الجمهـــــورية الجزائرية الديمـــقراطية الشـــــعبية

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة محمد الصديق بن يحيى - جيجـــل -

Université Mohammed Seddik Ben Yahia –Jijel-

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de Microbiologie Appliquée et des Sciences Alimentaires

كلية علوم الطبيعـــــة و الحيـــاة

قسم الميكروبيولوجيا التطبيقية و علوم التغدية

Mémoire de fin de cycle

En Vue de l'obtention du diplôme : **Master Académique en Biologie**

Option : Technologie Agro-alimentaire et Contrôle de Qualité

Thème

Optimisation de la fabrication d'un fromage à pâte pressée à partir du lait de chèvre

Membres de jury

Présidente : Mlle BOURAD.D

Examinateur : Mr BOUDJAREDA.D

Encadreur : Mr RAHMOUNE.Y

Présenté par

ARIES. Nadira

SOUFANE. Yasmine

Année Universitaire : 2017-2018

Numéro d'ordre (bibliothèque):……..

Dédicace

Avec tout l'amour

Je dédie ce modeste travail à mes parents :
Mon père, qui peut être fier et trouve ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie.
Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.
Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutient permanent venu de toi
A mes chères sœurs Meriouma et Sousou pour ses encouragement permanent , et leur soutien moral, à Naima, Samia et son époux et leurs enfants Nesrine, Ikram, Yakoub ,Basma et kanza,
Ames chères frères ; qui sont toujours présents pour les bons conseils
Mohammed et sa femme louiza et son fils Nona
Ramdane et ses enfants Ayoub et Doudou et un dédicace spéciale a sa femme Masika ; votre affection et votre soutien m'ont été d'un grand secours au long de ma vie.

Un grand dédicace à la plus proche Personne dans ma vie mon fiancé BILAL ♥ qui m'a soutenu tout au long de mon parcours universitaire.
A Mon grand-père et ma grand-mère
A toutes mes tantes et mes oncles
mes chères cousins et cousines spécialement Houda, Chaima, Rania , Karima, Djihane Amel ,Razika , Soumia, Houssam , Zino et Khaled.

A ma cher binôme Yasmine et à toute la famille SOUFANE

Toutes mes amies, particulièrement, Amina, Chahla, Loubna, Salima, Asma, Nabila , Meriem, Selma. Laila, lamia.

A mon encadreur Mr : Yazid Rahmoume.

Nadira

Dédicace

Avec tout l'amour qui se trouve dans mon cœur

Je dédie ce modeste travail, avant tout, a vous mes très chers parents.
A ma chère Mère qui ma donné le courage et m'a comblé d'amour, de soutien et de tendresse.
A mon cher père qui a sacrifié toute sa vie pour me guider et m'encourager avec ces précieux conseils et son soutien tout au long de mes études.

je n'oublierais jamais ce que vous faites pour moi, vous me comblez de bonheur. Merci d'être là pour moi.

A mes très chères sœurs : **Linda**, **Dina** et **Dounia**
A ma chère sœur **Nahla** , son époux **Rida** et ses enfants **Nanis** et **Passi**

Une dédicace spéciale à mon cousin Imad pour ses encouragements permanents, et son soutien moral

A toutes mes amies particulièrement **Amina**, **Nadira** ,**Chahla** , **Fatiha** et **Salma**
A toute la grande famille sans exception : mes oncles, mes tante, mes cousines et mes cousines

A ma binôme **Nadira** et sa famille **Aries**

A mon Encadreur M ***RahmouneYazid***

A toute personne qui m'aime

Yasmine

Remerciement

*Avant tout nous remercions "**Allah**"le tout puissant et le miséricordieux, qui nous a donné, la volonté, le courage,*la patience *et la force pour accomplir ce travail.* Gloire à Allah

*Nous tenons à remercier notre Encadreur **Mr YAZID RAHMOUN.** Pour ses conseils, ses orientations et pour son aide, sa patience, sa disponibilité intellectuelle qu'il a eu à notre égard. Qu'il a apporté dans la réalisation de ce travail. , nous adresse un grand merci pour la confiance témoignée, l'autonomie accordée tout au long du déroulement du travail*

Mes remerciements s'adressent :

A L'ensemble des membres du département de biologie

A l'aimable contribution de l'ensemble des membres du jury.

