridimensionnelle du fromage (Guetouache *et al.*, 2014). Ces oligo-éléments ont également des rôles technologiques. Lors de l'augmentation de la température, le Fe et le Cu forment un complexe sur la membrane du globule gras et augmentent l'oxydation de la matière grasse (Renhe *et al.*, 2019).

1.6. Les caillés mixtes

L'ajout de présure pour obtenir le caillé mixte se fait à une température de 28 à 34 °C sur du lait acidifié au préalable par des

bactéries lactiques (Mietton *et al.*, 2018). Parmi les fromages à caillé mixte et présure (Figure 2), 4 familles peuvent être distinguées :

les pâtes molles, les pâtes pressées non cuites, les pâtes pressées mi-cuites et les pâtes pressées cuites (Profession Fromager, 2016). La température de cuisson est le paramètre qui distingue les pâtes pressées non cuites, mi-cuites, et cuites.

- **Les pâtes molles**

Parmi les fromages à pâte molle, quatre types d'affinages sont différenciés : sans croûte (ex. : Feta), à croûte fleurie (ex. : Camembert), à croûte lavée (ex. : Maroilles), et les bleus (ex. : Roquefort ou Gorgonzola) (Profession Fromager, 2016). Dans le cas la Feta, l'ajout de présure se fait à 32 - 34 °C et le caillage dure 45 à 50 minutes (Hayaloglu, 2017).

Après coagulation, le caillé est coupé et égoutté en moules, à 16 -18 °C durant 18 à 24h. Ensuite, le fromage est démoulé, coupé en morceaux et salé à sec. Cette étape est suivie d'un salage en saumure durant 1 à 2 jours. Le taux final en sel doit être environ à 3 %. L'affinage se déroule à 16 - 18 °C durant 10 à 15 jours. À ce stade, le pH est de 4,60. Après cette première maturation, l'humidité est inférieure à 56% et le pH se situe entre 4,40 – 4,60. La deuxième maturation se fait à 4°C durant au moins 60 jours (Hayaloglu, 2017).

Pour le Camembert, un fromage à pâte molle à croûte fleurie, la coagulation se fait à 32 – 35 °C. L'égouttage se fait durant les premières heures à 26 °C – 28 °C et diminue progressivement jusqu'à 20 °C. À ce stade, le caillé a un pH de 4,60 – 4,70. Ensuite, le fromage est salé à sec et affiné à 8 – 15 °C, avec une humidité relative d'environ 80 - 85 %, durant minimum 21 jours (Ozturkoglu-Budak *et al.*, 2017; Spinnler, 2017).

Les pâtes molles à croûte lavée, telles que le Maroilles, se caractérisent par une croûte lisse, souple, de couleur jaune – orange (Goudédranche *et al.*, 2017a).

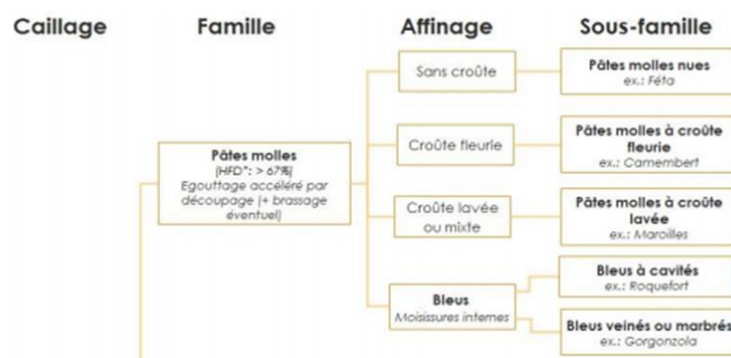
Les étapes de production sont similaires au fromage à croûte fleurie, mais l'affinage implique des lavages fréquents des fromages. L'affinage dure plus longtemps que pour les croûtes

REVUE DE LITTÉRATURE

fleuries, et à une humidité élevée (> 95 %). L'apport des ferments d'affinage peut se faire de différentes manières :

pulvérisation, trempage ou lavage (Goudédranche *et al.*, 2017a).

Les fromages bleus sont caractérisés par la présence de moisissures en leur cœur, généralement de l'espèce *Penicillium roqueforti*. Ils présentent des gradients prononcés de pH, de sel et d'activité d'eau entre le cœur et la surface (Desmasures, 2014). Selon l'intensité d'arômes souhaitée, forte ou douce, la coagulation du lait se fait respectivement à 28 - 30 °C ou à 35 - 40 °C, et le caillé présente un pH voisin de 6,40 - 6,50 (OzturkogluBudak *et al.*, 2017; Mietton *et al.*, 2018). L'affinage de ces fromages bleus se fait à faible température et haute humidité durant au moins trois mois (Ozturkoglu-Budak *et al.*, 2017).



Figure°2 : Les familles des fromages à partir d'un caillé mixte type pâte molle (HFD* : Taux d'humidité dans le fromage dégraissé) (Profession fromager, 2016).

2. Différents types de lait

L'évolution des processus technologiques, des techniques de conservation et de distribution a permis l'élaboration d'une large gamme de « laits de consommation » qui se distinguent par leur composition, leur qualité nutritionnelle, organoleptique et leur durée de conservation. Ils peuvent être classés en deux catégories ;

- Lait cru non traité thermiquement.
- Lait traité thermiquement (Mahaut *et al.*, 2005).

2.1. Lait cru

Le lait cru recueilli à la ferme par traite mécanique ou manuelle, soit directement transporté au centre de ramassage où il est réfrigéré, soit stocké dans des réservoirs réfrigérés

REVUE DE LITTÉRATURE

avant le transport dans le cas d'exploitations importantes, dans ces conditions, la flore microbienne est stabilisée (Guiraud, 2012).

Le lait doit provenir d'animaux sains, soumis à un contrôle vétérinaire, d'une préparation (traite, conditionnement, stockage) effectué dans des conditions hygiéniques satisfaisantes (Mahaut *et al.*, 2005)

2.2. Laits traités thermiquement

Les laits (traités) industriels peuvent consister en une modification de composition (lait écrémé...etc.) et en traitement thermique destiné à éliminer les éventuels germes pathogènes (Guiraud, 2003).

2.2.1. Lait pasteurisé

La pasteurisation consiste à porter le lait à une température suffisante et pendant un délai pour détruire les bactéries pathogènes (Veisseyre, 1979).

- La pasteurisation inactive la phosphatase du lait cru.
- Immédiatement après la pasteurisation,

Le lait doit être refroidi pour être ramené, dans les meilleurs délais à une température ne dépassent pas 6°C (Vierling, 1998).

2.2.2. Lait stérilisé

Selon le procédé de stérilisation, on distingue le lait stérilisé et le lait U.H.T définisen1979. Ces laits doivent être stables jusqu'à la date limite de consommation.

2.2.2.1. Lait stérilisé

Le lait stérilisé est obtenu après 20 minutes de chauffage à 120 °C dans un emballage étanche (Guiraud, 1998). Conditionné dans un récipient hermétiquement clos, étanche au liquide et au micro-organisme pathogènes (Leseur, 1990), il peut se conserver très longtemps à température ambiante (Guiraud, 2003).

2.2.2.2. Lait U.H.T. (Ultra haute température)

Le lait UHT est un lait de longue conservation, stérilisé par upérisation à haute température. Le lait UHT, à un bon goût et n'est guère modifié, il peut se conserver plusieurs mois à une température ambiante (Alais, 1997).

2.3. Lait concentré

La stabilisation du lait peut être assurée par réduction de l'activité de l'eau, on y parvient

REVUE DE LITTÉRATURE

par élimination partielle de l'eau et l'addition de sucre (Mahaut et al, 2005).

2.3.1. Lait concentré non sucré

Ces laits ne doivent contenir qu'un nombre restreint de micro-organismes (cinq ou plus par mL) et doivent rester stables après incubation

2.3.2. Lait concentré sucré

Le lait concentré sucré est le produit d'une concentration partielle du lait suivie d'une addition de sucre (Michel et al, 2002).

2.4. Lait sec

Le lait sec destiné à l'alimentation humaine contient :

- Moins de 250 000 bactéries aérobies mésophiles par gramme.
- Moins de 5 bactéries coliformes par gramme

2.5. Lait en poudre

Selon la législation sur les aliments et drogues du Canada, les poudres de lait sont des produits résultant de l'enlèvement

partiel de l'eau contenant dans le lait. On répartit les poudres de lait en trois catégories : la poudre de lait entière, la poudre de lait partiellement écrémée et la poudre de lait écrémée (Michel et al., 2002).

3. Qualité organoleptique du lait

3.1. Couleur

Le lait est un liquide blanc mat ou jaunâtre, opaque à cause des micelles de caséines, de la beta carotène et de la matière grasse (MELAHI *et al*, 2017).

3. 2. Odeur

L'odeur du lait est fixée par la matière grasse qu'il contient. Elle est influencée par l'ambiance de la traite, l'alimentation de l'animal et la conservation du lait (RAMDANI, 2008).

3.3. Saveur

Le lait a une saveur douceâtre, faiblement sucrée en raison de la richesse en lactose dont le pouvoir sucrant est inférieur à celui du saccharose (LAURENT, 1992).

4. Microbiologie du lait

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la

REVUE DE LITTÉRATURE

neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (RENARD, 2014).

Les microorganismes du lait au cours de leurs multiplications libèrent des gaz, des substances aromatiques, de l'acide lactique, diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (BACHATARZI, 2012).

4. 1. La flore originelle

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes saprophytes de pis et des canaux galactophores, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles, il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles (RENARD, 2014).

4. 2. La flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (RENARD, 2014).

- La flore d'altération

La flore d'altération cause des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduit la durée de vie du produit laitier.

Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont :

- Bactéries coliformes : leur présence est un indice de pollution d'origine fécale, parmi on trouve *Escherichia coli* qui est responsable de troubles digestifs (RAMDANI, 2008).
- Bactéries protéolytiques : hydrolysent les caséines et donnent un mauvais gout au lait.
- Bactéries lipolytiques : détruisent les matières grasses et donnent un gout de ronce au lait.
- Les levures : Un indice de contamination, elles sont responsables de la production d'alcool en transformant le lactose en alcool et l'apparition de l'odeur levurée ou alcoolisée. Les principales espèces sont : *Kluyveromyces lactis* et *Saccharomyces cerevisiae*.
- Les moisissures : Ils peuvent y causer des dégradations par défaut de forme, de texture et mauvais goût, ou plus gravement,

REVUE DE LITTÉRATURE

- La flore pathogène

La contamination du lait par les germes pathogènes peut être d'origine endogène suite à une excrétion mammaire de l'animal malade, ou d'origine exogène qui s'agit d'une contamination de l'environnement et l'homme (RENARD, 2014).

Les principaux microorganismes associés au lait sont

- *Brucella* : responsable de brucellose suite à une consommation de lait cru.
- *Mycobacterium tuberculosis* : responsable de la tuberculose.
- *Staphylocoques et Streptocoques* : responsable d'infections transmises par des mammites chez la vache.
- *Salmonella* : se développe dans le lait cru au moment de la traite des vaches.
- *Bacillus cereus* : responsable de toxi-infections
- *Listeria monocytogenes* : c'est une bactérie psychrophile qui se développe à basse température responsable de listériose.
- Certaines moisissures qui sont pour la plupart toxigènes (KABIR, 2015).

5. Microbiologie du lait

Le lait est un aliment dont la durée de vie est très limitée. En effet, son pH voisin de la neutralité, le rend très facilement altérable par les microorganismes et les enzymes, sa richesse et sa fragilité font du lait un milieu idéal aux nombreux microorganismes comme les moisissures, les levures et les bactéries qui se reproduisent rapidement (RENARD, 2014).

Les microorganismes du lait au cours de leurs multiplications libèrent des gaz, des substances aromatiques, de l'acide lactique,

diverses substances protéiques, voire des toxines pouvant être responsables de pathologie chez l'homme (BACHATARZI, 2012).

5. 1. La flore originelle

La flore originelle des produits laitiers se définit comme l'ensemble des microorganismes saprophytes de pis et des canaux

galactophores, les genres dominants sont essentiellement des mésophiles, il s'agit de microcoques, mais aussi streptocoques lactiques et lactobacilles (RENARD, 2014).

5. 2. La flore de contamination

Cette flore est l'ensemble des microorganismes contaminant le lait, de la récolte jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou qui réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène dangereuse du point de vue sanitaire (RENARD, 2014).

- **La flore d'altération**

La flore d'altération cause des défauts sensoriels de goût, d'arôme, d'apparence ou de texture et réduit la durée de vie du produit laitier.

Les principaux genres identifiés comme flore d'altération sont :

- Bactéries coliformes : leur présence est un indice de pollution d'origine fécale, parmi on trouve *Escherichia coli* qui est responsable de troubles digestifs (RAMDANI, 2008).
- Bactéries protéolytiques : hydrolysent les caséines et donnent un mauvais gout au lait.
- Bactéries lipolytiques : détruisent les matières grasses et donnent un gout de ronce au lait.
- Les levures : Un indice de contamination, elles sont responsables de la production d'alcool en transformant le lactose en alcool et l'apparition de l'odeur levurée ou alcoolisée. Les principales espèces sont : *Kluyveromyces lactis* et *Saccharomyces cerevisiae*.
- Les moisissures : Ils peuvent y causer des dégradations par défaut de forme, de texture et mauvais goût, ou plus gravement, la production de mycotoxines (RENARD, 2014).
- La flore pathogène

La contamination du lait par les germes pathogènes peut être d'origine endogène suite à une excrétion mammaire de l'animal malade, ou d'origine exogène qui s'agit d'une contamination de l'environnement et l'homme (RENARD, 2014).

Les principaux microorganismes associés au lait sont

- *Brucella* : responsable de brucellose suite à une consommation de lait cru.
- *Mycobacterium tuberculosis* : responsable de la tuberculose.
- *Staphylocoques et Streptocoques* : responsable d'infections transmises par des mammites chez la vache.
- *Salmonella* : se développe dans le lait cru au moment de la traite des vaches.

REVUE DE LITTERATURE

- *Bacillus cereus* : responsable de toxi-infections
- *Listeria monocytogenes* : c'est une bactérie psychrophile qui se développe à basse température responsable de listériose.
- Certaines moisissures qui sont pour la plupart toxigènes (KABIR, 2015).

CHAPITRE II

GENERALITES SUR LE FROMAGE

Chapitre II : Généralité sur le fromage Application des bactéries lactiques en technologie fromagère

II .1. Généralité sur le fromage :

Les fromages sont des formes de conservation et de report ancestrales de la matière utile du lait (protéines, matière grasse ainsi qu'une partie du calcium et phosphore), dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du globe (Jeantet et *al.*,2008).

La dénomination « fromage » est réservée aux produits fermentés ou non, affinés ou non, obtenus à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse (directive n°88-1206 décembre 1988, article 1er) (Mahaut et *al.*, 2000).

La diversité des procédés fromagers (types de lait, de coagulation, d'égouttage, cuisson, flore et type d'affinage) permet d'obtenir des produits présentant des caractéristiques texturales et gustatives très différentes. Il existe huit grandes familles de fromages : pâte fraîche, pâte molle, pâte persillée, pâte pressée, pâte dure, pâte filée, les fromages de lactosérum et, enfin, les fromages salés conservés en saumure (St-Gelais et *al.*, 2002). Dans cet écosystème, les bactéries lactiques jouent un rôle primordial, non seulement parce qu'elles interviennent dès les premières étapes de fabrication des fromages, mais aussi parce que leur action est déterminante sur les autres microorganismes et le fonctionnement du bioréacteur fromage (Chamba,2008).

1.1. Définition de fromage

Le fromage est un produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenue à partir des matières d'origine exclusivement laitière : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, matière grasse, utilisé seul ou en mélange et coagulé en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse. La teneur minimale en matière sèche (MS) du produit doit être de 23% pour 100g de fromage (Patrick, 2010).

REVUE DE LITTÉRATURE

Tableau N°2: Composition moyenne comparée du lait et des fromages (ABDOUNE., 2003).

	Lait	Fromage
EAU	- Environ 87%	- Éliminée en partie par la Fabrication. Teneur en eau varie de 35 % (pâte cuite dure), 50 % (pâte molle), 80 % (Fromage frais)
GLUCIDES	- Lactose 5 %. Les ferments Lactiques transforment le lactose en acide lactique, ce sucre peut être également transformé en alcool.	- Pratiquement éliminé avec l'eau Par la fabrication.
LIPIDES	- Environ 4 % * Sous forme de globules gras Très petits en émulsion dans le Liquide ; ▪ Ce sont en majeure partie des Triacylglycérols (beaucoup d'oléine) Avec un peu de Lécithines. ▪ Ce sont en majeure partie des Triacylglycérols (beaucoup d'oléine) Avec un peu de Lécithines.	- Se retrouvent dans la majorité des Fromages sauf dans les fromages « maigres » : 23 % fromages à pâte molle, 30 % fromages à pâte dure.
PROTEINES	- Environ 3,5 %. Les plus importantes en quantités sont les caséines : 3 % Les protéines du sérum sont aussi d'un apport non négligeable.	- La caséine coagulant avec la présure, est l'élément essentiel de tous les fromages (même maigre) :18 % fromages à pâte molle, 19 % fromages blancs au lait écrémé, 24 % fromages à pâte ferme.
MINÉRAUX	* Très intéressante valeur minérale car très riche en calcium et en phosphore. Le calcium étant plus abondant que le phosphore, le rapport Ca/ p=1,39 donc le lait est recalcifant.	* Grande richesse en calcium et en Phosphore, surtout dans les fromages à Pâte ferme rapport Ca / p= 1,26 en Moyenne, donc aliment recalcifant ;

REVUE DE LITTÉRATURE

VITAMINES	<ul style="list-style-type: none">- Contient aussi potassium et chlorure de sodium :- Pas de fer. <p>*- B1 en petite quantité</p> <ul style="list-style-type: none">- B2 assez importante.- C en quantité variable dans le lait frais, mais pratiquement détruite au contact de l'air durant les manipulations et le transport et par la pasteurisation et l'ébullition.- A en quantité importante dans la matière grasse, donc absente dans les laits écrémés.- D en quantité variable selon la saison.	<ul style="list-style-type: none">- Plus au moins riches en chlorures de Sodium selon leur fabrication (adjonction de sel, pâte lavée à l'eau salée, etc...) <p>*- Les fromages fermentés à pâte molle, notamment les fromages bleus, sont de bonnes sources de vitamines B, du fait des synthèses réalisées par les Moisissures.</p> <ul style="list-style-type: none">- Se retrouve dans le fromage selon la teneur en M. grasse.
------------------	--	---

2. Classification des fromages

Certains types de fromage sont produits dans le monde. Leurs différents goûts et textures dépendent de l'origine du lait (y compris le régime alimentaire de l'animal), si le lait a été pasteurisé, du pourcentage de matière grasse, de l'espèce des bactéries et des moisissures choisis, du procédé de fabrication, ainsi que du temps de maturation. Des herbes, des épices où la fumaison peut être utilisée pour varier le goût.

Il existe une grande variété des fromages qui diffèrent par le goût, l'odeur, la texture ou la forme. Cette variété dépend de plusieurs paramètres liés à l'origine du lait, la matière dont le lait est transformé, et de son traitement thermique. On peut classer les fromages en 3 catégories différentes

2.1. Fromages à pâte fraîche

Un fromage à pâte fraîche a une texture molle granuleuse ou lisse, crémeuse et veloutée. C'est un fromage peu égoutté caractérisé par une teneur très élevée de l'humidité et une teneur de 60 à 80% de la matière grasse (Majdi ,2009)



Figure N°3 : Fromage frais(Wikipedia , 2015)

2.2. Fromage à pâte pressées

Ce sont des fromages dont le caillé est pressé après soutirage, puis mis à l'affinage. Dans cette catégorie, on peut distinguer les fromages à pâte pressée non cuite et les fromages à pâte pressée cuite (pâte dure, le caillé chauffé à 65 C°) (Majdi, 2009).



Figure 04 : Fromage à pâte pressée (Anne , 2015)

2.3. Fromage à pâte molle

Le fromage à pâte molle est un camembert affiné en surface par les moisissures. La texture de ce type de camembert est molle caractérisée par une couleur du blanc cassé allant au jaune pâle. Une croûte molle recouverte des moisissures blanches. (Mdahou, 2017)



Figure 05 : Fromage à pâte molle (Kiss My Chef , 2017)

3. Généralités sur le camembert

3.1. Historique

C'est le plus célèbre des fromages originaires français. En raison de sa vogue immense aux prés des consommateurs, il est fabriqué aujourd'hui dans la plupart des régions laitières françaises.

Ce produit attaché au nom de Marie Harel qui exploitait en 1791 dans sa ferme de camembert. Pour les uns, Marie Harel est la créatrice du camembert, mais pour Thomas Corneille qui a mentionné dans son Dictionnaire (1708) le fromage de Camembert était déjà vendu en 1702 sur les marchés de Vimoutiers et d'Argentan et sa fabrication en était faite par les fermières de la région (Desfleurs, 1968).

3.2. Le fromage à pâte molle type Camembert

3.2.1. Caractéristiques et valeur nutritionnelle

3.2.1.1. Définition

Selon VEISSEYRE (1975), le Camembert est défini comme étant un fromage à pâte molle, à caillé non divisé en forme de cylindre plat. Il a un diamètre de 10 à 11 cm et une épaisseur de 3 cm. Il renferme au moins 40 % de matière grasse et 110 g de matière sèche.

C'est un fromage affiné à moisissures superficielles, originaire de Normandie (France).

Selon CODEX 2011 « Le camembert est un fromage à pâte molle, affiné en surface principalement par des moisissures. Il se présente sous la forme d'un cylindre plat ou des morceaux cylindrique. La pâte a une couleur allant du blanc cassé au jaune pâle et une texture molle mais non friable, affinée de la surface au centre ». Les trous de gaz sont généralement absents, mais la présence de quelques ouvertures et fissures est acceptable. La croûte est molle, entièrement recouverte des moisissures blanches caractéristiques essentiellement par *Penicillium candidum* et /ou le *Penicillium camemberti* (CODEX, 2011)

Ainsi, la dénomination Camembert est réservée à un fromage fabriqué avec du lait emprésuré en utilisant soit une coagulase ou la présure (LOUHICHI, 2008). C'est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication ; il doit être maintenu pendant un certain temps dans certaines conditions pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du camembert (AHADDAD et KASMI, 2013).

3.2.1.2. Composition et valeur nutritionnelle

Tableau N°1 donne une composition comparative du lait et du fromage.

Selon son mode d'élaboration, le Camembert renferme 30 à 50 % de matière azotée / matière sèche.

Il s'inscrit ainsi parmi les meilleures sources alimentaires de protéines ayant une digestibilité élevée (MIETTON, 1995).

REVUE DE LITTÉRATURE

De plus, la haute valeur biologique de ces protéines lui est conférée tant par leur composition équilibrée en acides aminés, que par leur propriété de former une pâte fromagère très appréciée par les consommateurs dans de nombreuses régions du monde.

La matière grasse du Camembert (25 à 40%) conditionne l'onctuosité de la pâte et constitue une source importante de la saveur particulière conférée au produit fini (NEELAKANTEN *et al*, 1971). Concernant le lactose, il faut noter que les fromages affinés sont pratiquement dépourvus de glucides car la faible quantité de lactose, restant dans le caillé après égouttage, est transformée en acide lactique au cours de l'affinage. Pour les autres nutriments, le Camembert constitue un apport important en calcium. (200 à 700 mg/ 100g), en phosphore, en sodium et en vitamines (notamment du groupe B), (ECK, 1990). Notons enfin que la dénomination petit Camembert est réservée à un fromage de diamètre réduit (80-85 mm de diamètre) dont l'extrait sec ne doit pas être inférieur à 60g et que la dénomination Véritable Camembert de Normandie est protégée par un label de qualité définissant notamment une aire de production.

3.2.1.3. Les fromages à pâte molle

Les fromages à pâte molle sont définis dans la norme internationale Codex Alimentarius (Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001) comme étant tous les fromages dont la teneur en eau après élimination des matières grasses est supérieure à 67 %. En France, cette catégorie renferme aussi bien les produits traditionnels qui bénéficient du label « Appellation d'Origine contrôlée » (AOC), souvent produits à partir de lait cru, que des produits industriels plus modernes (Ramet, 1997). Selon la conduite de l'affinage, deux types de croûte peuvent se développer sur les fromages à pâte molle permettant de diviser cette famille en deux sous familles : les pâtes molles à croûte fleurie (ex. Brie, Camembert, Coulommiers) et les pâtes molles à croûte lavée ou croûte morguée (ex. Epoisses, Limburger, Livarot, Maroilles, Munster, Tilsit).

Malgré l'hétérogénéité des fromages à pâte molle, plusieurs points communs caractérisent la fabrication de ces fromages (Figure 1) :

4. Les étapes

4.1 Nature de la matière première de la fabrication

La fabrication du fromage à pâte molle type Camembert exige l'emploi d'un lait de haute qualité bactériologique et physico-chimique. Ainsi, dans les pays à grandes traditions fromagères tel que la France, Ce fromage est élaboré, soit directement à partir du lait cru, soit à partir du lait pasteurisé. Dans les pays où la production en lait cru est déficitaire (cas de l'Algérie où cet apport ne couvre que 40% des besoins), il est fait appel au lait reconstitué, constitué de produits d'importation (poudre de lait et matière grasse laitière anhydre : MGLA) auxquels sont additionnés des volumes appropriés d'eau de reconstitution.

REMEUF *et al* (1991) soulignent en outre que l'aptitude à la transformation du lait en fromage est dépendante d'un certain nombre de paramètres dont :

- Sa composition chimique (notamment sa richesse en caséines) ;
- Sa charge microbienne et la nature de sa microflore.
- Son aptitude au développement des bactéries lactiques.
- Enfin, son comportement vis à vis de l'enzyme coagulante à savoir la présure.

4.2. Traitements préliminaires du lait

Aussitôt leur réception à l'usine, les laits sont triés en éliminant ceux impropres à la transformation fromagère (laits plus ou moins acides ayant une charge microbienne importante). Après un entreposage à basse température (3-4°C), ils vont subir certains traitements technologiques (dont notamment l'homogénéisation et le traitement thermique) qui ont pour objectifs de permettre l'obtention d'un produit dérivé de qualité appréciable et ce avec un bon rendement de fabrication (LENOIR, 1974 ; MIRANDA et GRIPON, 1986).

Néanmoins, il a été établi que ces traitements, quand ils sont pratiqués de façon anarchique engendrent plutôt des modifications physico-chimiques et nutritionnelles préjudiciables (FEUILLAT *et al*, 1976 ; LEMIEUX *et al*, 1994) dont nous relèverons plus loin certains de leurs particularismes.

4.2.1. La standardisation

Elle consiste à donner au lait la composition correspondante à celle du fromage à élaborer. Elle est réalisée par un ajustement de la teneur en matière grasse (qui doit se situer autour de 28 g/l de lait) et parfois du taux de protéines (qui doit être supérieur à 31 g/kg de fromage) (BERTRAND, 1988).

4.2.2. L'homogénéisation

C'est une action mécanique réalisée à une température supérieure à 60 °C dans un homogénéisateur. Elle a pour but de stabiliser l'émulsion de la matière grasse du lait par la réduction du diamètre des globules gras à environ 1 micron et ce grâce à une pression exercée sur le lait de 100 à 200 bars (BOURDIER et LUQUET, 1991).

4.2.3. Les traitements thermiques

Les laits mis en œuvre dans l'industrie fromagère subissent des traitements thermiques préalables dont l'importance se manifeste dans leur assainissement ainsi que dans leur stabilisation. Selon la température atteinte et la durée du chauffage, le

traitement thermique utilisé influe, d'une part, sur la concentration de la flore microbienne initiale et, d'autre part, sur la composition physico-chimique du lait. Les modifications qui en découlent engendrent dans la plupart des cas un changement des caractéristiques du lait et conditionnent pour une grande part la qualité du produit fini en particulier sa valeur nutritive (ECK, 1990).

Ainsi, la thermisation (traitement qui a lieu à 64°C pendant 15 à 20 secondes) est surtout utilisée pour détruire les bactéries psychotropes, qui se développent dans un lait ayant subi, soit une réfrigération à la ferme, soit un stockage réfrigéré au niveau de la fromagerie.

Ces bactéries surtout les espèces des genres : *Pseudomonas*, *Achromobacter* et *Flavobacterium* produisent des lipases et des protéases exo cellulaires résistantes à la pasteurisation (72-74°C, 15-20 sec) et même à la stérilisation UHT (132°C, 1-2 sec) (LENOIR et al, 1983).

Ces enzymes peuvent être responsables de goûts désagréables (malté, amer rance), et de pertes de rendements fromagers.

Comme ce traitement ne peut présenter une protection sûre pour la santé du consommateur, car il ne détruit que partiellement les germes dangereux (BERTRAND, 1988),

il est souvent fait recourt dans les industries fromagères à la pasteurisation qui présente l'avantage de détruire la totalité des germes pathogènes susceptibles de se trouver dans le lait et de réduire sa flore banale

Pour cela, des barèmes appropriés (température / temps de chauffage) ont été proposés :

REVUE DE LITTÉRATURE

- Pasteurisation basse 63 °C ————— pendant 30 minutes
- Pasteurisation haute (HTST) 72°C —————> pendant 20 secondes (LUQUET et BOURDIER, 1991)

4.3. Les étapes clés de la fabrication du Camembert

L'élaboration de ce type de fromage à caractéristiques organoleptiques particulières passe par la réussite de nombreuses étapes technologiques dont principalement : l'ensemencement – maturation, la coagulation, l'égouttage et enfin l'affinage.

4.3.1. La phase d'ensemencement – maturation

C'est l'étape d'introduction de la flore lactique sélectionnée qui va participer, d'une part, à la coagulation du lait (en provoquant l'acidification), et d'autre part, à l'affinage du fromage (rôle dans l'activité protéolytique).

Le lait (un petit volume) estensemencé par des ferments lactiques mésophiles à une dose de 1,5 à 2% (LENOIR *et al*, 1983).

Un temps de maturation suffisant est laissé dans le but de permettre la multiplication et le développement des souches de bactéries lactiques inoculées (BERTRAND, 1988).

Une fois ses souches revivifiées, le levain (tel que préparé) servira à ensemenecer les grandes cuves de coagulation.

On introduit également des levains fongiques qui jouent un rôle important dans le phénomène de l'affinage. Il s'agit de spores de *Penicillium Camembert*, *Penicillium casei* Colum ainsi que *Geotrichum candidum*.

4.3.2. La coagulation

La coagulation se traduit par la formation d'un gel (ou coagulum) qui résulte dans le cas du Camembert, des modifications physico-chimiques qui interviennent autour des micelles de caséines et qui concourent à leur déstabilisation extrême.

REVUE DE LITTÉRATURE

Pour les fromages à pâtes molles, la coagulation est généralement mixte. Elle est provoquée par l'action conjuguée de la présure (coagulation enzymatique) et les bactéries lactiques (coagulation acide) (tableau IV).

Dans le cas de la coagulation acide (provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne), l'abaissement du pH induit la solubilisation du calcium et du phosphate inorganique. Par équilibre, le pont salin dégarni peu à peu les micelles. Ces dernières, vont se lier entre-elles et former un gel cassant, très friable et peu élastique.

La coagulation enzymatique est quant à elle due à l'action de la présure qui est une enzyme protéolytique provenant de caillettes de veaux non sevrés. Cette enzyme correspond en réalité à deux fractions actives : l'une majeure (80 %), constituée par la chymosine, l'autre mineure (20 %), est représentée par la pepsine (ECK, 1990).

Il a été établi qu'au cours de la coagulation enzymatique, la présure en hydrolysant la caséine k au niveau de la liaison (Phe105- Met106), induit une déstabilisation des micelles de caséines qui vont peu à peu flocculer pour former un gel ferme, compact et ayant une bonne cohésion (VEISSEYRE, 1975)

REVUE DE LITTÉRATURE

Tableau N°3 : Caractéristiques des deux modes habituels de coagulation du lait (VEISSEYRE, 1975)

	Coagulation par	
	Action des enzymes	Acidification
Processus biochimique	- action enzymatique (lactose non dégradé)	- fermentation lactique
Fermentation de la caséine pH	- transformation en Paracaséine, séparation d'une partie non protéique 6,8	- pas de modification chimique de la protéine elle-même vers 4,6
Composition du coagulum		Caséine (déméralisée) gel friable sans cohésion
Nature du coagulum	Phospho- paracaséinate de calcium gel élastique imperméable	
Synérèse (réaction naturelle du gel et expulsion du sérum)	Rapide	Lente

Les fromages sont des formes de conservation et de report ancestrales de la matière utile du lait (protéines, matière grasse ainsi qu'une partie du calcium et phosphore), dont les qualités nutritionnelles et

Organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du globe (Jeantet *et al.*, 2008).

La dénomination « fromage » est réservée aux produits fermentés ou non, affinés ou non, obtenus à partir des matières d'origine exclusivement laitière suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre, utilisées seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse (directive n°88-1206 décembre 1988, article 1er) (Mahaut *et al.*, 2000).

La diversité des procédés fromagers (types de lait, de coagulation, d'égouttage, cuisson, flore et type d'affinage) permet d'obtenir des produits présentant des caractéristiques texturales et gustatives très différentes.

REVUE DE LITTÉRATURE

Il existe huit grandes familles de fromages : pâte fraîche, pâte molle, pâte persillée, pâte pressée, pâte dure, pâte filée, les fromages de lactosérum et, enfin, les fromages salés conservés en saumure (St-Gelais *et al.*, 2002). Dans cet écosystème, les bactéries lactiques jouent un rôle primordial, non seulement parce qu'elles interviennent dès les premières étapes de fabrication des fromages, mais aussi parce que leur action est déterminante sur les autres microorganismes et le fonctionnement du bioréacteur fromage (Chamba,2008)

4.3.3. L'égouttage

C'est l'étape qui permet la séparation du lactosérum du caillé. Son but est non seulement de régler la teneur en eau du caillé mais aussi la minéralisation de ce dernier et son dé lactosé.

Selon BERTRAND (1988), il est possible de distinguer dans cette phase deux actions complémentaires :

- expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre (synérèse).
- séparation du sérum et du caillé par action physique.

La pâte obtenue est salée par addition de chlorure de sodium. Le sel inhibe certaines proliférations microbiennes, complète l'égouttage du caillé et relève la saveur du fromage (ALAIS et LINDEN, 1993).

4.3.4. Le salage

En fromagerie le salage est une phase indispensable de la fabrication des produits affinés. La teneur en sel des fromages varie selon le type de fromage, en moyenne elle est de 0,5-2 g/100 g dans la plupart des fromages, dans certains cas (les fromages bleus et quelques fromages de chèvres), elle peut s'élever à 3-4 g/100g. Par contre, certains fromages orientaux conservés en saumure (=eau +sel) ont des teneurs assez élevées (8-15 g/100 g).

Les modalités de salage sont par saumurages (Emmental, et Camembert), salage à sec et salage en masse (ALAIS C. et LINDEN G., 1997).

Le salage en masse est utilisé dans les fabrications traditionnelles de quelques fromages typiques du bassin méditerrané. Il permet la préservation du lait, prolonge les phases de coagulation et d'égouttage du fromage (RAMET J.P., 1987 (b)).

Le sel permet d'atteindre l'humidité appropriée du fromage. Il exerce, selon sa concentration, une action microbienne sélective et un effet inhibiteur sur l'activité des enzymes. A titre d'exemple, la croissance des bactéries lactiques des levains est inhibée à une teneur en sel supérieure à 2,5 g/100 g, est pratiquement nulle au-dessus de 5 g/100 g. L'effet du sel sur le développement de la flore microbienne des fromages ne peut toutefois être apprécié pleinement qu'entendant compte de la tolérance des microorganismes au sel dans le milieu fromage et de la teneur en sel de la pâte fromagère (CHOISY C. et all., 1997).

Brièvement, le salage joue un triple rôle dans la fabrication fromagère :

- Il complète l'égouttage et contribuera ainsi à la formation de la croûte.
- Il règle l'activité de l'eau et ainsi favorise ou freine le développement des microorganismes tout en régulant les activités enzymatiques.
- Il révèle la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes

4.3.5. L'affinage

L'affinage correspond à une phase de digestion enzymatique où sous l'action d'enzymes, pour la plupart élaborées par la flore microbienne présente, les constituants du caillé sont dégradés. La pâte est

REVUE DE LITTÉRATURE

ainsi modifiée dans son aspect, sa texture et sa consistance, ce qui lui permet de passer sous la forme d'un produit élaboré dénommé fromage.

Selon MIETTON (1995),

L'affinage est en fait la résultante de trois principales actions biochimiques qui se déroulent simultanément à savoir :

- La dégradation des protéines.
- L'hydrolyse de la matière grasse.
- La fermentation du lactose.

Comme cette étape constitue, pour une grande part, l'objet de notre étude, nous nous proposons d'examiner dans ce qui suit ses différentes réactions, particulièrement l'activité protéolytique

REVUE DE LITTÉRATURE

La présence des micro-organismes dans le fromage va dépend du degré de contamination et des compétences de développement des germes dans le fromage, et l'absence totale de contamination est complexe, voire impossible à accomplir. Ce sont exclusivement les critères physico chimiques du fromage et les paramètres d'affinage et de stockage, qui vont diriger le développement microbien. Parmi les micro-organismes indésirables légitimes de contaminer le lait et les fromages, il faut distinguer deux catégories selon le degré de gravité :

- Les pathogènes, dangereux pour la santé humaine qui ne doivent pas être présents,
- Les germes nuisibles à la qualité organoleptique des fromages.
- Les critères microbiologiques du fromage sont donnés dans le tableau suivant.

5.2. L'environnement bactérien

Les conditions dans lesquelles vivent les bactéries influent grandement sur leurs métabolismes et particulièrement sur leur nutrition.

—> Les facteurs de variation de l'affinage

Les facteurs susceptibles d'agir sur le développement des micro-organismes, la production des enzymes et l'activité enzymatique peuvent influencer de façon déterminante sur le processus de maturation de la pâte fromagère. Parmi ces facteurs, il y a lieu de citer notamment les effets de l'aération et de la composition de l'atmosphère, de l'activité de l'eau, de la température et enfin du pH (ECK, 1990).

5.2.1. La température.

Selon la température optimale de développement, on distingue trois types de bactéries :

Les bactéries mésophiles préfèrent les températures moyennes comprises entre 20 et 40° C. La majorité des bactéries est mésophile. C'est le cas des bactéries pathogènes de l'homme et des animaux, mais aussi des bactéries commensales des cavités naturelles (les bactéries lactique), des revêtements cutanéomuqueux et surtout des bactéries saprophytes de l'environnement impliquées dans la dégradation et le recyclage des matières organiques mortes.

Les bactéries psychrophiles ont une température optimale de développement voisine de 0° C. Ces bactéries, largement répandues dans l'environnement (*Pseudomonas*, *Acinetobacter*, *Aeromonas*, *Cytophaga*, etc.) peuvent contaminer et altérer gravement les aliments et divers autres produits, même conservés au froid.

REVUE DE LITTÉRATURE

Les bactéries thermophiles peuvent vivre à des températures élevées (45° C jusque dans des sources thermales). Certaines bactéries (*Pyrodictum occultum*) peuvent vivre au contact des sources chaudes océaniques à des températures proches de 250° C et à des pressions voisines de 260 atmosphères.

C'est un facteur régulateur important de la croissance microbienne et de l'activité enzymatique. Néanmoins, chaque type de réaction particulière nécessite une gamme de température optimale. En effet, les moisissures se développent favorablement à 20-25°C, les bactéries lactiques mésophiles à 30-35°C. L'optimum d'activité pour les lipases se situe entre 30 et 35°C alors qu'il est plus élevé dans le cas des protéases (40–45°C), (MIETTON, 1994). Aux basses températures, cette activité peut être encore appréciable, notamment dans le cas des lipases. Ainsi, il a été montré que la lipase de *Penicillium Camemberti* conserve 50% de son activité maximale à 1°C (LAMBERET et LENOIR, 1976).