Aux ingénieurs des laboratoires de contrôle de qualité en particulier Asma et Imen

Nous exprimons nos remerciements à tous les enseignants surtout. Ben Ali.S, Dairi S, Ayad R.

Profonde gratitude et vifs remerciements à toutes les personnes pour leur aide .en particulier Chahla. Amina, Selma et Fatiha.

Enfin, nous remerciement toute personne a contribué de loin ou de proche à la réalisation de ce travail.

À vous tous, un grand Merci

LISTE DES FIGURES

Figure 01 : Micelle de caséine vues au microscope électronique 4

Figure 02 : Micelle de caséine et sous micelles de caséines 4

Figure 03 : photo de branche d'un figuier.....15

Figure 04 : Sève brute 17

Figure 05 : Sève après centrifugation.....17

Figure 06 : Détermination de pH 20

Figure 07 : Photo da Pasteurisateur.....23

Figure 08 : Découpage de coagulum.....23

Figure 09 : Brassage et cuisson de caillé 24

Figure 10 : Salage et l'affinage de fromage 24

Figure 11 : Analyse microbiologiques du lait 27

Figure 12 : Photo montrant les 15 fromages fabriqués 30

Figure 13 : Le rendement des échantillons en fromages 32

Figure 14 : profil de prédiction de la formulation des fromages.....32

Figure 15 : Effet interactionnel entre les paramètres de fabrication sur le rendement.....33

Figura 16 : Préférence générale des personnes 34

Figure 17 : Corrélations entre les variables sensorielles et les fromages 34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I : Composition chimique du lait de chèvre 3
Tableau II : Composition lipidiques du lait de chèvre 3
Tableau III : Composition vitaminiques du lait de chèvre 5
Tableau IV : Composition minérale du lait de chèvre 5
Tableau V : Caractéristiques des principaux enzymes du lait 6
Tableau VI : Composition physico-chimiques du lait de chèvre..... 7
Tableau VII: Différents types de fromage.....13
Tableau VIII: Chiffres des différents facteurs modélisant le plan d'expérience.....22
Tableau IX: Analyses physico-chimiques du lait 29
Tableau X: Analyses physico-chimiques des fromages.....31
Tableau XI : Matrice de corrélation.....35

Annexes :

Annexes I : Fiche d'analyse comparative du fromage

Annexes II : Milieu de culture

Annexes III : L'acceptabilité de différents fromages fabriqués.

Liste des abréviations

ACP : Analyses en Composante Principale

AOC : Appellation d'Origine Contrôlée

AOP : Appellation d'Origine Protégée

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

FTAM : Flore Totale Aérobie Mésophile

JORA : Journal Officiel De La République Algérienne

MRS : Man, Rogosa, Sharpe

MS : Matière Sèche

PCA : Plate Count Agar

pH: Potentiel d'Hydrogène

VRBL : Milieu Lactose Biliée au Cristal Violet et au Rouge Neutre

Sommaire

Liste des figures
Liste des tableaux
Liste des abréviations

INTRODUCTION.....1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre I : LAIT DECHEVRE

I.1.Généralité.....2
I.1.1. Production du lait de chèvre dans le monde 2
I.1.2. Définition.....2
I.1.3. Composition chimique de lait de chèvre.....2
I.1.3.1. Eau 3
I.1.3.2. Matières grasses 3
I.1.3.3. Lactose.....4
I.1.3.4. Protéines 4
I.1.3.5. Vitamines 4
I.1.3.6. Minéraux 5
I.1.3.7. Enzymes 6

I.2.Critères physico- chimique du lait de chèvre.....7
I.2.1. pH.....7
I.2.2. Acidité..... 7
I.2.3. Densité 7
I.3. Microbiologie de lait de chèvre 8
I.3.1. Flore originelle.....8
I.3.2. Flore contaminant 8

Chapitre II : FROMAGE

II.1. Généralité 9
II.2. Définitions 9
II.3. Aptitude du lait de chèvre à la transformation fromagère 9
II.3.1. Rôle des constituants majeur.....10
II.3.1.a. Les protéines 10
II.3.1.b. Matière grasse.....10
II.3.1.c. Lactose 10
II.3.1.d. Les minéraux 11
II.4. Procédé de fabrication d'un fromage à pâte pressée 11
II.4.1. La coagulation 11
II.4.1.1. Coagulation acide 11
II.4.1.2. Coagulation par voie enzymatique 11
II.4.2. L'égouttage.....12
II.4.3. L'affinage 12
II.5. Différents types de fromage 12