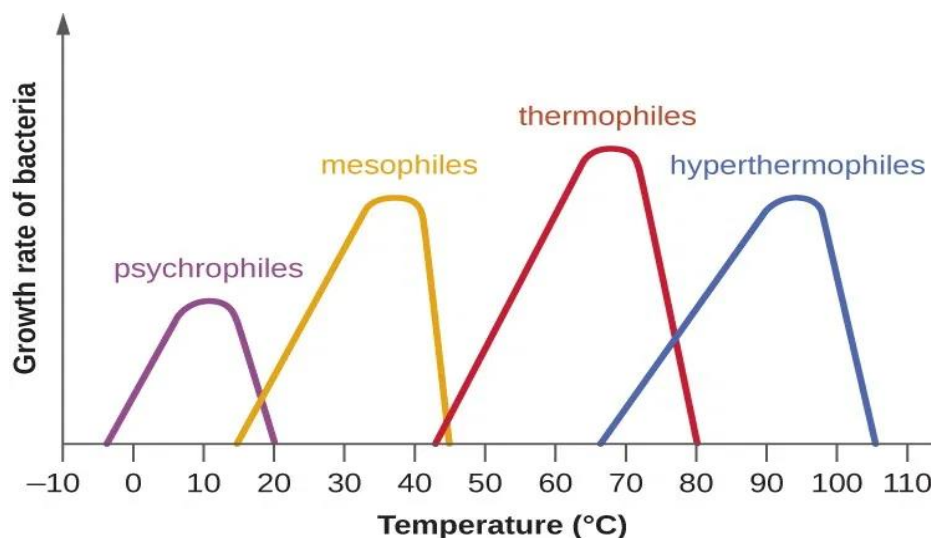


Figure 07 : la température des bactéries (MIETTON, 1994)

5.2.2. Le pH

Alors que les moisissures et les levures apprécient plutôt les milieux acides, la plupart des bactéries préfèrent les milieux proches de la neutralité.

Il existe cependant des bactéries acidophiles (*Lactobacillus*). *Thiobacillus thioxydans* est une bactérie capable de se développer à pH 0, c'est-à-dire dans une solution d'acide sulfurique normale.

À l'inverse, il existe des bactéries basophiles, par exemple, *Vibrio* se reproduit à un pH voisin de 9.

REVUE DE LITTÉRATURE

L'influence du pH sur le développement microbien et l'activité enzymatique est particulièrement déterminante. Parmi les micro-organismes, seules les bactéries lactiques, les levures et les moisissures peuvent se développer à pH inférieurs à 5.

L'activité des enzymes est aussi très sensible aux variations de pH. Il a été observé que l'activité maximale de la plupart des protéases microbiennes, se situe dans l'intervalle de pH 5–7,5 et celle des lipases dans la zone 7,5–9,0. Au-dessous de pH 4,5, la stabilité de nombreuses enzymes est par contre fortement réduite (MIETTON, 1995).

Dans le Camembert, le caillé en fin d'égouttage a un pH voisin de 4,5. Un tel pH ne permet ni le développement des microcoques et des corynébactéries (agents de maturation), ni une action suffisante des protéases. En outre, il limite les interactions protéines–minéraux et protéines-eau qui contribuent à conférer à la pâte fromagère une texture souple et homogène. C'est pour cette raison qu'une certaine neutralisation du caillé est donc nécessaire. Celle-ci est assurée par le développement des moisissures qui utilisent le lactate comme source de carbone.

5.2.3. L'oxygène

Certaines bactéries ne peuvent vivre sans oxygène de l'air. On les appelle aérobies stricts. Pour d'autres au contraire, l'oxygène libre est toxique, ce sont les anaérobies stricts. Certaines bactéries sont assez indifférentes, ce sont les aéro-anaérobies facultatives.

Ces bactéries peuvent indifféremment respirer l'oxygène gazeux ou l'oxygène lié sur des molécules organiques (fermentations comme les fermentations alcooliques, lactique, etc.) ou minérales (réduction des nitrates, comme dans les stations d'épuration). Enfin, certaines bactéries ne peuvent survivre qu'en présence d'une très faible quantité d'oxygène, ce sont les bactéries micro-aérophiles

5.2.4. La pression osmotique

La plupart des bactéries sont insensibles à la pression osmotique du fait des protections que leur procure leur paroi. Toutefois, les bactéries marines ou celles cultivant dans des milieux salés (bactéries halophiles) ou dans les milieux hyper sucrés comme les confitures (bactéries osmiophiles) ne peuvent survivre dans des milieux hypotoniques.

REVUE DE LITTÉRATURE

5.3. Caractéristiques et évaluation de la phase d'affinage

L'affinage correspond à diverses transformations biochimiques (protéolyse, lipolyse, glycolyse...) (Tableau 2) qui résultent de l'activité des enzymes natives du lait ou de celles qui sont issues de micro-organismes rajoutés à ce dernier en vue de sa transformation en fromage (bactéries lactiques et moisissures). Ce sont ces modifications souhaitées qui sont responsables de la maturation du coagulum et de l'obtention d'un produit dérivé ayant des caractéristiques organoleptiques recherchées.

Tableau N°4 : Les grandes transformations biochimiques au cours de l'affinage selon BERTRAND (1988).

SUBSTRATS	TYPES DE TRANSFORMATIONS OU MICROORGANISMES IMPLIQUES	PRINCIPAUX PRODUITS FORMES
<ul style="list-style-type: none"> • Protéines • Peptides • Acides aminés • Amines • Cétoacides • Aldéhydes 	<ul style="list-style-type: none"> • Protéolyse • Désamination • Décarboxylation - • Dégradation des chaînes latérales • Désamination oxydative • Réduction • Réduction • Oxydation 	<ul style="list-style-type: none"> • Peptides ; acides aminés • NH₃ ; acides α- cétoniques • CO₂ ; amines - Phénol, indole, méthanthiol et autres composés soufrés volatils. • NH₃ ; aldéhydes • Aldéhydes • Alcools • Acides
<ul style="list-style-type: none"> • Lactose* • Acide citrique* • Diacétyle 	<ul style="list-style-type: none"> • Fermentation lactique (Bactéries lactiques homofermentaires) (Bactéries lactiques hétéro fermentaires) • Fermentation alcoolique (levures) • (Bactéries lactiques) 	<ul style="list-style-type: none"> • Acide lactique • Acide lactique ; éthanol ; acide acétique ; CO₂ - CO₂, éthanol

REVUE DE LITTÉRATURE

<ul style="list-style-type: none"> • Acide lactique 	<ul style="list-style-type: none"> • -Fermentation propionique ; (Bactéries propioniques) 	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ ; acétaldéhyde ; acétone, diacétyle. - Acétone, butane diol • Acide propionique ; acide acétique ; CO₂
<ul style="list-style-type: none"> • Triglycérides* (glycérides partiels) • Acides gras (à chaîne moyenne ou courte) • Méthyl cétones • Acides gras (à chaîne courte) . Ethanol, alcools aliphatiques, ou aromatiques, • Thiols 	<ul style="list-style-type: none"> • Lipolyse • β - oxydation (Penicillium) • Réduction • Estérification 	<ul style="list-style-type: none"> • Acide gras : glycérides partielles ; glycérol ; • Méthyl cétones (C₂N- 1) ; CO₂ • Alcools secondaires(C₂n1) • Esters • Thioesters

5.4 Les modifications biochimiques au cours de l'affinage

5.4.1. Fermentation du lactose

Selon (ECK, 1990), le lactose est métabolisé très tôt dans la pâte du Camembert. Les moisissures dégradent rapidement les lactates et leur évolution est particulièrement importante entre le quatrième et le septième jour.

Il est à noter que la dégradation des lactates provoque la neutralisation de la pâte et joue un rôle important dans la métabiose du fromage.

Il a été montré par THOMPSON *et al* (1978), que dans un milieu carencé en sucre comme les pâtes fromagères, le métabolisme énergétique des bactéries lactiques peut être perturbé et donner naissance à des quantités importante de divers composés carbonés tels que l'acide formique, l'acide acétique et l'éthanol. Ces derniers participent néanmoins à la formation de l'arôme et de la saveur.

5.4.2. Hydrolyse de la matière grasse (La lipolyse)

La matière grasse du lait, participe dans la phase d'affinage à la formation des caractéristiques organoleptiques particulièrement reconnues pour le cas du Camembert.

La dégradation de cette matière grasse ou lipolyse peut être due à l'action de la lipase naturelle du lait (notamment dans les fromages au lait cru) et à celle des lipases d'origines microbiennes. Ces agents permettent de transformer les triglycérides en glycérides partiels et acides gras.

CHOISY *et al* (1984) mentionnent que tous les micro-organismes sont susceptibles de produire des lipases mais en quantités plus ou moins importantes selon les espèces ou les souches.

Les micro-organismes des fromages les plus lipolytiques sont les moisissures. En effet, *Penicillium Camemberti* produit une lipase alcaline exo cellulaire (DESNOUVEAUX *et al*, 1986).

Selon MOLIMARD *et al* (1997), cette lipase constitue l'agent principal de la lipolyse du Camembert qui est plus intense dans la partie superficielle (où elle peut atteindre 30 %) qu'au centre du fromage (KUDZAL-SAVOIE, 1982).

5.4.3. La protéolyse

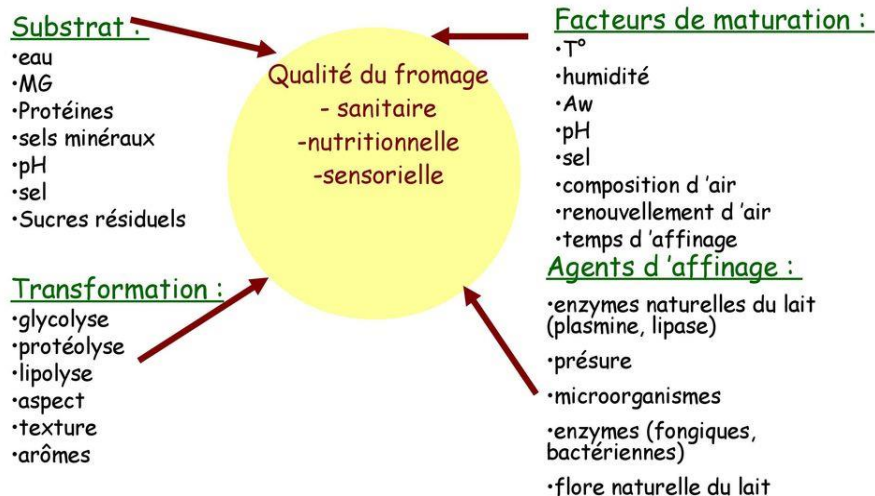
C'est le phénomène le plus important de la phase d'affinage car il affecte à la fois la texture et la saveur. LENOIR *et al* (1983), font observer qu'en partant du caillé égoutté qui contient 4–8 % de substances azotées solubles dans l'eau, on arrive en fin de maturation, dans les hâloirs, à un fromage présentant 20 à 50 % de substances azotées.

Il s'agit d'une digestion progressive comparable à celle qui se produit dans le tube digestif des animaux, mais qui reste limitée. Globalement, cette protéolyse a deux conséquences :

- La pâte fromagère devient plus molle et plus onctueuse ;
- Il y'a production de métabolites qui confèrent un arôme et une saveur particulière au fromage (ECK,1990).



L'affinage



D'après Ivan Larcher

Figure N°8 : schéma représente l'impact d'affinage sur la qualité du fromage (Ivan Larcher 1990)

6. La flore d'intérêt technologique

6.1. Les bactéries lactiques

Dans le processus de transformation du lait en fromage à coagulation lactique ou mixte, la microflore lactique est la première flore à intervenir. Les bactéries lactiques sont classées en différents genres, selon la composition de leur paroi cellulaire, leurs caractéristiques biochimiques et génétiques (Stiles, 1997).

Les genres *Enterococcus*, *Lactobacillus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Streptococcus* sont majoritairement retrouvés dans les fromages. Du point de vue phylogénique, ces micro-organismes sont des bactéries à Gram-positif, catalase-négatives,

asporulées, micro aérophiles ou anaérobies facultatives, en forme de coques ou de bâtonnets. Leur ADN se caractérise par une teneur en G+C inférieure à 55 % (Stiles & Holzapfel, 1997).

La fonction principale de ces bactéries est de dégrader le lactose, sucre majoritairement contenu dans le lait, pour produire de l'acide lactique (fermentation lactique). Du fait de cette propriété, l'utilisation des bactéries lactiques comme levain en fromagerie a été introduite par Weigmann en 1890 (Stiles & Holzapfel, 1997), principalement dans le but d'accomplir l'acidification du lait simultanément à sa coagulation.

REVUE DE LITTÉRATURE

Les bactéries lactiques sont également des agents de l'affinage qui contribuent aux caractères organoleptiques dans la fabrication fromagère (MDAHOU, 2017). Elles ont pour rôles essentiels :

- Acidifier le lait et le caillé grâce à la présence de l'enzyme β -galactosidase qui permet de scinder le lactose en glucose et en galactose. Cette acidification se caractérise aussi par des odeurs et des saveurs sûres.
- Réaliser une fermentation lactique par transformation du lactose, sucre majoritairement contenu dans le lait en acide lactique.
- Abaisser le pH par la production d'acide lactique aux dépens du lactose du lait, ce qui favorise la microflore acidophile comme les levures et les moisissures.
- Augmenter la synérèse du caillé.
- Participer à la formation du goût (protéolyse, production de composés aromatiques) et participer à la texture (gélification du produit, modification des conditions physicochimiques de la matière première, enzymes de coagulation, polysaccharides...), donc améliorer la qualité organoleptique des fromages.
- Augmenter la durée de conservation des fromages.
- Inhiber la croissance des bactéries nuisibles (ROBINSON, 2002).

On distingue couramment deux types de ferments : les mésophiles et les thermophiles

6.1.1. Ferments lactiques et flore NSLAB (Non Starter Lactic Acid Bacteria)

Dès lors, on peut différencier les bactéries lactiques dites « sauvages » naturellement présentes au départ dans le lait de fabrication du fromage ou apportées par l'ambiance des ateliers de fabrication, des ferments lactiques qui correspondent aux bactéries lactiquesensemencées volontairement dans le lait.

On distingue couramment deux types de ferments : les mésophiles et les thermophiles. Les levains mésophiles (*ex. Lactococcus, Leuconostoc*) sont en général utilisés pour des variétés de fromage dont la température des caillés pendant la phase d'acidification ne dépasse pas 40 °C, alors que les levains thermophiles (*ex. Streptococcus thermophilus, Lactobacillus helveticus, Lactobacillus delbrueckii*) sont plutôt employés dans des variétés de fromage où la température dépasse 40 °C en début de fabrication (Fleet, 1999 ; Parente & Cogan, 2004). Le taux d'ensemencement des levains lactiques dans les laits de fromagerie varie entre 10⁵ et 10⁷ufc/ml. Parallèlement à la synérèse du caillé, ces bactéries se développent rapidement pour atteindre une population de l'ordre de 10⁹ufc/g dans la majeure partie des fromages, un jour après ensemencement.

REVUE DE LITTÉRATURE

- **Les ferments mésophiles**

Les ferments mésophiles ont une température optimale de croissance proche de 30°C. Ils comprennent des souches de *Lactococcus* et *Leuconostoc*, sont des bactéries dites aromatisants (AHADDAD et KASMI, 2013).

- ***Lactococcus***

Ce sont les *streptocoques* mésophiles à Gram positif, anaérobie aérotolérante, non mobiles, non sporulantes et homofermentaires. Leur fonction principale est d'acidifier le lait créant ainsi un milieu défavorable au développement des germes

indésirables (BENLOUCIF et OULMI, 2017), elles contribuent à la protéolyse primaire des fromages. D'autre part, l'autolyse précoce des lactocoques permet la libération d'autres enzymes intracellulaires telles que des protéinases, des peptidases.

Actuellement, le genre *Lactococcus* comprend cinq espèces, *Lactococcus lactis* est l'espèce la plus connue (BOULLOUF, 2016).

- ***Leuconostoc***

Les *leuconostoc* sont des coques à Gram positif, non mobiles et non *sporulantes*, ils sont *hétérofermentaire*. Ils sont fréquemment retrouvés dans le lait et les fromages dont le rôle est la production d'arôme et la texture des fromages.

Les *Leuconostoc* principalement *Leuconostoc mesenteroides ssp. cremoris* et *Leuconostoc lactis* sont utilisés en association avec les lactocoques dans l'industrie laitière pour produire en plus de l'acide lactique et le CO₂, des substances aromatiques telles que le diacétyle et l'acétoïne à partir des citrates du lait (BOULLOUF, 2016).

- **Les ferments thermophiles**

Leur température optimale de croissance se situe entre 37 et 47°C. Ils comprennent les *lactobacilles*, les bifidobactéries et *Streptococcus thermophilus* (AHADDAD et KASMI, 2013).

- ***Streptococcus***

Ces bactéries sont des cocci sphériques à Gram positif, homofermentaires. Ce genre est généralement divisé en trois groupes : pyogène (la plupart des espèces pathogènes et hémolytiques), oral

REVUE DE LITTÉRATURE

et les autres streptocoques. Beaucoup d'espèces sont commensales ou parasites de l'homme et des animaux et certaines sont hautement pathogènes (BOULLOUF, 2016)

La seule espèce de streptocoques qui soit utilisée en technologie alimentaire est *Streptococcus thermophilus* qui a été incluse dans le groupe des « autres streptocoques ». Elle se différencie par son habitat (lait et produits laitiers) et son caractère non pathogène. Cette bactérie garantit une acidification rapide du lait lors de la fermentation lactique et assurent aussi une saveur particulière au produit. *Streptococcus* disparaît rapidement durant l'affinage. On suppose que cette disparition résulte de la lyse des cellules bactériennes (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

➤ *Lactobacillus*

Ce genre est quantitativement le plus important des genres du groupe des bactéries lactiques. Il s'agit de bacilles longs et fins (parfois incurvés) souvent groupés en chaînes, immobiles, asporulés, ils peuvent être homofermentaires et hétérofermentaires. Les espèces laitières les plus importantes sont : *Lactobacillus casei*, *Lactobacillus bulgaricus*, *Lactobacillus helveticus*, *Lactobacillus plantarum*. Ces levains sont ajoutés au lait après la pasteurisation, Ils sont sous forme liquide ou lyophilisés (AHADDAD et KASMI, 2013).

6.1.2. Biodiversité dans les fromages à pâte molle

Les études décrivant la biodiversité de la flore lactique dans les fromages à pâte molle ont essentiellement porté sur le Camembert. La flore lactique du Camembert est quantitativement marquée par les lactocoques qui atteignent globalement 10⁹ ufc/g au cours de l'affinage (Richard, 1984 ; Desmasures, 1995), avec une prédominance de l'espèce *Lactococcus lactis*. Au niveau intraspécifique, Corrolier (1999) a mis en évidence une appartenance unique à la sous-espèce *L. lactis ssp. lactis* au plan phénotypique, alors que les mêmes souches se différenciaient en deux sous-espèces *L. lactis ssp. lactis* et *L. lactis ssp. cremoris* au plan génotypique. Les lactobacilles, dont la principale source serait le lait, représentent le second groupe de bactéries lactiques majoritairement retrouvées. Ils atteignent dans le Camembert une population de 3.10⁷ ufc/g de fromage au cours de l'affinage, tant à l'intérieur qu'en surface (Choisy et al., 1997b ; Henri-Dubernet et al., 2004). *Lb. Paracasei* et *Lb. plantarum* sont les deux espèces les plus fréquemment rencontrées (Henri-Dubernet *et al.*, 2004)

REVUE DE LITTÉRATURE

6.1.3. Activités métaboliques et impacts technologiques

Les bactéries lactiques utilisées comme ferment dans la fabrication fromagère ont pour principale fonction de produire de l'acide lactique et, dans certains cas, de produire des composés d'arôme ou des précurseurs. Les principales activités métaboliques impliquées sont la glycolyse, la lipolyse et la protéolyse. Les autres facteurs responsables de ces activités dans le fromage sont les levains secondaires, la flore NSLAB et des enzymes endogènes du lait et du coagulant. De plus, l'autolyse de certaines bactéries lactiques conduit à la libération de leurs enzymes intracellulaires dans la matrice fromagère (Gobbetti *et al.*, 1999 ; Fitzsimons *et al.*, 2001), ce qui peut ainsi accélérer l'affinage et contribuer au développement de la flaveur des fromages (Husson-Kao *et al.*, 2000 ; Collins *et al.*, 2003).

6.2. Les bactéries d'affinage

Les bactéries lactiques ne sont pas les seuls micro-organismes jouant un rôle dans la fabrication du fromage du genre camembert, C'est aussi des bactéries d'affinage « bactéries de surface ». Elles se retrouvent à leur surface, soit à un ensemencement naturel et/ou dirigé. Ces bactéries sont généralement aérobies, mésophiles et halophiles (ROBINSON, 2002).

Ces bactéries appartiennent aux familles des *Micrococacceae* et des *Corynebacteriaceae* mais la principale espèce de bactérie corynéforme qui participe à l'affinage des fromages de type Camembert est *Brevibacterium* (NOUARI et BOUZIANI, 2018) productrice de caroténoïde responsable de couleur orange de la croûte qui est considérée comme un défaut pour camembert, sa croissance est inhibé par *Penicillium camemberti* donc le risque de l'apparition de cette couleur est faible (HAMITOUCHE et AICHE, 2018).

6.3. La flore fongique

Le caractère acido-tolérant des levures hémi ascomycètes justifie leur présence dans les fromages au lait cru et dans les fromages au lait pasteurisé

Les principales sources de contamination en levures proviennent de la saumure, qui à elle seule peut fournir jusqu'à 103 ufc/g de levures (Viljoen *et al.*, 2003), et des locaux de fabrication et d'affinage (air, sols, murs, étagères, équipement et saumure) (Baroiller & Schmidt, 1990 ; Fleet, 1990 ; Viljoen *et al.*, 2003).

L'évolution de la flore levure est donc différente d'un type de fromage à l'autre. Il existe également des variations pour un même type de fromage, d'un atelier à l'autre, voire d'un fromage à l'autre au sein d'un même atelier (Eliskases-Lechner & Ginzinger, 1995b).

REVUE DE LITTÉRATURE

Dans les fromages à pâte molle, on estime que les concentrations en cellules viables sont de 100 à 1000 fois plus importante sur la croûte qu'au cœur de la pâte (Lenoir et al., 1983 ; Leclercq-Perlat *et al.*, 1999).

A contrario, dans les fromages de type bleu, la flore levure est plus importante à cœur (Besançon *et al.*, 1992

➤ *Geotrichum candidum* :

C'est une levure mycélienne caractérisé par des colonies crémeuses, responsable du revêtement blanchâtre du camembert. Elle contribue à la formation de la saveur et des arômes typiques du camembert (AHADDAD et KASMI, 2013).

Geotrichum candidum joue un rôle clé dans l'affinage de ce genre du fromage car il permet la désacidification de la pâte en consommant les lactates mais il participe aussi à sa désamérisations en lysant les peptides amérisants produits par *Penicillium camemberti*. Enfin, *Geotrichum candidum* favorise la cohésion et le séchage de la surface ce qui diminue le risque d'une croûte collante (BENLOUCIF et OULMI, 2017).

De plus *Geotrichum candidum* joue un rôle protecteur à la surface du camembert par sa capacité à inhiber la croissance de plusieurs moisissures contaminantes du genre *Penicillium*, *Aspergillus versicolor*, *Mucor* et *Listeria monocytogenes* (HAMITOUCHE et AICHE, 2018).

➤ *Penicillium camemberti*

Cette moisissure est l'une des moisissures les plus intéressantes pour la fabrication des fromages affinés. C'est une moisissure aérobie stricte, sa croissance commence par la germination des spores dans des conditions favorables qui fusionnent ensuite pour former le mycélium. L'ajout de *Penicilliumcamemberti* se fait après une sélection rigoureuse des souches en fonction de leur couleur, de la couleur qu'elle confère aux fromages, de leur vitesse de croissance, de la densité et de la hauteur du mycélium (HAMITOUCHE et AICHE, 2018) ainsi de leurs activités protéolytiques et lipolytiques déterminant les caractères.

REVUE DE LITTÉRATURE

7. Propriétés rhéologiques et texturales de fromage

7.1. Comportement rhéologique

7.1.1. Rhéologie

La science des relations entre les contraintes et les déformations d'un élément de volume (Couarraze et al., 2000. Grossiord *et al* 2002).

La rhéologie science de déformation de la matière, classe habituellement les effets de l'application d'une contrainte en quatre catégories élémentaires :

- Déformation réversible instantanément : élasticité
- Déformation réversible, mais dépendant du temps : élasticité retardée
- Ecoulement dépendant de la force appliquée : viscosité
- Déformation permanente à partir d'un certain seuil de contrainte : plasticité. (Eck ., Gilis , 1997).

Selon Roudot, (2002) la consistance d'un fromage est décrite à partir d'un ensemble des paramètres rhéologiques de sens physique précis : module d'élasticité,

Viscosité et temps de relaxation. De son étude réalisée sur divers fromages, il conclue, qu'en général, le fromage est un corps viscoplast-oélastique, car lorsqu'il est soumis à une contrainte (pression d'un pouce, pénétration par une aiguille, cisaillement par un couteau, etc.), il présente une combinaison de déformation élémentaire relevant de l'élasticité, de la viscosité et de la plasticité. Ce comportement peut être différent d'un fromage à un autre selon l'importance et le type de contrainte imposée. De ce fait, on peut dire que chaque fromage, à un instant donné de son affinage, constitue une entité rhéologique et que de nombreux paramètres sont susceptibles de modifier son comportement (Hardy et Scher, 1997).

7.1.2. Contrainte (stress)

La contrainte est définie comme la force de cisaillement rapportée à l'unité de surface de la couche considéré (Bourne, 2002). La texture d'un fromage est un paramètre important pour son classement et l'appréciation de sa qualité organoleptique. L'évaluation des propriétés texturales des fromages peut être

REVUE DE LITTÉRATURE

faite par deux méthodes : une méthode sensorielle et des méthodes objectives ou encore méthodes instrument Hennequin (1993)

7.1.3. Analyse sensorielle

Par définition l'analyse sensorielle consiste à évaluer les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens. Les caractéristiques organoleptiques des fromages comportent : l'apparence, la texture, et l'ensemble des sensations olfactogustatives (soit les odeurs, les arômes, les saveurs et les sensations trigéminales). L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, sa saveur, son arôme stimulant les sens ; de la vue, de l'ouï, du toucher, de l'odorat et du goût et provoquant des réactions plus ou moins vives d'acceptation ou de rejet. Ce sont ces différentes propriétés des fromages qui déterminent une meilleure approche de la classification des fromages selon (Chambers *et al.*, 2005).

En complément et selon l'étude Barcenás *et al.*, (2005), l'analyse sensorielle est un outil important qui permet la différenciation de fromages de différents laits et principalement ceux d'appellation protégées. Elle peut être un moyen de classification des fromages.

7.2. Méthodes d'appréciation de la texture et de la rhéologie des fromages

L'étude de la relation entre la composition et la structure d'un aliment nécessite des étapes successives soit

- Composition
- Structure
- Propriétés mécaniques (rhéologie)
- Texture
- Qualité organoleptique.

De ce fait la mesure des propriétés mécaniques fondamentales est surtout essentielle pour la compréhension de la structure de l'aliment alors que les mesures texturales sont utiles pour quantifier la qualité organoleptique (Hardy et Scher, 1997).

Dans la rhéologie fondamentale les techniques sont basées sur l'application d'une contrainte sur un échantillon et l'observation du comportement ou la déformation de ce dernier en fonction du temps. Cependant les caractéristiques texturales des fromages sont mesurées aux moyens de tests empiriques simples comme les méthodes de la pénétration et aussi aux tests imitatifs de la mastication. Ces dernières

REVUE DE LITTÉRATURE

méthodes visent à reproduire de manière partielle le processus de mastication. Différents équipements sont proposés pour définir « Profil de la Texture » des fromages, permettant de décrire à partir d'un seul test un ensemble de paramètres texturaux pouvant être reliés à des caractéristiques sensorielles (Bourne, 2002).

Ce test permet de comparer des échantillons de fromages soumis à des conditions identiques (Solís-Méndez *et al.*, 2013).

7.2.1. Méthodes rhéologiques fondamentales

Il existe deux techniques de base permettant de préciser les propriétés mécaniques d'un produit. Dans la première, dite expérience de fluage, s'applique sur un échantillon de dimensions bien définies une force constante et l'expérimentateur suit les variations de la déformation en fonction du temps. Après un temps déterminé, la contrainte peut être brutalement annulée et on continue de suivre les variations de la déformation résiduelle (recouvrance). Dans la seconde, dite expérience de relaxation, c'est au contraire la déformation qui est brutalement amenée à une valeur constante et on suit les variations de la contrainte en fonction du temps. Le dépouillement mathématique de courbes obtenues permet de calculer diverses grandeurs physiques telles que ; viscosité, temps de relaxation, viscosité structurale, etc.

7.2.2. Méthodes empiriques

- Les caractéristiques texturales des fromages ont souvent été mesurées au moyen de tests simples en utilisant des appareils très divers simulant de près ou de loin certaines

Techniques d'appréciation sensorielle. On peut les classer en cinq catégories principales (Eck ., Gilis ., 2005) :

- Les méthodes de compression
- Les méthodes d'extrusion
- Les méthodes de cisaillement
- Les méthodes de pénétration
- Les méthodes de tranchage
- Les paramètres évalués par ces différentes méthodes sont nommés, selon les cas, dureté,
- Fermeté, souplesse, friabilité, consistance, etc

REVUE DE LITTÉRATURE

- **7.2.3. Paramètres influençant les propriétés texturales des fromages**

Hennequin et Hardy (1997). Selon une étude portant sur onze variétés de fromages américains ont montré l'influence de diverses variables relatives à la composition : ainsi, la contribution texturale des variables indépendantes suivrait la séquence ; (teneur en

Protéines, teneur en sel, teneur en eau, pH, teneur en matière grasse.) Ils ont montré que le pH et l'extrait sec total. Sont les deux variables qui agissent le plus sur la fermeté de fromages de type « pâte molle » (André *et al* 2003)

**DEUXIEME PARTIE
RECHERCHE
EXPERIMENTALE**

CHAPITRE I

MATERIEL ET METHODES

Matériel et Méthode

Présentation de l'étude

Comme nous l'avons vu, les fromages sont des écosystèmes complexes où cohabitent des bactéries, des levures et des moisissures. Les bactéries lactiques interviennent très tôt dans la transformation du lait en fromage, en contribuant à l'acidification et à la coagulation du lait. Puis, les levures, en métabolisant l'acide lactique produit par les bactéries lactiques, provoquent une remontée du pH qui favorise la croissance des bactéries d'affinage. Les moisissures interviennent plus tardivement dans l'affinage. Tout au long de la fabrication et de l'affinage, par une multitude d'activités enzymatiques, bactéries, levures et moisissures interagissent donc entre elles, avec les constituants du lait, puis du fromage. Les propriétés sensorielles (texture, saveur, odeur et arôme) du fromage obtenu résultent donc d'un équilibre entre les différentes populations microbiennes, à la fois complexe et variable selon le processus technologique, et sans cesse en évolution en cours de fabrication et d'affinage.

L'objectif du travail

Notre travail consiste à la comparaison des études de l'influence de la modification des ferments lactiques sur la qualité du produit d'après la recherche expérimentale de quelque auteur

Le but estompé à travers cette recherche théorique, est faire :

- Une comparaison sur la fabrication fromagère a pate mole de type artisanal et stabilisé
- Une étude des aptitudes technologiques des bactéries lactiques isolées et réactiver pour le but d'appliquer ces ferments sélectionnés dans la fabrication d'un fromage à pâte molle (camembert de type stabilisé et artisanal) au sein du laboratoire

. Lieu d'étude

L'intégralité de ce travail devrait être réalisée au laboratoire de recherche des sciences et techniques de production animale (LSTPA) Hassi-Mamèche, Mostaganem.

Matériel et Méthode

Matériel et réactifs

1. Diagramme de fabrication

Origine des bactéries utilisées

Les souches utilisées sont des souches de bactéries lactiques appartenant au fournisseur aimablement par Madame HENNI .

- Matériel et milieux de culture utilisés pour les analyses microbiologiques
- **Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques**
- Etuve ;
- Lame.
- **Milieux de culture**
- Gélose Désoxycholate ;
- Gélose Chapman ;
- Gélose PCA ;
- Eau oxygénée ;
- Matériel utilisé au cours de la production
- **Le matériel expérimental utilisé**
- Tank de stockage et de maturation ;
- Cuve de coagulation ;
- Moules, claies et rehausses ;
- Bain de saumure ;
- Découpeurs.
- **Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques**
- PH mètre ;
- Butyromètre ;

Matériel et Méthode

- Balance analytique ;
- Bain marie ;
- Burette hydrométrique ;
- Thermo lactodensimètre;
- Dessiccateur
- Centrifugeuse ;
- Etuve
- Thermomètre
- Capsule en verre et en aluminium.
- **Réactifs utilisés**
- Acide sulfurique (densité =1,52g/cm³) ;
- Alcool iso-amylque ;
- Phénophtaléine ;
- Hydroxyde de sodium (NaOH).

1.1. Ferments utilisés dans la fabrication du camembert

Les ferments utilisés dans la fabrication du camembert sont des ferments d'acidification (tableau 01) en association avec des ferments d'affinage (tableau 02) pour ensemencement direct du lait.

Tableau N° 05 : Ferments utilisés lors de la production fromagère artisanal et stabilise :

Ferment	Description
Culture mésophile	Culture mésophile cette culture contient <i>Lactococcus lactis subsp lactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> et <i>Entéro coccus faecium</i>
Culture thermophile	Culture thermophile cette culture contient : <i>staphylococcus thermophilus</i>

Matériel et Méthode

.. Ces essais sont réalisés dans le but d'avoir une comparaison entre un fromage a pate mole type stabilisé par rapport au produit standard (artisanal), en changeant quelques paramètres tel que la température, la concentration de la présure et le nombre des retournements

Tableau N°06 :la signification des ferments lactique

Ferment	Description
A	Une culture mésophile qui contient : <i>Lactococcus lactis subsp lactis</i> , <i>Leuconostoc mesenteroides</i> et <i>Entéro coccus faecium</i>
B	Une culture thermophile qui contient : <i>Streptococcus thermophilus</i>
C	Moisissure de <i>Geotrichum candidum</i> sous forme liquide, l'avantage de l'utilisation d'une culture liquide est la rapidité d'une culture liquide et la rapidité de croissance de <i>Geotrichum candidum</i> par rapport a une culture lyophilisée permettant ainsi une meilleure protection entre la poil de chat

Effets attendus des ferments

- A : Une culture mésophile hétérofermentaire qui permet une acidification rapide, contribue à la texture de la pâte du fromage
- B : Une culture thermophile, permet une acidification rapide et régulière avec une bonne stabilisation du pH pour les pâtes molles.
- C : Il permet une désacidification rapide de la croûte avec une production d'un mycélium blanc ras et favorise le développement des autres ferments d'affinage comme *Penicillium*. Il contribue à l'aromatisation du fromage

1.2. Le lait cru de vache

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

- Standardisation en matière grasse MG à 32 g/L
- Thermisation à 68°C pendant 15 secondes.

Matériel et Méthode

I.3. Les ferments lactiques

1.3.1. Les mésophiles

Utilisation d'un mélange des souches mésophiles isoler a partir de différents lait et identifier par Mme Hennide *Lactococcus lactis subsp lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Enterococcus faecium*

1.3.2.les thermophiles

La souche de *Streptococcus thermophilus*

1.4. Les ferments d'affinage

Utilisation de deux types de levains fongiques qu'il s'agit un champignon et une levure : *Penicillium camemberti* sous forme lyophilisée

Description de produit :

- Aspect : poudre
- Couleur : crème-beige

Geotrichum candidum sous forme suspension liquide conservé à 4C°.

.1.5. Présure

- **Préparation**

Utilisation d'une solution contenant 20 g de présure en poudre du commerce dans 1L de l'eau et leur pH est ajusté à 6,6

Procédure artisanale

Dans une autre part on utilise des procédure artisanne pour réaliser un fromage a pate mole type camembert par une présure végétal

Jour 1

- Mettre le lait dans b cher et le chauffer   85-90 C dans un bain marie.
- Ajoutez 40 ml de jus de citron ou bien vinaigre et bien remuer mais délicatement (15-20 secondes).

Matériel et Méthode

- Retirez de bain marie, couvrir et laisser reposer pendant 15 minutes (sans remuer). On devrait voir le caillé et le petit lait (liquide légèrement jaune/ verdâtre) se séparer assez nettement.
- Lorsque le caillé et le petit lait sont bien séparés (20 heures à 20-23°C) on verse le tout dans une passoire tapissée de coton à fromage.

Jour 2

On laisse égoutter le caillé pendant 6-8 heures. Le lendemain, le caillé est mis en moules puis égoutté. L'égouttage permet d'évacuer le sérum du fromage frais. On obtient des produits de textures très différents selon la durée et la température d'égouttage car l'extrait sec peut varier sensiblement. Certains fromages moulés sont vendus avec un faible égouttage, laissant une petite couche de

sérum au-dessus du caillé. Le produit doit être adapté en fonction des attentes de la clientèle, d'où l'utilité des tests de produit avant le lancement de la production. On sort le fromage du sac et on mesure son poids

1.6. Chlorure de calcium CaCl_2

C'est un sel soluble de calcium favorise la coagulation du lait et augmente la proportion de caséine coagulable en déterminant ainsi une augmentation du rendement en fromage.

Préparation

Chlorure de calcium cristallisé est ajoutée préalablement dissout dans l'eau.

Matériel et Méthode

Tableau N°7 : Diagramme de fabrication du camembert au niveau de laboratoire

Standardisation	<ul style="list-style-type: none">• Lait cru à teneur en matière grasse standardisée 32g/L
Pasteurisation	<ul style="list-style-type: none">• Thermisation 68 C° pendant 15 secondes
Maturation 33 à 34 °C	<ul style="list-style-type: none">• L'ajout de ferments lactiques (mésophiles et thermophiles)• L'ajout de ferments fongiques (<i>pénicillium camemberti</i> et <i>Geotrichum candidum</i>)
Emprésurage 35°C	<ul style="list-style-type: none">• L'ajout de présure 15 à 20mL/100L de lait (1,75 mL/5 L de lait)• L'ajout de chlorure de calcium CaCl₂ (1 mL /5 L de lait)
Coagulation 37°C	<ul style="list-style-type: none">• Se fait à 37 °C pendant 45 minutes à 1 heure pH=6,3
Tranchage	<ul style="list-style-type: none">• Le caillé est découpé en petit cube de 2 à 2 ,5 cm de côté à l'aide d'une spatule
Brassage	<ul style="list-style-type: none">• 10 min après le tranchage, on fait un brassage manuel par la louche
Moulage	<ul style="list-style-type: none">• Le caillé est mis en moules, Ces moules additionnées aux stores, ils ont une forme ronde ou circulaire de 120 grammes disposer sur des stores
Égouttage 26 C°	<ul style="list-style-type: none">• Dès la mise en moules du caillé, le sérum s'exsude à travers les trous de la sorte pendant ce temps le caillé descend dans le moule. Avec de 3 retournements après chaque 3 heures.
Démoulage	<ul style="list-style-type: none">• Il se fait le lendemain de la fabrication. Les fromages camembert démoulés sont déposés sur des claies métalliques.
Salage	<ul style="list-style-type: none">• Il se fait manuel avec le sel sec (NaCl)
Ressuyage	<ul style="list-style-type: none">• Les fromages sont ressuyés pendant 16 à 18 h dans une salle où règne une température de 14-15°C Avec retournement quotidiens

Matériel et Méthode

Affinage

- Il est réalisé en hâloirs, la température de le hâloir est de 1012°C, son humidité relative est de 95%,
- Les fromages sont retournés quotidiennement en 12 jours, jusqu'à apparition d'un feutrage blanc

Emballage

- Les fromages sont emballés dans un papier de plastique. Cet emballage permet de compléter l'affinage au cours du stockage en assurant l'aération de la flore superficielle des fromages.
-

2. Méthode d'analyses physico-chimiques

Les analyses physico-chimiques contribuent à la protection du consommateur pour tous les paramètres qui n'entraînent pas de modifications visibles des caractéristiques du produit (tout ce qui n'est pas détectable visuellement), vérifier la composition et la qualité physico-chimique des produits en analysant la matière première « lait cru » et le produit fini « camembert ».