Chapitre III : FICINE

III.1.Généralité sur les enzymes d'origine végétale 14
III.2. Cas de l'extrait de ficine 14
III.2.1. Généralités sur le figuier 14
III.2.2. Latex 15
III.2.3. Ficine 16

PARTIE EXPERIMENTALE

I. MATERIEL ET METHODES

I.1.Matériel 17
I.1.1. Collecte du lait de chèvre 17
I.1.2. Récupération du latex 17
I.2.Méthode 17
I.2.1. Détermination de la force de latex 18
I.2.2.Analyses microbiologiques du lait 18
I.2.2.1. Flore Mésophile Aérobie Totale (FTAM) 19
I.2.2.2. Dénombrement des bactéries lactiques 19
I.2.2.3. Dénombrement des coliformes 19
I.2.2.4. Dénombrement des Staphylocoques 19
I.2.3. Analyse physicochimiques du lait et des fromages fabriqués 19
I.2.3.1. Détermination de pH et l'acidité 19
I.2.3.2. Détermination de la teneur en matière sèche 20
I.2.3.3.Détermination de l'humidité 20
I.2.3.4. Détermination de taux des cendres 21
I.2.4. Plan d'expérience 21
I.2.4.1. Fabrication de fromage à pâte pressée 22
I.2.4.2. Rendement fromager 25
I.2.4.3. Evaluation sensorielle des fromages 25
I.2.4.4. Analyses statistiques 26

II. RESULTATS ET DISCUSSION

II.1. Lait de chèvre 27
II.1.1. Caractérisation microbiologique du lait 27
II.1.2. Caractérisation physico-chimique du lait 29
II.1.2.1.Résultats des analyses physicochimiques du lait 29

II.2. Fromage 30
II.2.1. Analyses physicochimiques des fromages 30
II.2.1.1. Résultats de rendement 31
II.2.1.1.1. Optimisation 32
II.2.1.1.2. Effet interactionnel entre les paramètres de fabrication 32
II.2.1.2. Résultats des analyses sensorielle 33

CONCLUSION 36

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ANNEXES
RESUME

ANNEXE I

FICHE D'ANALYSE COMPARATIVE DU FROMAGE

Sexe : Féminin ☐ Masculin ☐ **Date**……/……/……

Age : ☐

Quinze échantillons de fromages préparé à base de lait de chèvre codés **A, B, C**, **D, E, F, G, H, I, J, k, L, M, N, O ,**Vous sont présentés, il vous est demandé de rempli les cases Correspondantes à l'impression ressentie, selon l'intensité des descripteurs suivants :

Trop → 9 Moyenne → 6 Faible → 3 Absence → 0

NB : Veuillez rincer votre bouche à chaque dégustation d'un échantillon

	F/A	F/B	F/C	F/D	F/E	F/F	F/G	F/H	F/I	F/J	F/k	F/L	F/M	F/N	F/O
Acidité															
Chèvré															
Amère															
Salé															
Dure															
Elastique															
Tendre															
Note / 10															

ANNEXE II : Milieux de cultures

MRS : Composition du milieu MRS (Man Rogosa Sharpe) Agar PH 6,5

Peptone de caséine ..... 10 g/l
Extrait de viande ..... 8,0 g/l
Extrait de levure .....4,0 g/l
D(+) Glucose ..... 20 g/l
Di-potassium hydrogénophosphate.....2,0 g/l
Tween 80..... 1,0 g/l
Di-Ammonium hydrogénocitrate.....2,0 g/l
Sodium acétate. .....5,0 g/l
Magnésium sulfate .....0,2 g/l
Manganése sulfate..... 0,04 g/l
Agar ..... 14 g/l

Chapman : à pH 7,4 et Autoclave à 121°C /15 min

Extrait de viande 3g
Extrait de levure. 3g
Peptone 10g
D mannitol.....10g
Chlorure de sodium 75g
Rouge neutre 25mg
Agae 18g

PCA : (Plate Count Agar) à pH 7 et Autoclave à 121°C /15 min

Peptone de caséine 5g
Extrait de levure 2,5g
Glucose 1g
Agar 18g
Eau distillée..... 1000 ml

VRBL : Gélose lactose biliée au cristal violet et au rouge neutre à pH 7 et Autoclave à 121°C/15 min Répartir en tubes à essai avec cloche de

Peptone..... 7 g
Extrait de levure ..... 3 g
Sel biliaire N°3 .....1,5 g
Lactose ..... 10 g
Chlorure de sodium ..... 5 g
Rouge neutre ..... 0,03 g
Cristal violet ..... 0,002 g
Agar ..... 15 g

Eau physiologique : à pH 7 et Autoclaveà 120°C / 20 minutesComposition d'eau physiologique à PH=7.