Préparation des échantillons

Pour réaliser une analyse physico-chimique du lait, la technique utilisée diffère d'un produit à l'autre :

- La matière première telle que le lait cru, est prélevée en haut et en bas de la citerne, une simple agitation à l'aide d'une baguette en verre suffit à le rendre suffisamment homogène.
- Le lait destiné à la fabrication du fromage à pâte molle type camembert est prélevé après la standardisation et le traitement de thermisation à 68 °C pendant 15 secondes.
- Prélèvement de lait cru en respectent les conditions d'hygiène

Matériel et Méthode

2.1 Matière première : lait cru utilisé pour la fabrication du camembert

2.1.1. Détection d'Antibiotiques dans le lait par le Beta s.t.a.r. Combo Principe

Beta Star Combo est un test de détection visuelle rapide pour les Béta-lactames (Amoxicilline, Ampicilline...) et résidus d'ATB Tétracycline (Oxytétracycline, Tétracycline...) dans le lait cru.

Mode opératoire

Le test se réalise en une seule étape : un volume de lait donné est introduit dans un tube, puis déposé dans un incubateur. La bandelette est ensuite introduite dans le tube pour démarrer le test. Au cours de l'incubation, le lait migre le long de la bandelette en entraînant les réactifs présents au pied de celle-ci. En présence d'antibiotiques, les réactifs de détection vont être complètement ou partiellement bloqués par la présence des antibiotiques. Ce faisant, l'intensité de la couleur de la réponse correspondant à la ou aux lignes antibiotiques sera plus faible, montrant ainsi un résultat positif pour le ou les antibiotiques.

2.1.2. Détermination du pH

Principe

Le pH représente l'acidité du lait à un moment donné. On la mesure habituellement à l'aide d'un pH-mètre. Le pH du lait de vache se situe généralement entre 6,6 et 6,8 (Vignola, 2002).

Mode opératoire

- Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampon à pH= 7
- Régler la température de l'appareil à 20°
- Introduire l'électrode dans le récipient contenant l'échantillon à 20°C.
- Attendre la stabilisation du pH pour effectuer la lecture.

Matériel et Méthode

Lecture

La lecture des résultats se fait directement à partir de l'affichage sur le cadran du pH mètre. Le pH est mesuré à l'aide d'une électrode combinée, placée 30 sec au contact de la pâte de camembert. La lecture se fait directement à partir de l'écran de pH mètre.

2.1.3. Acidité titrable

Principe

L'acidité est déterminée par le dosage de l'acide lactique à l'aide de l'hydroxyde de sodium (NaOH) à N/9. La présence de phénolphthaléine, comme indicateur coloré, indique la limite de la neutralisation par changement de couleur (rose pâle).

Cette acidité est exprimée en degré Dornic (°D) où : 1°D représente 0,1 g d'acide lactique dans un litre de lait.

Mode opératoire

- Remplir la burette de la solution de NaOH (N/9), régler le niveau du liquide à Zéro.
- A l'aide de la pipette de 10 mL, prélever 10 mL de lait et transférer dans un bécher de 100mL.
- Ajouter 3 à 4 gouttes de solution de phénolphthaléine et titrer jusqu'à l'apparition d'une couleur rose persiste 30 Seconde.
- Noter le volume de solution titrant utilisé en dixièmes de millilitres

Expression des résultats :

L'acidité est exprimée en degré Dornic « °D » qui correspond à 0,1 mL de la soude Dornic, ou en gramme par litre d'acide lactique.

$$0,1 \text{ ml de NaOH} = 1^{\circ}\text{D} \quad 1^{\circ}1^{\circ}\text{D}$$

2.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse

Principe

Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution des produits à doser (excepté la matière grasse) par l'acide sulfurique. Sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à

Matériel et Méthode

l'adjonction d'une faible quantité d'alcool iso-amylque, la matière grasse se sépare en couche claire dans des graduations et butyromètre révèle le taux. (Norme AFNOR, 1980).

Mode opératoire

10 mL d'acide sulfurique ont été introduits dans un butyromètre sans mouiller le col. Ensuite 11 mL du lait et 1 mL d'alcool iso-amylque ont été ajoutés, après bouchage de butyromètre il a été procédé à l'agitation jusqu'à dissolution complète de la caséine qui se coagule au contact de l'acide. Le butyromètre, a été centrifugé durant 5 minutes à une vitesse de rotation 1200 tours par minute sans le laisser refroidir. Une colonne claire et transparente de matière grasse a été obtenue dans la partie graduée de butyromètre a la sortie de la centrifugeuse, le résultat a été lu à la hauteur.

- Introduire dans le butyromètre de GERBER
- 10 mL d'acide sulfurique
- 11mL Du lait - 1mL d'alcool iso-amylque
- Fermer le butyromètre à l'aide d'un bouchon ;
- Mélanger jusqu'à la dissolution totale du mélange puis centrifuger pendant 6 minutes à
- 1200 tours / min. le résultat est exprimé en g /L et la lecture se fait directement sur le butyromètre.
- La lecture doit être effectuée en 10 secondes, sinon le butyromètre est replongé dans le bain d'eau pendant 5 mn pour une seconde lecture.

Expression des résultats

La matière grasse est bien détectée par sa couleur jaune claire par rapport aux autres constituants. La teneur en M.G du produit exprimé en pourcentage en masse est déterminée par l'expression suivante :

$$\text{MG (\%)} = \text{N1-N2}$$

N1 : la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne du butyromètre.

N2 : la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne du butyromètre

Matériel et Méthode

2.1.5. Détermination de la température et de la densité

Principe

Cette propriété se définit comme étant le rapport de la masse volumique de lait à une température (T) par la masse volumique de l'eau à la même (T). Chacun des constituants agit sur la densité du lait ; étant donné que la matière grasse est le seul constituant qui possède une densité inférieure à 1. Donc plus un lait ou un produit laitier contient un pourcentage élevé en matière Grasse plus sa densité sera basse. D'autre part, les solides non gras (SNG), ont tous une densité supérieure à 1. On peut donc affirmer qu'un écrémage du lait augmentera sa densité et qu'un mouillage ou une addition d'eau la diminuera

La norme tunisienne exige que la densité du lait cru destinée à la transformation ne soit pas inférieure à 1,028 à une température de 20°C. La densité est mesurée à 20°C à l'aide d'un thermo- lactodensimètre.

Mode opératoire

- Verser doucement le lait dans une éprouvette tenue inclinée, afin d'éviter la formation de mousse.
- Remplir l'éprouvette jusqu'à ras bord de manière que le lait déborde légèrement pour entraîner les traces de mousse qui pourraient gêner la lecture.
- Plonger le thermo lactodensimètre dans le lait en le retenant jusqu'au voisinage de l'équilibre.
- Lire directement la température et la densité

2.1.6 Détermination de l'extrait sec total

Principe

L'extrait sec total est déterminé à l'aide d'un dessiccateur infrarouge. Le principe consiste à sécher l'échantillon par l'émission de radiations infrarouges et à contrôler en continu le poids à l'aide d'une balance intégrée. Le pourcentage d'humidité ou de solide est calculé par la différence entre le poids humide initial et le poids sec final. L'extrait sec dégraissé (ESD) est déterminé en faisant la différence entre l'extrait sec total (EST) et la matière grasse (MG).

Matériel et Méthode

L'extrait sec total a été déterminé par dessiccation de 5g d'échantillon (fromage à pâte molle « Camembert ») à l'étuve à la température de $105 \pm 3^{\circ}\text{C}$, pendant $4\text{h} \pm 10\text{ min}$.

2.1.7 Détermination de la teneur en extrait sec dégraissée

Le pourcentage d'extrait sec dégraissé a été calculé par la différence entre extrait sec total et la matière grasse :

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

ESD : extrait sec dégraissée

EST : extrait sec total

MG : matière grasse

Cette série d'analyse physico-chimique peut être réaliser par l'aide d'un LACTOSTAR pour déterminer les paramètres suivants : Acidité titrable ; Matière grasse ; La température et de la densité ; De l'extrait sec total ; La teneur en extrait sec dégraissée (Recommander par F.I. L'ISO 707 octobre 2018)

Qualité physico-chimique du lait : PH : 6,71 Acidité : 16°D Matière grasse : 28g/L Matière protéique : 27,5g/L Lactose : 44g/L

3. Activation des souches bactérienne

Les bactéries lactiques synthétisent des molécules à actions bactéricides et ou bactériostatiques comme les acides organiques, le peroxyde d'hydrogène, le dioxyde de carbone, le diacétyle, la reuterine et les bactériocines (De Vuyst et Vandamme, 1994).

Les bactériocines sont des peptides, produits et secrétés à l'extérieure de la cellule des bactéries lactiques. Leur spectre d'activité peut être plus ou moins large, quelquefois limité aux espèces proches phylogénétiquement des bactéries productrices (Jack *et al.*, 1995 ; Matilla *et al.*, 1999). Les bactéries lactiques sont utilisées dans plusieurs technologies pour répondre aux besoins de l'industrie alimentaire, cosmétique, et pharmaceutique. De nos jours, il y a une forte tendance à réduire l'utilisation des substances chimiques et traitement thermique pour la conservation des aliments en préservant leurs propriétés organoleptiques (Rodgers, 2001 ; Vermeiren *et al.*, 2004).

Matériel et Méthode

3.1. Etude de l'activité antimicrobienne des souches lactique

3.1.1. Revivification des souches lactiques

Décongeler la souche pendant 30 min à température ambiante, puis incubée à 37 °C à 24h.

A partir de la souche conservée

La purification consiste à effectuer des repiquages sur bouillon M17 pour la souche thermophile et MRS pour la souche mésophile jusqu'à l'obtention de la souche pures bien distinctes et homogènes.

Les boites sont incubées à 30-42 °C à 24 heures.

3.1.2. Ensemencement du lait

Ensemencé dans un flacon contenant 200ml de lait cru stérile 2ml de la souche lactique Incubée à 24h à 30-42 °C.

3.1.3. Préparation milieu Agar au lait

Pour 100 ml à 3%

- 3g Agar.
- 1g Extrait levure.
- 1g Lait écrémé en riche au lactose.

Mélangé 50ml de lait écrémé +Agar +lait lactosé + extrait levure + l'eau distillée jusqu'à 100ml pendant 10min. Distribué le mélange dans des flacons stérile puis autoclaves pendant 15 min à 121 °C.

Mesuré pH=6.5

3.1.4. Préparation les dilutions

- Mettre 9 ml de l'eau physiologie dans les tubes stériles 10^1 - 10^2 - 10^3 - 10^4 - 10^5 - 10^6 - 10^7 - 10^8

Mettre 200ml lait cru dans des flacons stériles (conservé dans réfrigérateur).

Matériel et Méthode

3.2. Contrôle de la pureté de la souche bactérienne :

Cette technique consiste à effectuer des repiquages sur bouillon M17 et MRS. Après croissance on procède à la purification sur milieu M17 et MRS solide. Après incubation, des colonies présentent des aspects morphologiquement différents, et purifiées par les méthodes des stries sur milieu M17 solide et MRS, puis incubation des boîtes à 30-42 °C pendant 24h.

La pureté des souches est confirmée par des observations microscopiques à l'état frais et après coloration de Gram avec une recherche de la catalase. L'examen macroscopique, permet de décrire les cultures bactériennes sur les milieux. On relève la couleur, le pourtour, l'élévation, l'aspect, la pigmentation, l'opacité et le diamètre des colonies (Badis et al., 2004 a). L'observation au

microscope permet de définir l'aspect morphologiques des isolats retenues (leur taille et mode de regroupement) (Guiraud, 1998 ; Badis et al., 2004a).

3.2.1. Critères morphologiques

Les cultures pures sélectionnées vont subir une observation macroscopique sur boîte Pétri suivie d'une observation microscopique sur microscope photonique après avoir réalisé une coloration de Gram.

3.2.2. Critères biochimiques

3.2.2.1. Test de catalase

Ce test consiste à mettre une colonie prélevée du milieu MRS gélosé dans de l'eau oxygénée. Le dégagement de bulles de gaz signifie qu'il y'a production de l'enzyme catalase et que le test est positif.

3.2.3.2. Test d'oxydase

Une colonie pure prise du milieu MRS gélosé est mise sur papier Watman imbibé de réactive oxydase. Le développement d'une couleur bleue signifie que le test est positif et que l'isolat possède l'enzyme cytochrome oxydase.

Matériel et Méthode

3.2.3.3. Type fermentaire

Ce test est réservé pour les bactéries lactiques. Les souches pures sélectionnés sont ensemencées sur bouillon MRS, M17 et MRS+V contenant des cloches du Durham, après incubation à 30°C pendant 24h l'absence de gaz dans la cloche montre qu'il s'agit d'un métabolisme homofermentaire par contre le dégagement de gaz indique un métabolisme hétéro fermentaire

3.2.3.4. Test de présence de l'amidon

Ce test est basé sur la détermination de la présence ou l'absence de l'amidon dans le lait. Dans un bécher qui contient l'échantillon, 2 à 3 gouttes d'iode sont ajoutées, le changement de la couleur au bleu indique la présence de l'amidon dans le lait.

3.2.3.5 Test de stabilité

Le principe de ce test est basé sur l'ébullition de lait cru sur la plaque une chauffante dans le but de déterminer la fraîcheur et l'état de conservation du lait réceptionné.

3.2.3.6. Test d'antibiotique

On met le milieu de culture (le β s.t.a.r Combo) dans la microonde à 47.5°C pendant 2 min après l'ajoute à l'aide d'une micropipette 200 μ L de lait et on règle l'appareil à 3 min. La lecture des résultats se fait par des bandelettes où la présence de deux traits signifie un résultat positif et la présence de trois traits indique un résultat négative. 3

3.2.3.7. Les souches indicatrices

Utilisées dans le cadre de cette étude isolats de bactéries thermophiles « Streptocoques lactiques », spores de mucor, ferment d'affinage microcoques et *brevibacterium*, *penicillium candidum* pour le fromage a pate mole type stabilisé et ferment mésophile *Lactococcus lactis subsp lactis*, *Leuconostoc mesenteroides* et *Enterococcus faecium*

4. la méthode de fabrication de camembert

Il existe plusieurs méthodes de production du camembert. Si les principales étapes sont identiques, certaines sont caractéristiques de la production artisanale. La méthode

Matériel et Méthode

traditionnelle du camembert AOP. À la Société Fromagère de Jort, à Bernières d'Ailly dans le Calvados,

- Le lait collecté quotidiennement est mis en maturation entre 12 et 14 °C avec des ferments lactiques qui vont l'acidifier. Le lendemain, le lait subit une seconde maturation d'une heure à 20 °C qui permet de poursuivre l'acidification. On va ensuite porter sa température à 34–35 °C (selon le cahier des charges de l'appellation, le lait ne doit jamais dépasser les 37 °C, sa température à la sortie du pis de la vache), le verser dans des bassines de 120 litres
- Et y ajouter de la présure pour le faire cailler.
- Au bout d'une dizaine de minutes, le lait passe ainsi de l'état liquide à l'état de gel. Le durcissement va durer une heure. Le caillé est ensuite sabré.
- Puis le moulage à la louche peut débuter. Les moules sont disposés sur de grandes nattes en bouleau – les stores – qui vont donner au camembert ses stries caractéristiques. Cinq louches vont être versées dans les moules avec un intervalle d'une heure entre chaque louche.
- C'est l'égouttage naturel qui a lieu entre les différentes louches qui permet d'en verser 5 dans un moule censé n'en contenir que 3 à 3,5. L'égouttage va se poursuivre encore 6 heures. À ce moment, les camemberts sont retournés et l'on pose dessus de petites plaques en inox pesant 80 g qui vont maintenir la surface plane.
- Pour mouler les 120 litres de caillé, chaque mouleur va déposer environ 300 louches, et ceci en 13 minutes seulement. Ainsi, un mouleur va mouler chaque jour près de 1 200 fromages en versant dans les moules 5 louches pour chacun d'eux.
- Le lendemain matin, les camemberts sont démoulés et salés à raison de 4,5 à 5 g de sel fin par camembert. Ils sont salés sur leurs deux faces et également sur le talon (le tour).
- Les camemberts sont ensuite mis à sécher durant 24 heures. Ensuite, ils vont être mis en hâloir durant 13 à 15 jours afin d'être affinés. Là, leur « fleur » va évoluer et ils seront retournés 1 fois au bout de 4 à 5 jours. Le « dessus » du camembert correspond donc à la première louche lors de son moulage.

Matériel et Méthode

- À la fin de cette quinzaine, les fromages vont être triés et emballés. (LIBERTÉ, ÉGALITÉ, CAMEMBERT, 2015)

. Protocole de fabrication de camembert à base de lait cru

4.1. Préparation du lait cru

On a préparé le lait reconstitué à partir de deux types de la poudre (4.520 kg de la poudre entière 26% et 480g de la poudre écrémé 0 %) qui sont dissout dans 36 L de l'eau pasteurisé

4.2. Chauffage et refroidissement

Le chauffage de lait à 100 °C pendant 30 min ,afin d'éliminé tout les germes pathogènes thermophiles puis un refroidissement à 6°C pendant une nuit.

4.3. L'ajout des ferments d'acidification et les ferments d'affinage et le CaCl₂

Après 24h le lait est chauffé à 38 °C et inoculé par 3 % des ferments (ferments thermophiles et mésophiles) et les ferments d'affinage. Les ferments lactiques d'acidification

4.3.1. Les ferments thermophiles : elles assurent la production d'une faible quantité d'acide lactique et la stabilisation du fromage a pate mole type stabilisé, les ferments utilisés sont :

- *Streptococcus thermophilus*
- *Streptococcus salivarius subsp thermophilus*

4.3.2.les ferments mésophiles : ce sont des bactéries qui assurent la production d'acide lactique et du CO₂ avec la production de flaveur de fromage a pate mole type artisanal (soudart) .

- *Lactococcus lactis subsp*

4.4. Les ferments d'affinage

Geotrichome candidium : c'est un agent clé dans la maturation du fromage, il influence beaucux plus l'aspect, la structure et la saveur du fromage. Il est utilisé en association avec p.cadidium.

Matériel et Méthode

4.5. 1.. L'emprésurage

La présure commerciale (MARZYME® ;Danisco,Danemark 710-739 IMCU/ml) sous forme de poudre est ajouté en raison de 0.4 % pour 36 l de lait après sa préparation dans 10 ml de l'eau pasteurisé et une petite quantité de sel. La présure provoque la coagulation à une température allant de 36°C à 38°C. Durant cette étape, la coagulation du lait était trop lente par rapport au lait de vache avec un temps de pressurage qui dépasse 15 min.

4.5.2.Tranchage, brassage et soutirage de lactosérum

Après coagulation, le caillé est tranché verticalement et horizontalement. Le tranchage est suivi d'un brassage qui permet au lactosérum de remonter à la surface et au caillé de précipiter.