Chlorure de Sodium .....8,5 g
Eau Distillée ..... 1000 ml

Annexe III

ANNEXE I

CRITERES MICROBIOLOGIQUES RELATIFS A CERTAINES DENREES ALIMENTAIRES

TABLEAU I

CRITERES MICROBIOLOGIQUES DES LAITS ET DES PRODUITS LAITIERS

PRODUITS	n	c	m
1. **Lait cru :**			
— germes aérobies à 30° C	1	—	10^5
— coliformes fécaux	1	—	10^3
— streptocoques fécaux	1	—	abs/0,1ml
— *Staphylococcus aureus*	1	—	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	1	—	50
— antibiotiques	1	—	absence
2. **Lait pasteurisé conditionné :**			
— germes aérobies à 30° C	1	—	3.10^4
— coliformes :			
* sortie usine	1	—	1
* à la vente	1	—	10
— coliformes fécaux			
* sortie usine	1	—	absence
* à la vente	1	—	absence
— *Staphylococcus aureus*	1	—	1
— phosphatase	1	—	négatif
3. **Lait stérilisé et lait stérilisé UHT (nature et arômatisé) :**			
— germes aérobies à 30° C	5	2	< 10/0,1 ml
— test de stabilité	5	0	négatif
— test alcool	5	0	négatif
— test chaleur	5	0	négatif
4. **Lait concentré non sucré :**			
— test de stabilité	5	0	négatif
— test alcool	5	0	negatif
— test chaleur	5	0	négatif
5. **Lait concentré sucré :**			
— germes aérobies à 30° C	5	2	10^4
— coliformes	5	0	absence
— *Staphylococcus aureus*	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	0	absence
— levures et moisissures	5	0	absence
— *Salmonella*	5	0	absence
6. **Lait déshydraté conditionné (1) :**			
— germes aérobies à 30° C	5	2	5.10^4
— coliformes	5	2	5
— *Staphylococcus aureus*	5	0	absence
— clostridium sulfito-réducteurs à 46° C	5	0	absence
— levures et moisissures	5	2	50
— *Salmonella*	5	0	absence
— antibiotiques	1	0	absence

Annexe VI

Tableau I : L'acceptabilité de différents fromages fabriqué

	Elasticité	Tendre	Dure	Salé	Amère	Chevré	Acidité	Acceptabilité
Fromage A	3	5.4375	3.1875	2.25	8.4375	5.25	2.4375	3.1875
Fromage B	2.4375	3.9375	3.1875	2.4375	7.125	4.5	1.875	3.66666667
Fromage C	1.875	4.875	3.1875	3	5.8125	4.125	1.3125	4.06666667
Fromage D	3.1875	5.0625	3.5625	2.625	7.125	5.25	2.4375	4.625
Fromage E	3.5625	4.3125	3.75	1.6875	6	4.3125	1.5	4.9375
Fromage F	4.3125	4.6875	3.9375	2.25	5.625	4.6875	1.875	5.3125
Fromage G	3.9375	4.6875	4.5	3.375	3	3.9375	2.25	7.2
Fromage H	3.375	5.25	3.5625	2.8125	4.6875	4.6875	2.4375	6.13333333
Fromage I	3.5625	4.5	5.625	2.625	2.625	3.5625	1.875	6.625
Fromage J	5.25	3	6.5625	1.875	2.25	3.9375	1.125	5.86666667
Fromage K	4.5	2.4375	6.75	2.4375	1.5	3.75	0.1875	5.86666667
Fromage L	4.125	4.125	6.1875	2.0625	2.25	3.375	0.5625	5.875
Fromage M	4.125	4.3125	5.625	3	3.5625	5.25	3.9375	5.9375
Fromage N	3	4.5	5.25	3.1875	3.1875	4.3125	3.1875	6.25
Fromage O	4.125	6.1875	4.5	2.625	1.875	4.5	1.6875	6.6875

Introduction

Le lait de chèvre présente une composition nutritionnelle comparable à celle du l'être humain **(Park 2000)**, comme différence il possède une grand digestibilité, une alcalinité distincte, une capacité tampon plus élevée et certaines valeurs thérapeutique en médecine et en nutrition humain **(Park *et al*., 2007)**.