4.5.3. Le moulage-égouttage

Durant cette étape le caillé est versé dans des moules de formes arrondie grand modèle pour permettre l'égouttage du lactosérum. Après 30 min de moulage nous avons effectué le premier retournement, suivi du deuxième retournement après 8 h .le démoulage est effectuée après 24 h de fabrication



Figure N° 09 : Moulage de fromage (Benloucif et al ,2016).

4.5.4. Le salage

Le salage des pièces de camembert se fait dans des chambres à une température de 15 °C à l'intérieure des cuves qui contiennent la saumure qui est préparée à base de 22 kg de NaCl et 100l de l'eau. Le camembert est plongé dans la saumure pendant 10 à 15 min, cette étape permet le soutirage du lactosérum et la sélection des microorganismes d'affinage.

Matériel et Méthode



Figure10 : Salage en saumure (Benloucif *et al* ,2016).

4.5.5. L'affinage

C'est la dernière phase de fabrication du camembert qui lui permet d'acquérir une saveur caractéristique. Elle se fait dans des conditions particulières de température de l'ordre de 13°C et d'humidité entre 80-90% et d'aération pendant 12 jours.



Figure 11 : Affinage des camemberts (Benloucif *et al* ,2016).

Matériel et Méthode

5.1. Analyse physico-chimique de produit fini

5.1.1. Détermination de l'acidité titrable du camembert

A l'aide d'une balance on mesure une quantité bien définie (1g ou 2g) de la pâte interne de camembert après élimination de la pâte externe. Après on ajoute une quantité suffisante de l'eau distillée pour dissoudre la pâte camembert. On mélange bien l'eau distillée et le pesé de la pâte interne du camembert. Puis on ajoute 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine 1 %.

Le titrage de ce mélange est réalisé à l'aide de la soude (NaOH) jusqu'au virage au rose. A la fin on détermine le volume du NaOH utilisé (chute de la burette) qui sera utilisé pour déterminer l'acidité

Le titrage de ce mélange est réalisé à l'aide de la soude (NaOH) jusqu'au virage au rose. A la fin on détermine le volume du NaOH utilisé (chute de la burette) qui sera utilisé pour déterminer l'acidité

5.1.2. Détermination de l'extrait sec dégraissée

C'est le résultat de la différence entre l'extrait sec total et la teneur en matière grasse

5.1.3. Détermination de la teneur en matière grasse

Le taux de la matière grasse de l'échantillon est déterminé selon la méthode acido-Butyrométrique. Le principe est basé sur la séparation de la matière grasse par centrifugation dans un butyromètre, la séparation de cette dernière en une couche claire transparente est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso amylique. On introduit 10 ml d'acide sulfurique dans une cloche de butyromètre, puis on ajoute une quantité de l'échantillon (1ml de lait et 10 g pour le camembert), ensuite on ajoute 1ml d'alcool iso amylique et ferme la cloche à l'aide d'un butyromètre, puis on mélange jusqu'à la dissolution totale du mélange. Enfin on centrifuge pendant 6 minutes à 1200 tours / min. Le résultat est exprimé en g/l et la lecture se fait directement sur le butyromètre

Tableau08: caractéristiques physico-chimiques du lait utilisé pour la fabrication du Camembert :

Ph	6.71
Acidité	16 D°
MG	28 g/L
Lactose	44 g/l
MP	27.5 g/l

Matériel et Méthode

6.1. Analyses microbiologiques du lait et du camembert

La recherche des coliformes fécaux et totaux Le milieu utilisé pour la recherche des coliformes est le désoxycholate Prélever aseptiquement 1 ml du lait de la solution mère est le mettre dans des boites de Pétrie stériles et vide (et pour le camembert peser 10g de la pâte interne de camembert, ajuster de l'eau physiologique jusqu'à 100 ml et préparé la dilution 10-1 couler ensuite le milieu désoxycholate en surfusion et homogénéiser le tout et laisser le solidifier.

Une fois le milieu est solidifié, couler à nouveau une quantité de la même gélose (ensemencement en double couche). L'incubation des boites se fait pendant 24h à 44C °C pour les coliformes fécaux et à 30°C pour les coliformes totaux.

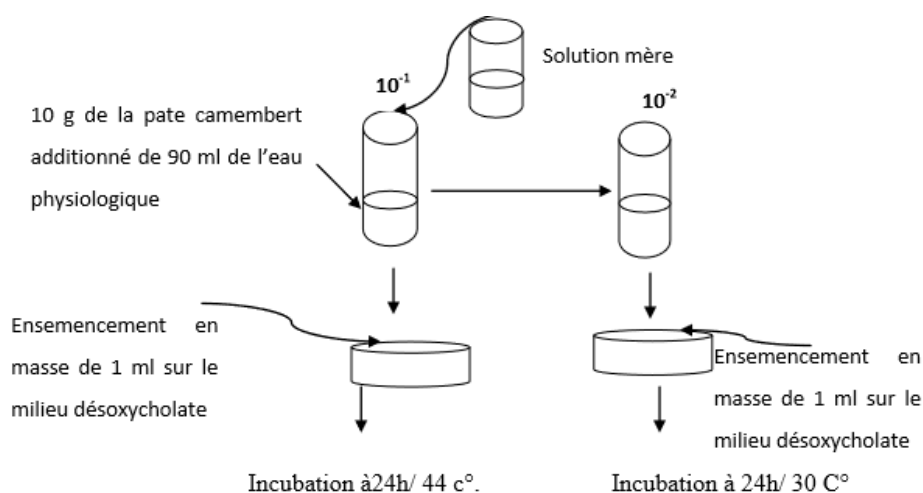


Figure 12: Dénombrement des coliformes totaux et fécaux dans le camembert. (FTAM)

Matériel et Méthode

6.1.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles (FTAM)

La flore aérobie mésophile totale renferme les microorganismes pathogènes saprophytes

Le dénombrement des microorganismes aérobies facultatifs se fait en ensemençant 1ml des deux dernières dilutions dans la gélose PCA. L'incubation se fait à 30°C/72h

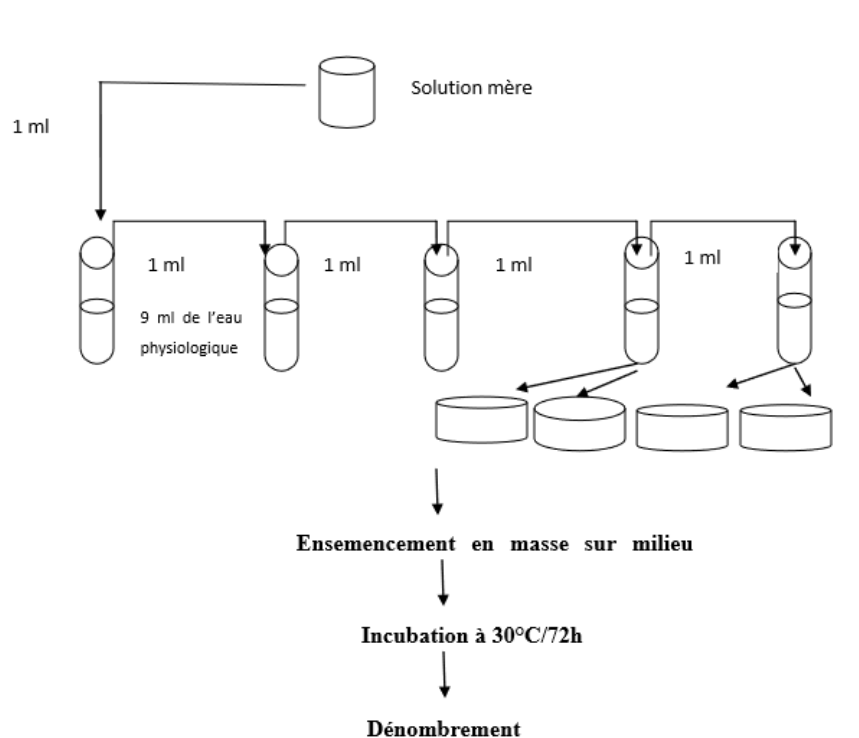


Figure13 : Dénombrement de la flore aérobie mésophile totale(FTAM)

6.1.2. Recherche et dénombrement de *Staphylococcus aureus*

Staphylococcus aureus fait partie de la flore de la peau et des muqueuses de l'homme (Poutrel, 1992), sont les seules souches capables de produire une entérotoxine protéique qui cause des intoxications alimentaires (Leyral et Vierling, 2007).

Dans le cas de lait (lait cru ou lait reconstitué) on prélève une goutte de la solution mère à l'aide de l'anse stérile, l'ensemencement se fait en surface par la méthode des stries sur le milieu Chapman. -Dans le cas de camembert en semence 0.1 ml de la dilution 10⁻² sur le milieu Chapman et l'incubation à 37°C/24h. Solution.

Matériel et Méthode

6.1.3. Recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* (seulement pour le camembert)

La recherche des *Clostridium sulfito-réducteurs* est basée sur l'utilisation de milieu contenant du sulfite de sodium qu'ils réduisent en sulfure. Elles sont utilisées comme un témoin d'hygiène, leur présence dans les aliments est indicateur d'une contamination fécale (Laurpent, 1997). On prépare quatre tubes contenant chaque un 5 ml de la solution mère (une quantité de la pâte camembert + l'eau physiologique) ont les complète par 20 ml avec le milieu Viande Foies en surfusion. et leur incubation 44°C/72h.

7. Analyse sensorielle

L'évaluation sensorielle des aliments est une technologie dont l'objectif est la détermination des propriétés sensorielles ou organoleptiques des aliments, et la recherche des préférences ou aversions pour ces aliments qui déterminent ces propriétés sensorielles. (Patrick et al., 2009).

Le principe consiste à présenter à un sujet un échantillon de fromage pour lequel il doit préciser tous les observations visuelles ou dégustation afin de :

- Établir un profil sensoriel.
- Étude de la satisfaction des consommateurs et/ou de leurs préférences.
- Comparaison entre deux produits pour étudier l'influence de certains procédés technologiques sur les qualités organoleptiques.

Les caractéristiques sensorielles du camembert sont évaluées par des observations visuelles et des dégustations

Les séances de dégustation des deux fromages à pâte molle préparés, par un panel de quelques personnes non entraînés mais habitués à la dégustation de leurs fromages.

II. 5. L'évaluation sensorielle

L'objectif de cette analyse consiste à donner le profil sensoriel global du fromage en demandant à un groupe de personne composé d'enseignants, étudiants de différents niveaux et les membres de nos familles d'établir un jugement qualitatif ainsi que classer ce produit selon les critères décrit dans la fiche de dégustation.

Matériel et Méthode

Les quatre essais de lait ont été codés avec les lettres A, B, C et D:

- A ; produit stabilisée
- B : produit artisanal
- C : produit standard

7.1. Les fiches de dégustation

La note globale intègre l'odeur du produit entier, l'aspect de la croûte et de la pâte, la texture en bouche de la pâte ainsi que la flaveur (goût et saveur). Les fiches de dégustation permettent de porter un jugement qualitatif sur les fromages en notant différents descripteurs. Une note globale est finalement attribuée au fromage. Les échantillons ont été présentés en même temps et déposés dans un ordre aléatoire. Les dégustateurs doivent individuellement évaluer chaque fromage selon les caractères prédéfinis. Lorsqu'ils passent d'un échantillon à un autre, ils doivent se rincer la bouche avec de l'eau afin d'effacer le goût de l'échantillon précédent (Edima, 2007).

7.1.2. Caractéristiques organoleptiques et rhéologiques :

7.1.2.1. Suivi de l'évolution de la texture

La texture est évaluée au moyen de techniques instrumentales ou sensorielles, la méthode instrumentale présente l'avantage d'être corrélée à l'analyse tout en étant facile à mettre en œuvre (Laitier *et al.*, 2009).

7.1.2. 2.. Test d'intensité

Au cours de ce test, les dégustateurs doivent noter l'intensité perçue d'une caractéristique sensorielle (attribut) de chaque échantillon codé sur une échelle allant de 1 (faible intensité) à 9 (forte intensité). Les notes de chaque échantillon sont présentées sous forme de tableau et sont établies au moyen de Microsoft Excel 2007 sous forme étoile d'araignée.

7.1.2.3. Test de viscosité

Le principe de mesure de la viscosité tel que conçu est d'appliquer une force de mouvement à un produit en rotation.

Mode opératoire :

- La viscosité des fromages à pâte molle est mesurée à une température ambiante 25C° après l'affinage.

Matériel et Méthode

- Le viscosimètre utilisé dans ce test est VT550 avec une géométrie cône plan avec une vitesse de cisaillement de 0 à 500 1/s avec une durée de 3000 s
- Placer le mobile (géomètre cône plan) sur le viscosimètre.
- Placer une petite masse de l'échantillon prélevé au centre sur le support et centrer le par apport au mobile

Chapitre II

Résultats et discussion

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Matière première

Plusieurs critères sont généralement utilisés pour identifier la qualité du lait, les critères microbiologiques tel que le nombre et la nature des germes et les critères physicochimiques comme l'acidité, la densité, la teneur en matière grasse et l'extrait sec total,).

. 1. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique du lait cru

Les résultats devrez être obtenus ont été comparé aux valeurs appliquées par la fromagerie et ils sont résumés dans le tableau

Tableau09 : Résultats de l'analyse physico-chimique de lait cru.

Paramètres	Ac	MV (g/ml)	MG (g/l)	Test stabilité	ATB
Valeurs appliquées	14 à 18	1.028 à 1.033	28 à 30	Stable	Négatif
Productionstandard (artisanal)	18	1.027	33	Stable	Négatif
Production de type stabilisé	16.5	1.027	32	Stable	Négatif

AC : acidité, MV : masse volumique, MG : matière grasse, ATB : antibiotique

Les résultats montrent que les valeurs étaient comprises entre 16 et 18°D pour l'acidité, 1.027 et 1.028 pour la masse volumique, entre 30 et 33g/l pour la matière grasse. Ces valeurs sont conformes aux valeurs appliquées pour l'utilisation de lait cru de vache dans la technologie de fabrication fromagère et plus particulièrement le camembert

. 1. 1. 1. Acidité

Les résultats montrent que l'acidité des deux échantillons est comprise entre 16 /18D°. Dès sa sortie du pis de la vache, le lait a une certaine acidité. Cette acidité est due principalement à la présence des protéines, surtout les caséines et les lactalbumines, de substances minérales telles que les phosphates et le gaz carbonique, ainsi que des acides organiques, le plus souvent l'acide citrique. Un lait frais normal à une acidité titrable de 16 à 18° degré Dornic. Dans les laits en voie d'altération, cette acidité titrable augmente en raison de la dégradation du lactose en d'autres acides en plus de l'acide lactique et des liquides (AMARIGLIO, 1986).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. 1. 2. Densité

Les valeurs de la densité des échantillons faisant l'objet de cette étude sont comprises entre 1.027 et 1.028 ce qui correspond aux valeurs appliquées p.

La densité du lait n'est pas une valeur constante. A une température de 20°C, les valeurs moyennes peuvent être comprises entre 1,028 - 1,033. Deux facteurs de variation opposés déterminent la densité : la concentration des éléments dissous et en suspension (solide non gras) et la proportion de matière grasse.

La densité varie proportionnellement à la concentration des éléments dissous et en suspension mais varie de façon inverse à la teneur en graisse (ALAIS, 1984 ; BOUDIER et LUQUET ,1981). En effet, selon l'étude menée par Filipovitch (1954), sur des laits dont la densité se situe entre 1,030 et 1,032 ; en dehors de tout mouillage, la densité d'un lait varie selon sa richesse en matière sèche, et est inversement proportionnelle au taux de matière grasse. Ainsi l'écémage du lait conduit à une élévation de sa densité (LUQUET, 1985).

1. 1. 3. Matière Grasse

D'après Lederer (1983), un lait de très bonne qualité contient 35-40g/l de matière grasse. Le lait utilisé dans nos essais présentait donc une teneur moyenne en matière grasse. La variation du teneur de cette dernière peut être due à la race bovine exploitée et aux conditions d'élevage telles que le stade de lactation, l'alimentation (stratégie d'alimentation beaucoup plus basée sur les concentrés) et la traite (LUQUET, 1985).

1. 1. 4. Test d'antibiotique

On remarque dans plusieurs études que les laits crus de vache destinée à la fabrication du camembert sont tous caractérisés par une absence totale d'antibiotique, donc le lait doit avoir à une sélection bien affectée pour la fabrication du camembert.

Les résidus d'antibiotiques, surtout si ces substances sont appliquées localement pour le traitement des mammites. Leur présence dans le lait offre un double inconvénient. Ainsi, pour le consommateur, elle peut être responsable de phénomènes allergiques et cancérigènes (MITCHELL, 2005). Ils peuvent aussi être l'origine de l'inhibition totale ou partielle des phénomènes fermentaires d'origine bactérienne (MOREL, 1962 ; LEMAITRE, 1963)

RESULTATS ET DISCUSSIONS

2. Résultats obtenus lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert

Dans cette partie, deux échantillons de fromages ont été fabriqués. Le suivi de plusieurs paramètres a été réalisé tout au long du procédé de fabrication. Les résultats obtenus sont résumés dans le tableau

Tableau 10 : Résultats obtenus lors de la fabrication des camemberts.

Paramètre	Artisanal	Stabilisé
Acidité lait pasteurisé	18 D°	16.5 D°
Maturation	120 min	45 min
Acidité début d'emprésurage	20 D°	18D°
Température	37°C	39C
Coagulase	0.7 %	2.3%
Temp de prise	16 min	07min
Temp de coagulation totale	45 min	15min
Acidité tranchage	18D°	14D°
Acidité début de moulage	19°	14°

2. 1. Temps de maturation

Le temps de maturation obtenu pour chaque essai sont illustrés dans le tableau

Tableau11 : Temps de maturation du lait des deux essais

Temps de maturation	45 min
	180 min

Cette étape de maturation consiste à ajouter des ferments lactiques afin de produire des acides lactiques. On laisse le lait reposer. Les bactéries préalablement développées, vont produire des acides lactiques. Ces acides vont permettre l'acidification du lait et favoriser la baisse du pH et vont interagir avec les enzymes lors de l'étape suivante qui est l'emprésurage, pour donner au lait une consistance solide (BECHENINE, 2017).

Les résultats montrent que le temps de maturation diffère d'un essai à un autre. Cela peut être dû au :

- Temps d'adaptation des ferments au milieu : Nous avons constaté que le temps de maturation lors de nos deux essais varie de 35 minutes à 180 minutes, nous pouvons dire que les ferments thermophiles s'adaptent rapidement au milieu et commencent la fermentation lactique afin de

RESULTATS ET DISCUSSIONS

produire l'acide lactique. Par contre les ferments utilisés dans la fabrication standard (mésophile) s'adaptent lentement au milieu et prennent du temps pour commencer la fermentation lactique et la production d'acide lactique. De ce fait, nous pouvons dire que les ferments utilisés lors de nos expérimentations s'adaptent rapidement au substrat et sont plus acidifiants par rapport aux ferments de la production standard, ils fermentent le lactose en acide lactique très rapidement ce qui a provoqué l'augmentation de l'acidité en peu de temps et a été traduit par un temps de maturation plus bas par rapport à celui de la production standard.

- L'influence de la ration de chaque ferment (thermophile et mésophile) peut aussi être évoquée. Elle est intimement liée à la température du chauffage du lait cru qui favorise les ferments lactiques à se multiplier et produire de l'acide lactique. Lors du chauffage de lait à une température 39 °C, nous avons à la fois l'acidification par les ferments mésophiles (50%) et thermophiles (50%), mais à une température de 37 °C, nous avons une activité faible des ferments thermophiles ; ce qui pourrait expliquer aussi les résultats obtenus.

2. 2. Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise

Le tableau illustre l'effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise

Tableau N°12 :: Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise.

	Concentration de coagulation	Temp de prise
Standard	0.7 %	16 min
Stabilisé	2.3%	7 min

Les résultats montrent que le temps de prise augmente en fonction de la concentration en coagulase.

L'activité de l'enzyme coagulante dépend de plusieurs paramètres : acidité, pH, température et concentration en calcium. Il existe une corrélation linéaire entre la concentration en présure et le temps de coagulation, ce dernier devenant plus court à mesure que la concentration en présure augmente. Le taux de raffermissement et la fermeté du gel augmentent quant à eux avec la concentration en présure (ST-GELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

L'influence de l'acidité est double. Tout d'abord, la chymosine s'active lors le milieu devient acide. L'acidification du lait améliore les propriétés de coagulation à la présure. Il y a augmentation

RESULTATS ET DISCUSSIONS

de la vitesse d'hydrolyse enzymatique et formation d'un gel plus ferme (STGELAIS et TIRARD-COLLET, 2002).

2. 3. Acidité au tranchage et au début du moulage

Les variations de l'acidité au tranchage et au début du moulage d'un essai à un autre est illustrées dans le tableau

Tableau 13 : Les variations de l'acidité au tranchage et au début du moulage

	Standard	Stabilisé
Acidité tranchage	18	14
Acidité début de moulage	19	14

Le tranchage a comme but d'améliorer l'égouttage du caillé. Le moulage sert à donner une forme au caillé et aussi permettre la poursuite de l'égouttage.

Généralement l'acidité au tranchage augmente au fur et à mesure en arrivant au moulage ($p < 0.5$). Cette augmentation diffère d'un essai à un autre. Cela est peut-être dû aux facteurs suivants :

- Type de ferments utilisés : ceux qui ont le pouvoir de provoquer une acidification rapide du milieu comme « B » par rapport à « A » utilisé dans la fabrication standard (artisanal) ;
- La température ambiante de la chambre de coagulation qui favorise les ferments lactiques à se multiplier et produire de l'acide lactique (fermentation lactique).

2.4. L'acidité aux retournements.

Les retournements ont pour objectif de régulariser la forme du fromage, d'homogénéiser le développement des microflore souhaitées sur le fromage et de bloquer les microflore indésirables en répartissant l'eau libre et en mettant régulièrement dans « l'air » la face du fromage qui est en contact avec le support. Les mouvements des piles de fromages dans les pièces d'affinage et des grilles de haut en bas des piles ont pour objectif de gommer des éventuelles hétérogénéités d'ambiance. Des réarrangements des fromages sur les grilles sont aussi pratiqués par les producteurs pour que les fromages se trouvent dans une atmosphère plus humide et moins riche en O₂.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

2. 5. Acidité au démoulage

Le suivi de l'acidité a été réalisé en continue à J+1 de la fabrication des camemberts pour mesurer l'acidité avant de faire sortir les fromages de leurs moules.

L'acidification se poursuit de l'étape d'ensemencement jusqu'à la consommation, la température ambiante (28-35°C) accélère la fermentation lactique induisant ainsi cette acidification. La fromagerie est qualifiée d'artisanale.

Des systèmes de chauffage simples sont utilisés pour chauffer la chambre d'égouttage afin de favoriser ce dernier, donc il n'y a pas un control de la température. De ce fait, la température de la chambre diffère d'un essai à un autre influençant ainsi l'acidité lors du démoulage qui diffère en fonction de cette température. En augmentant cette dernière l'acidité augmente.

2. 6. Suivi du pH du camembert en cours d'affinage

L'affinage commence dès que le fromage est salé et s'effectue dans des caves fraîches et chargées d'une flore d'affinage naturelle.

Au cours de cette étape de la production, le suivis des variations des pH des deux essais et de celui de la production stabiliser et artisanal cela après un jour du démoulage (J+2), quatre jours après démoulage (J+5) et six jours après démoulage (J+7). Les résultats sont résumés dans le tableau

Tableau 14 : Suivi du pH des camemberts en cours d'affinage

	Standard	Stabilisé
Ph J+2	5.13	5.03
PH J+5	5.01	4.95
PH J+7	4.86	4.91

Au début de l'affinage, l'acidité qui n'arrêtait pas de croître au cours de toutes les étapes de fabrication depuis la coagulation semble être abaissée par le biais de souches d'affinages, particulièrement par le *Penicillium Camemberti* capables de consommer l'acidité lactique du milieu. Cette diminution de pH permettra une meilleure prolifération et production enzymatique de la flore d'affinage (BECHENINE, 2017).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

L'augmentation de l'acidité au premier jour de fabrication couplée à la diminution du pH au cours d'affinage peut s'expliquer par l'existence d'une activité métabolique de la flore microbienne des fromages : l'ensemble des bactéries lactiques des ferments.

Il s'avère important de noter que le pH est lié à la qualité du fromage : un pH de 5.0 correspond à un fromage de bonne qualité alors qu'un pH supérieur à 5.2 correspond à un fromage qui se détériore plus rapidement qu'un fromage avec pH plus bas. (TALEBBENDIAB, 2017)

Les valeurs de pH des deux camemberts sont comprises entre 4.81-5.13. Ces valeurs sont conformes aux valeurs exigées par la réglementation (du Journal officiel N°39 de l'année 2017).

3. Produit fini

Plusieurs critères sont généralement utilisés pour identifier la qualité du fromage à pâte molle type camembert, les critères microbiologiques tel que le nombre et la nature des germes et les critères physicochimiques comme le pH, le taux d'humidité, la teneur en matière grasse, etc.

3. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique des camemberts

Les résultats de l'analyse physico-chimique précise la conformité du produit aux valeurs appliquées par la fromagerie. L'analyse de ces résultats montre des variations entre :

- 21 à 25% pour la matière grasse totale ;
- 42 à 47% pour l'extrait sec ;
- 4.78 à 5.12 pour le pH ;
- 50-53% pour le rapport G/S.

3. 1. 1. pH

Les valeurs du pH mesurés lors de l'analyse du produit fini sont illustrées dans le tableau .

Tableau 15 : le ph du produit fini

PH	Standard	stabilisé
	5.2	5.4

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Les résultats obtenus montrent que le pH des deux camemberts analysés est acide, des valeurs de 4.78 à 5.12 ont été enregistrées ce qui est conforme aux valeurs appliquées par la fromagerie.

Selon le test statistique :

D'après ces résultats, on remarque que le camembert est d'un pH de 5 Cet abaissement du pH est dû par la production d'acide lactique par les bactéries lactiques « A » et « B ».

3. 1. 2. Matière grasse

Les valeurs de la teneur en matière grasse des camemberts mesurées lors de l'analyse sont illustrées dans Le tableau n°11.

Tableau 16 : les valeurs de la matière grasses des camemberts.

MG	Standard	stabilisé
	25 %	23%

Les résultats obtenus montrent qu'il y'a une différence concernant la teneur en matière grasse pour lesfromages analysés. En effet :

- La teneur en MG pour le fromage de production standard (25%) est proche que l'autre fromages

La matière grasse joue un rôle important pour la qualité organoleptique du fromage du fait qu'elle est la source des composés aromatiques liposolubles d'où sa contribution à la qualité sensorielle du fromage, elle joue aussi un rôle important dans la fermeté du fromage (BARACHE et BOUATMANE, 2016).

Deux facteurs peuvent être à l'origine du ces variations : La richesse en matière grasse du lait utilisé pour la fabrication du fromage, ou bien le mode de fabrication, plus particulièrement l'égouttage qui a dû favoriser le passage de la matière grasse vers le lactosérum. (BECHENINE, 2017)

Les valeurs de la matière grasse montrent que le produit fini est conforme aux valeurs appliquées par la fromagerie.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

3. 1. 3. Humidité

Les résultats obtenus des taux d'humidité sont illustrés dans le tableau.

Tableau17 : le taux d'humidité des camemberts

Humidité	Standard stabilisé
53	57

La teneur en humidité est un paramètre physico-chimique qui renseigne sur la consistance du fromage, il est inversement proportionnel avec la dureté du fromage (BARACHE et BOUATMANE, 2016). De ce fait, les résultats obtenus montrent qu'il n'y a pas une différence significative entre l'humidité des deux fromages ($p > 0,05$),

3. 1. 4. Extrait sec total

Les valeurs de la teneur en extrait sec total des camemberts sont illustrées

L'extrait sec est le complément de la teneur en eau à 100%. Il est en fonction de la teneur en matière sèche du lait et de l'importance de l'égouttage, car l'élimination du lactosérum entraîne une forte augmentation de la teneur en matière sèche du fromage. En effet, la quantité d'eau évacuée permet la préservation de la qualité microbiologique du fromage par la diminution d'activité de l'eau, permettant de prévenir un développement de bactéries indésirables (FREDOT, 2009).

Une fluctuation de l'extrait sec total des échantillons étudiés a été observée (entre 42 et 47%).

- Il n'y a pas une différence significative entre l'extrait sec des camemberts Il y a une différence significative entre l'extrait sec des camemberts

Cette variation fait référence à la qualité de la matière première utilisée pour la fabrication du Camembert. Les valeurs de l'extrait sec total montrent que le produit fini est donc de bonne qualité.

La pâte molle fabriquée est relativement riche en eau. Il est établi que plus la quantité de lactosérum exsudée est importante plus l'EST du fromage est élevé. Cette exsudation est en liaison avec le salage qui contribue aussi à augmenter l'EST (BECHENINE, 2017).

RESULTATS ET DISCUSSIONS

3. 2. Résultats des analyses microbiologiques du Camembert

Les résultats des analyses microbiologiques du camembert exprimés en UFC/g doivent être comparés aux normes fixées par la réglementation nationale (Journal Officiel de la République Algérienne n° 39 de l'année 2017) sont résumés dans le tableau 18

Tableau 18 : Les normes des germes

Coliforme fécaux	10
<i>Staphylococcus</i>	10 ²
Coliforme	10 ²
Clostridium sulfito-réducteur à 46° C	01
<i>Escherichia coli,</i>	10 ²

Pour *les Staphylococcus aureus*, un nombre de 10²UFC de staphylocoque est toléré dans les camemberts. Cela indique que les produits ont été fabriqués en respectant les bonnes pratiques d'hygiène (application des règles d'hygiène au cours de la production en respectant de ces règles par le personnel).

Pour *Escherichia coli*, les résultats d'analyse des échantillons du camembert ont révélé une charge moyenne de 10²germes/g. Cette valeur est inférieure à la valeur fixée par la réglementation en vigueur qui est à 10²germes/g.

Pour le coliforme fécaux *les* résultats d'analyse des échantillons du camembert ont révélé une charge moyenne de 10germes/g. Cette valeur est inférieure à la valeur fixée par la réglementation en vigueur qui est à 10 germes/g.

Pour coliforme, les résultats d'analyse des échantillons du camembert ont révélé une charge moyenne de 10² germes/g. Cette valeur est inférieure à la valeur fixée par la réglementation en vigueur qui est à 10² germes/g.

Pour , *Clostridium sulfito-réducteur à 46° C* les résultats d'analyse des échantillons du camembert ont révélé une charge moyenne de 01germes/g. Cette valeur est inférieure à la valeur fixée par la réglementation en vigueur qui est à 01 germes/g.

RESULTATS ET DISCUSSIONS

Nous pouvons dire que les produits fabriqués sont de qualité microbiologique satisfaisante et ceci conformément à la réglementation nationale.

4. Résultats de l'analyse sensorielle

En industrie fromagère, la qualité des fromages est largement déterminée par la perception sensorielle qui est un processus complexe. Elle est influencée par plusieurs facteurs tels que l'aspect et la couleur de la croûte ainsi que la texture et le goût de la pâte.

L'analyse sensorielle a été effectuée en tenant compte des critères suivants :

- Aspect et couleur de la croûte à l'œil nu.
- Texture de la pâte au toucher : souple, molle, coulante, etc.
- Le goût : acide, amer, piquant, etc.

Des tests de dégustation devraient être réalisés suivant la fiche de dégustation jointe en annexe n°05. Un nombre de personnes ont participé à ces tests

Selon des recherches obtenues aux tests de dégustation, un classement des fromages a été réalisé. Ce dernier est représenté dans le tableau

Tableau19 : Classement des deux camemberts.

Classement	Standard	stabilisé
	2 -ème place	1 er place

Les résultats du test de dégustation montrent que la plupart de dégustateurs classent le fromage « stabilisé » en première place, le fromage « standard » en deuxième place,

Le fromage préféré par les dégustateurs est celui issu « stabilisé » qui a été fabriqué avec les ferments thermophile

'C 'qui ont un rôle d'acidification rapide, effet sur la texture de la pâte du fromage et le développement de mycélium blanc respectivement

4. 1. Effets des ferments utilisés sur la qualité du fromage.

L'influence de chaque ferment sur les caractères suivants des fromages :

- La couleur et l'aspect de la croûte des camemberts

RESULTATS ET DISCUSSIONS

- La texture de la pâte des camemberts
- Le gout des camemberts.

. 4. 1. 2. Les ferments influençant l'aspect de la croûte des fromages

D'après les analyses sensorielles, nous constatons que :

- Le fromage « stabilisé » possède une croûte fine par rapport aux autres, cela est dû à la nonpulvérisation du *Penicillium* sur sa surface ; celle-ci a été recouverte par la culture du « C » qui développe un mycélium blanc

4. 1. 3. Les ferments influençant la texture de la pâte des fromages

D'après les analyses sensorielles, le fromage « artisanal » de la production standard à une pâte dure et granuleuse

4. 1. 4. Les ferments influençant le gout du fromage

D'après les analyses sensorielles, nous constatons que :

- Le fromage « artisanal » a un goût agréable mais acide, cela est probablement dû à l'utilisation du ferment mésophile qui a donné une forte acidification et une production d'acide lactique modérée au lieu d'une faible acidification (effet attendu) ainsi qu'une stabilité du pH. Il n'est pas amer, cela peut être dû à l'utilisation du ferment « C » qui a un rôle considérable en limitant la protéolyse qui donne un goût amer au fromage.
- Le fromage « stabilisé » a un goût agréable mais légèrement acide. Cela est peut-être dû l'activité du ferment thermophile qui permet une acidification rapide. Il n'est pas amer, donc nous avons seulement l'activité de « C » qui produit moins d'ammoniac ce qui donne un goût non amer.

CONCLUSION

CONCLUSION

Conclusion

Depuis l'antiquité, les bactéries lactiques sont largement utilisées dans l'industrie agroalimentaire afin d'exploiter leur pouvoir acidifiant et aromatisant (fabrication de fromages). Ces bactéries ont la capacité de synthétiser des substances à effet inhibiteur, ce qui a attiré l'attention des chercheurs dans les dernières années afin de les utiliser comme bio-conservateurs et d'augmenter la durée de conservation des denrées alimentaires.

Le fromage doit répondre à des critères de qualité stricts, il doit être contrôlé en permanence : qualité physico-chimique, qualité microbiologique, qualité hygiénique et la qualité organoleptique.

Durant ce travail nous nous sommes intéressées à un fromage à large consommation qui est le camembert. En raison de son appréciation par les consommateurs, il s'inscrit parmi les meilleures sources alimentaires de protéines.

Les échantillons de lait cru, lait et le produit fini ont été analysés pour évaluer leurs caractéristiques physico-chimiques et/ ou microbiologiques.

Les résultats d'analyses physico-chimiques effectuées sur les échantillons du lait cru (l'acidité, la masse volumique, la masse volumique, l'extrait sec total et dégraissé) doivent répondre aux normes pour assurer une bonne qualité du fromage que ces derniers sont conformes aux valeurs appliquées par la fromagerie, donc le lait utilisé dans la fabrication du camembert était de bonne qualité.

A la suite des différentes analyses microbiologiques effectuées sur les échantillons du lait et du produit fini, les résultats obtenus montrent une charge acceptable des germes recherchés selon la réglementation en vigueur indiquant que le lait et produit fini sont de qualité microbiologique satisfaisante.

Les résultats de cette recherche permettent le domaine des bactéries lactiques et des technologies laitiers ont conduit les producteurs comme les utilisateurs à mieux maîtriser. Les bactéries lactiques (*S. thermophilus*) au cours de la fabrication d'un fromage à pâte molle de type stabilisé, et pouvant ainsi composer un écosystème de fromage de type stabilisé.

CONCLUSION

Les résultats des analyses organoleptiques et sensorielles montrent que les produits issus (stabilisée) de nos essais sont de qualité meilleure par rapport au produit standard (artisanal).

. Ces résultats ouvrent des perspectives futures :

- Réaliser d'autres essais de fabrication avec les nouvelles références de ferments utilisés lors de nos essais afin de confirmer nos résultats et maîtriser encore plus les paramètres techniques intervenant dans l'amélioration de la qualité organoleptique et sensorielle du produit fini.
- Proposer à l'industriel de modifier son processus de fabrication en fonction des résultats que nous avons observés lors de nos essais.
- Envisager d'établir de nouvelles recettes en variant l'utilisation des ferments lactiques dans le but de proposer aux industriels avec une possibilité de personnalisation de ces dernières en fonction des exigences souhaitées

ANNEXE

Annexe 01 : Milieux de culture (Guiraud, 2003)

1-Gélose Plate Count Agar (PCA):

Gélose pour numérotation Peptone 5,0 g Extrait de levure 2,5 g

Glucose (Facultatif) 1,0 g Gélose 15,0 g Eau distillée 1000 ml

PH= 7,2

Stérilisation : 120°C pendant 20 minutes.

2-Bouillon M17 :

Bouillon de Terzaghi Peptone de soja 5,0 g Peptone de viande 2,5 g

Peptone de caséine 2,5 g Extrait de viande 5,0 g Extrait de levure 2,5 g Lactose 5,0 g

Acide ascorbique 0,50 g Glycérophosphate de sodium 19,0 g Sulfate de magnésium 0,25 g

Eau distillée qsp 1000 ml pH 7,2

Stérilisation : 120°C pendant 15 minutes.

3-Gélose M17 :

Gélose de Terzaghi Peptone de soja 5,0 g Peptone de viande 2,5 g

Peptone de caséine 2,5 g Extrait de viande 5,0 g

Extrait de levure 2,5 g Lactose 5,0 g

Acide ascorbique 0,5 g Glycérophosphate de sodium 19,0 g Sulfate de magnésium 0,25 g Gélose 13,0 g

Eau distillée qsp 1000 ml

Stérilisation : 120°C pendant 15 minutes

Annexe 02 : Coloration de Gram

La coloration de Gram a été réalisée selon la technique suivante : Sur une lame, fixer à la chaleur une culture bactérienne ;

Recouvrir la lame avec la solution de violet de gentiane pendant une minute ; Ajouter du Lugol pendant 30 secondes

Décolorer avec de l'alcool 95°, puis rincer à l'eau

Faire une contre coloration en utilisant la fuschine et laisser agir 20 à 30 secondes ; Laver à l'eau

Après séchage, soumettre la lame à une observation microscopique à immersion (x100). Les bactéries à Gram positif apparaissent en violet et les bactéries à Gram négatif en rose.

Annexe

Annexe 03 : matériel utilisée

Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques

- Etuve ;
- Lame.
- **Milieus de culture**
- Gélose Désoxycholate ;
- Gélose Chapman ;
- Gélose PCA ;
- Eau oxygénée ;
- Matériel utilisé au cours de la production
- **Le matériel expérimental utilisé**
- Tank de stockage et de maturation ;
- Cuve de coagulation ;
- Moules, claies et rehausses ;
- Bain de saumure ;
- Découpeurs.

Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

- PH mètre ;
- Butyromètre ;
- Balance analytique ;
- Bain marie ;
- Burette hydrométrique ;
- Thermo lactodensimètre;
- Dessiccateur

- Centrifugeuse ;
- Etuve
- Thermomètre
- Capsule en verre et en aluminium.
- **Réactifs utilisés**
- Acide sulfurique (densité =1,52g/cm³) ;
- Alcool iso-amylique ;
- Phénophtaléine ;
- Hydroxyde de sodium (NaOH).

Annexe 04 : Fiche d'analyse sensorielle comparative des fromages (Dahou 2018)

Examen	Nom du produit	Points à examiner	Vocabulaire
1/ Visuel		Etat de la surface	Surface : lisse, plissée, sèche, humide Etat : fine, épaisse Couleur : blanche, crème, jaune
		Pâte	Elasticité : Souple, ferme, cassante Homogénéité : homogène, crevasse
2/ Olfactif		Arômes	Lactique : lait frais, naturel, Autres : diacétyl, fermenté, synthétique
		Intensité	Forte, fade, typée, piquante
3/ Gustatif		Saveurs	Description de la saveur : Sucrée, acide, salée, amer Description des sensations : Douceur, piquant, crémeux, fondant, onctueux Description de la finale bouche : Agréable, très typique, riche en arôme, intense, persistante, plutôt courte

LISTE DES REFERENCES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- **Ahaddad Rabia ; KASMI Nadira.,** : Suivi du process de production d'un fromage à pâte molle type « camembert » au niveau de l'unité Ibarissen. Mémoire de Master en Génie Biologique. Université Abderrahmane MIRA de Béjaia , **2013**. 66 pages

B

- **Bachtarzi, Nadia.,** : Qualite microbiologique du lait cru destine a la fabrication d'un type de camembert dans une Unite de l'est algerien. Mémoire de Magister en Sciences Alimentaires. Université MENTOURI – Constantine. **2012**.71pages.
- **Bertrand F.,** Le fromage grand œuvre des microbes .revue générale de froid, , (1988). 78,519-527.
- **Benloucif Radia ; OULMI Amal.,** : Etude du procédé de production du fromage du type camembert : Effet de la nature des microorganismes sur la qualité du produit. Mémoire de Master en Bioindustrie, Analyse et Contrôle. Université Frère Mentouri Constantine **2017**,1, 102 pages
- **Barcenas, P. Pérez Elortondo, F. J. And Albisu, M:**Sensory comparison of several of several cheese varieties manufactured from different milk sources. J. of Sensory Studies, . **2005** 20, 62–74
- **Bourne, M. C** : Food Texture and Viscosity. Concept and Measurement, (2002),2nd ed. pp. 423. London: Academic Press

C

- **Codex Alimentaire,** (codex Stan 283-.Amendé en 26). Norme générale codex pour le fromage- méthode d'échantillonnage d'analyse **1978**
- **Couarraze, G., Grossiord, J.L.,**Initiation à la rhéologie 3ème édition. (2000)
- **Chambers, and Johnson, d.** London: Academic Press **2005** Ed. pp. 423.
- **Chambers, D. H.:** Flavor description and classification of selected natural cheeses. Culinary Arts and Sciences V: Global and National Perspectives, (Coord. Edwards J.S.A., Kowrygo B, &Rejman, K.), pp 641 654, Publisher, Worshipful Company of Cooks Research Centre, Bournemouth, Poole, UK.

D

- **DiversiFerm**, . À Propos Du Lait Cru 2014.
- **Desmasures N.**, Mold-Ripened Varieties, Encyclopedia of Food Microbiology, Elsevier ,**2014**, 409– 415.
- **Desfleurs M.**, le penicillium camemberti et les origines de camembert. Thèse de doctorat en science, Caen ,(1968)., p494.
- **De Vuyst L. et Vandamme E. J.** : Nisis lantibiotic product by Lactococcus lactis subsp. Lactis : biosynthesis, fermentation and application. In : Bactetriocin of Lactic Acid Bacteria : Microbiology, Genetics and Application,(1994), pp 91-142. Black Academy and Professional, London

E

- **ECK A Le Fromage**. 3eme Edition, Lavoisier, Paris. (1990).
- **ECK, A. Gillis J**:Le fromage: de la science a l'assurance qualité. Ed. Tec &. (1997)

F

- **Fagan C.C., O'Callaghan D.J., Mateo M.J. & Dejmek P.**,. The Syneresis of RennetCoagulated Curd. In: Cheese. Elsevier ,**2017**, 145-177

G

- **Gaucheron F**. Micelles de caséines et dynamique ionique. In: Le fromage., **2018**. 96-135.
- **Guetouache M., Guessas, Bettache, Medjekal & Samir**,. Composition and nutritional value of raw milk. Issues Biol. Sci. Pharm. Res. 2(10), **2014**,115-122.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Goudédranche H., Camier-Coudron B., Gassi J.-Y. & Schuck P.**, a. Partie 2: Procédés de transformation fromagère **2017**,33(partie 2).
- **Goudédranche H., Camier-Coudron B., Gassi J.-Y. & Schuck P.**, b. Partie 3: Procédés de transformation fromagère**2017**, 33(partie 3).
- **Guiraud.J.**Microbiologie Alimentaire. Edition : paris**2012**.
- **Guiraud J.P. et Rosec J.P.** Pratique des normes en microbiologie alimentaire. AFNOR. 237251., **2004**

H

- **Hayaloglu A.A.**, Cheese: Microbiology of Cheese. In: Reference Module in Food Science. Elsevier **2016**, 625-631.
- **Hayaloglu A.A.**, Cheese Varieties Ripened Under Brine. In: Cheese. Elsevier**2017**, 997-104
- **Hardy, J. et Scher, J:** Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage. Isolation of stress-related genes of rubber particles and latex in fig tree *Ficus carica* and their expressions by abiotic stress or plant hormone treatments. *Plant Cell Physiol.*, (**1997**)., 44: 412–419

J

- **Jeantet R. & Croguennec T.**,. Eléments de biochimie laitière. In: Le fromage**2018**. 77-96.
- **Jerónimo E. & Malcata F.X.**,. Cheese: Composition and Health Effects. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier**2016**, 741-747.

K

- **Kongo J.M. & Malcata F.X.**, a. Cheese: Processing and Sensory Properties. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier**2016**, 748-754.
- **Kongo J.M. & Malcata F.X.**, b. Cheese: Chemistry and Microbiology. In: Encyclopedia of Food and Health. Elsevier**2016**, 735-740.
- **KABIR Ahmed.** : Contraintes de la production laitières en Algérie et évaluation de la qualité de lait dans l'industrie laitières (constats et perspectives). Thèse de doctorat en Microbiologie appliquée. Oran : Université d'Oran 1 (Ahmed Ben Bella) **2015**, 139 pages

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Kacem, M. et Karam, N.** Physicochemical and microbiological study of «Shmen», a traditional butter made from camel milk in the Sahara (Algeria): isolation and identification of lactic acid bacteria and yeast. (2006).
- <https://kissmychef.com/produits/ingrédients/les-10-fromages-a-pate-molle-preferes-des-francais/> 2017

L

- **Laurent Sina.,**: Contrôle de qualité du lait et des produits laitiers fabriqués par la soca. Thèse de doctorat en sciences et médecine vétérinaires. Dakar : EISMV, 216 pages 1992
- **Luquet F.,** Lait et Produits Laitiers vache, brebis, chèvre. Tome II, Technique et Documentation, 2eme Edition, Lavoisier, Paris(1990).
- **Liberté, égalité, camembert,** LivreBlancCamembert-BD <https://www.leslivresblancs.fr/livre/filieres-specialisees/alimentaire/le-livre-blanc-du-camembert> 2015

M

- **Mdahou A.,** Etude de l'évolution de la flore microbienne indigène d'un fromage industrielle à pate molle type camembert au cours de son affinage et évaluation de ces aptitudes technologiques. Thèse de doctorat en production et biotechnologie animales, université d'Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem (2017)., 132p
- **Martin B., Chilliard Y. & Ferlay A.** Facteurs de variation de la qualité fromagère du lait. In: Le fromage. 2018. 137-156.
- **Mietton B. Chablain I.,** Du lait au fromage: les fondamentaux technologiques. In: Le fromage. 2018.321-359
- **Mahaut. M.Jeantet.R, Brule.G, Schuck.P.** Edition, Londres, Paris. Chapitre2 produits fermentés et desserts lactés dans. Les produits industriels laitiers. .2005
- **Michel.J.C, Pouliot. M et Richard.J.** Science et technologie du lait. Edition : Canada. .2002
- **MIchel mahant, rommain Jeant et Gerart Brulé:** Initiation à la technologie fromagère. 2° Edition Technique et documents. ., 2000 224pages
- **Majdi A** 'Les fromages AOP et IGP.', in Séminaire sur les fromages AOP et IGP. INT-Ingénieur agronomie. (2009)., 88p.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

N

- **Nero L.A. & de Carvalho A.F.** Challenges for Production and Consumption of Raw Milk and Raw Milk Products. In: Raw Milk. Elsevier,, **2019** 351-362.

O

- **O’Callaghan T.F., Sugrue I., Hill C., Ross R.P. & Stanton C.** Nutritional Aspects of Raw Milk. In: Raw Milk. Elsevier,, **2019**127-148.
- **Ozturkoglu-Budak S. & De Vries R.P.,** Mold-ripened and raw milk cheeses: Production, risks, and benefits to human health, Dairy in Human Health and Disease across the Lifespan, Elsevier Inc **2017..**, 353-361.

P

- **Patrick L** Les caractéristiques d’une réponse sensorielle. In : Félix D. Évaluation sensorielle Manuel méthodologique. Lavoisier, Paris(**2009**), p8- 12
- **Profession Fromager,**. La famille de fromages.
<https://www.professionfromager.com/boutique/>**2016**
- **Pulsani S. R., Rao D. R. and Sunki G R**Antimicrobial Activity of lactic cultures: partial purification and characterization of antimicrobial compounds produced by Streptococcus thermophilus. J. Food Sciences. (**1979**):, 44, 575-578.
- **Anna** <https://www.papillesetpupilles.fr/2015/05/quels-sont-les-fromages-a-pate-pressee-cuite.html/>**2015**

R

- **Renhe I.R.T., Perrone Í.T., Tavares G.M., Schuck P. & de Carvalho A.F.,.** Physicochemical Characteristics of Raw Milk, Raw Milk, Elsevier Inc., 29-43. **2019**
- **Ramdani Soraya.,** : Suivi de la qualité de lait de vache destiné à la fromagerie de draa ben khedda (DBK). Mémoire de Master en lait et dérivés. Université M’hamed bougara BOUMERDES. **2008** 56 pages.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- **Ramet JL** 'égouttage du coagulum.in : Eck A Gillis J.LE Fromage. 3ème édition, lavoisier, paris. (1997)., p42-61
- **Robinson Richard K.**, 2002: Dairy Microbiology Handbook. In: Microbiology of soft cheeses. 3eme Edition. 35p
- **Rodgers S.** : Preserving non-fermented refrigerated foods with microbial cultures : a review. Trend Food Sci. Technol (2001)., 12, 276-284
- **.Renhe I.R.T., Perrone Í.T., Tavares G.M., Schuck P. & de Carvalho A.F.,** Physicochemical Characteristics of Raw Milk, Raw Milk, Elsevier Inc., 29-43. 2019
- **Roudot, A. C.,:** Rhéologie et analyse de texture des aliments. Edition, Tec et Doc(2002)., p 197

S

- **Solis-Méndez, A. D., Estrada-Flores J. G. And Castelán-Ortega O.A.,** A study on the texture diversity of the Artisan Ranchero Cheese from Central Mexico., Int. J. of Dairy Technol(2013)., 66, 1, 37-44.
- **Samelis, J., Maurogenakis, F .,Metaxopoulos, J.,** Characterization of Lactic Acid Bacteria isolated from naturally fermented greek dry salami. INT.J.FoodMicrobiol (1994).. 23 : 179-196.

V

- **Vignola C.,.** Science et technologie du lait : transformation du lait. Polytechnique, P.I. éd., Quebec2010.
- **Vierling E.,.**Alimentation et boisson : technique et aspect réglementaires. 1 èmeédition, Doin. 2003
- **Veisseyre R.,.** Technologie du lait constitution, récolte, traitement et transformation du lait. 3ème édition. Edition la maison rustique, Paris (1979)

TABLE DES MATIERES

TABLE DE MATIERE

Liste des abréviations

Liste des
figures

Liste des tableaux

Introduction 11

Première partie : Revue de littérature

Chapitre I : GENERALITES SUR LELAIT

1.le lait une matière première pour la production de fromage.....	15
1.1. Aspects généraux relatifs à la composition du lait.....	15
1.2. La fraction protéique du lait	17
1.3. Les glucides du lait	18
1.4. La matière grasse laitière	19
1.5. Les vitamines et minéraux du lait.....	19
1.6. Les caillés mixtes	20
2. Différents types de lait	21
2.1. Lait cru	21
2.2. Lait traité thermiquement.....	22
2.2.1. Lait pasteurisé.....	22
2.2.2. Lait stérilisé	22
2.2.2.1. Lait stérilisé U.H.T	22
2.2.2.2. Lait U.H.T. (Ultra haute température)	22
2.3. Lait concentré.....	22
2.3.1. Lait concentré non sucré	23
2.3.2. Lait concentré sucré.....	23
2.4. Lait sec	23

Table des matières

2.5. Lait en poudre	23
3. Qualité organoleptique du lait	23
3.1. Couleur	23
3. 2. Odeur	23
3.3. Saveur	23
4. Microbiologie du lait	23
4. 1. La flore originelle	24
4. 2. La flore de contamination	24
5. Microbiologie du lait	25
5. 1. La flore originelle	25
5. 2. La flore de contamination	26

CHAPITRE II :

GENERALITES SUR LE FROMAGE APPLICATION DES BACTERIES

LACTIQUES EN TECHNOLOGIE FROMAGERE

II .1. Généralités sur le fromage	29
1.1. Définition de fromage	29
2. classification des fromages	31
2.1. Fromages à pâte fraîche	31
2.2. Fromage à pâte pressées	32
2.3. Fromage à pâte molle	32
3. Généralités sur le camembert	33
3.1. Historique	33
3.2. Le fromage à pâte molle type Camembert	34
3.2.1. Caractéristiques et valeur nutritionnelle	34
3.2.1.1. Définition	34
3.2.1.2. Composition et valeur nutritionnelle	34
3.2.1.3. Les fromages à pâte molle	35
4. Les étapes de la fabrication	36
4.1 Nature de la matière première	36

Table des matières

4.2. Traitements préliminaires du lait	36
4.2.1. La standardisation	36
4.2.2. L'homogénéisation	37
4.2.3. Les traitements thermiques	37
4.3. Les étapes clés de la fabrication du Camembert	38
4.3.1. La phase d'ensemencement – maturation	38
4.3.2. La coagulation	38
4.3.3. L'égouttage	42
4.3.4. Le salage	42
4.3.5. L'affinage	42
5.1. la microbiologie du fromage	43
5.2. L'environnement bactérien	45
5.2.1. La température.	45
5.2.2. Le pH	46
5.2.3. L'oxygène	47
5.2.4. La pression osmotique	47
5.3. Caractéristiques et évaluation de la phase d'affinage	48
5.4 Les modifications biochimiques au cours de l'affinage	49
5.4.1. Fermentation du lactose	49
5.4.2. Hydrolyse de la matière grasse (La lipolyse)	50
5.4.3. La protéolyse	50
6. La flore d'intérêt technologique	51
6.1. Les bactéries lactiques	51
6.1.1. Ferments lactiques et flore NSLAB (Non Starter Lactic Acid Bacteria).....	52
6.1.2. Biodiversité dans les fromages à pâte molle	54
6.1.3. Activités métaboliques et impacts technologiques	55
6.2. Les bactéries d'affinage	55
6.3. La flore fongique	55
7. Propriétés rhéologiques et texturales de fromage	57
7.1. Comportement rhéologique	57
7.1.1. Rhéologie	57
7.1.2. Contrainte (stress)	57
7.1.3. Analyse sensorielle	58
7.2. Méthodes d'appréciation de la texture et de la rhéologie des fromages	58

Table des matières

7.2.1. Méthodes rhéologiques fondamentales	59
7.2.2. Méthodes empiriques	59
7.2.3. Paramètres influençant les propriétés texturales des fromages	60

ETUDE EXPERIMENTALE - MATERIEL ET METHODE

1. Diagramme de fabrication	64
1.1. Ferments utilisés dans la fabrication du camembert	65
1.2. Le lait cru de vache	66
1.3. Les ferments lactiques	67
1.3.1. Les mésophiles	67
1.3.2. les thermophiles.....	67
1.4. Les ferments d'affinage	67
1.5. Présure	67
1.6. Chlorure de calcium CaCl₂	68
2. Méthode d'analyses physico-chimiques	70
2.1 Matière première : lait cru utiliser pour la fabrication du camembert	71
2.1.1. Détection d'Antibiotiques dans le lait par le βta s.t.a.r. Combo	71
2.1.2. Détermination du Ph.....	71
2.1.3. Acidité titrable	72
2.1.4. Détermination de la teneur en matière grasse	72
2.1.5. Détermination de la température et de la densité	74
2.1.6 Détermination de l'extrait sec total	74
3. Activation des souches bactérienne	75
3.1. Etude de l'activité antimicrobienne des souches lactique	76
3.1.1. Revivification des souches lactiques	76
3.1.2. Ensemencement du lait	76
3.1.3. Préparation milieu Agar au lait	76
3.1.4. Préparation les dilutions	76
3.2. Contrôle de la pureté de la souche bactérienne	77
3.2.1. Critères morphologiques	77
3.2.2. Critères biochimiques	77
3.2.2.1. Test de catalase.....	77

Table des matières

3.2.3.2. Test d'oxydase	77
3.2.3.3. Type fermentaire.....	78
3.2.3.4. Test de présence de l'amidon	78
3.2.3.5 Test de stabilité	78
3.2.3.6. Test d'antibiotique	78
3.2.3.7. Les souches indicatrices	78
4.la méthode de fabrication de camembert	80
4.1. Préparation du lait cru	80
4.2. Chauffage et refroidissement	80
4.3. L'ajout des ferments d'acidification et les ferments d'affinage et le CaCl ₂	80
4.3.1. Les ferments thermophiles	80
4.3.2.les ferments mésophiles	80
4.4. Les ferments d'affinage	80
.4.5. 1.. L'emprésurage	81
.4.5.2. Tranchage, brassage et soutirage de lactosérum.....	81
4.5.3. Le moulage-égouttage	81
4.5.4. Le salage	81
4.5.5. L'affinage.....	82
5.1. Analyse physico-chimique de produit fini	83
5.1.1. Détermination de l'acidité titrable du camembert.....	83
5.1.2. Détermination de l'extrait sec dégraissée	83
5.1.3. Détermination de la teneur en matière grasse.....	83
6.1. Analyses microbiologiques du lait et du camembert	84
6.1.1. Recherche et dénombrement des germes aérobies mésophiles (FTAM)	85
6.1.2. Recherche et dénombrement de <i>Staphylococcus aureus</i>	85
6.1.3. Recherche des <i>Clostridium sulfito-réducteurs</i> (seulement pour le camembert)	86
7. Analyse sensorielle	86
7.1. Les fiches de dégustation	87
7.1.2. Caractéristiques organoleptiques et rhéologiques	87
7.1.2.1. Suivi de l'évolution de la texture	87
7.1.2. 2.. Test d'intensité	87
7.1.2.3. Test de viscosité	87

RESULTATS ET DISCUSSIONS

1. Matière première	89
1. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique du lait cru	89
1. 1. 1. Acidité	89
1. 1. 2. Densité	90
1.1.3. Matière Grasse	90
1. 1. 4. Test d'antibiotique	90
2. Résultats obtenus lors de la production du fromage à pâte molle type Camembert	91
2. 1. Temps de maturation	91
2. 2. Effet de la concentration de la coagulase sur le temps de prise.....	92
2. 3. Acidité au tranchage et au début du moulage	93
2.4. L'acidité aux retournements	93
2. 5. Acidité au démoulage	94
2. 6. Suivi du pH du camembert en cours d'affinage	94
3. Produit fini	95
3. 1. Résultats de l'analyse physico-chimique des camemberts	95
3. 1. 1. pH	95
3. 1. 2. Matière grasse	96
3. 1. 3. Humidité	97
3. 1. 4. Extrait sec total	97
3. 2. Résultats des analyses microbiologiques du Camembert	98
4. Résultats de l'analyse sensorielle	99
4. 1. Effets des ferments utilisés sur la qualité du fromage	99
4. 1. 2. Les ferments influençant l'aspect de la croûte des fromages	100
4. 1. 3. Les ferments influençant la texture de la pâte des fromages	100
4. 1. 4. Les ferments influençant le goût du fromage	100
Conclusion	102

Annexes	105
Liste des Références	111
Table des matières.....	118