En dépit de ses importantes sources alimentaires en protéines, lipides, phosphates et de calcium, le lait de chèvre présente un inconvénient majeur lié à son gout jugé trop fort par certains consommateurs et fait que sa valorisation industrielle à grande échelle reste souvent très restreinte **(Boumendjel *et al*., 2017)**, cependant cela a conduit aussi au développement des produits de terroir comme les fromages à appellation d'origine contrôlée (AOC) et d'appellation d'origine protégée (AOP) comme seule débouchée pour le valoriser (**Linck 2005)**.

la majorité des fromages sont fabriqué avec la présure mais ce produit se trouve actuellement importé et constitue des charges supplémentaires à la situation économique déficitaire d'où l'importance et la nécessité de chercher des palliatifs en valorisant des sources locale abondante comme le latex de figuier **(Faccia *et al*., 2012)** , qui est une source importante de nombreux composants protéolytiques connus sous le terme général de ficine (EC 3.4.22.3) qui appartient aux protéases à cystéine de la famille des papaïnes **(Azarkan 2011)**.

L'arbre de figuier est présent sous deux formes sexuelles, la figue domestiquée (arbre femelle et producteur du fruit comestible), et le Caprifiguier (arbre mâle), non comestible, qui fournit la source de pollen pour la plantation commerciale de figue **(Valizadeh *et al*., 1987**). Cette source constitue une matrice d'étude importante à valoriser dans la technologie fromagère en valorisant son latex.

Les plans d'expériences sont applicables à de nombreuses disciplines et à toutes les industries. Ils permettent d'organiser au mieux les essais qui accompagnent une recherche scientifique ou des études **(Kamoun 2011)**.

C'est dans cette optique que s'inscrit notre travail. Utiliser le latex d'un Caprifiguier (Dukar) avec l'application de l'approche d'un plan d'expérience pour optimiser la fabrication d'un fromage à pâte pressée à partir du lait de chèvre cru, en variant la température , le pressage, la concentration de sève.

Chapitre I : LAIT DE CHEVRE

I.1. Généralité

I.1.1. Production du lait de chèvre dans le monde

Selon la définition officielle adoptée en 1909 par le Congrès International de la Répression des Fraudes de Paris **«** le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum **»** **(Perrin 1996)**.

Ces derniers temps, l'élevage de chèvres gagne en importance dans le monde, Le cheptel de chèvres s'élevait à environ 867 millions en 2009 ; Il est très fortement concentré dans les pays en voie de développement notamment en Asie. Et selon l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture, Le cheptel en chèvres laitières a atteint 191 millions en 2010 **(Yangilar 2013)**.

I.1.2. Définitions

Le lait de chèvre est un liquide blanc dû à l'absence des caroténoïdes des matières grasses, composé de lipides en émulsion sous forme de globules gras , de caséines en suspension colloïdale, des protéines du sérum en solution colloïdale, de lactose, et de minéraux en solution **(Vignola *et al.,* 2002)**,Et son utilisation étant destiné presque uniquement à la fabrication fromagère **(Grappin 1981)**.

I.1.3. Composition chimique de lait de chèvre

La composition chimique du lait de chèvre diffère selon la race de l'animal, la saison, L'élevage…etc.

Cette variation a une conséquence sur les propriétés fromagères, et l'aptitude à l'égouttage **(Masle et Morgan 2001)**. Le **tableau I** représente les compositions chimiques du lait de chèvre.

Tableau I: composition chimique du lait de chèvre **(Debry 2001).**

Constituants	%
Eau	86,7
Lipides	4,5
Protéines	3,2
Lactose	4,3
Minéraux	0,8

I.1.3.1. Eau

L'eau est le constituant majeur du lait. Son caractère polaire permet au composant du lait de former une solution avec les substances polaires telle que les glucides, les minéraux **(Vignola *et al.*, 2002)**.

I.1.3.2. Matière grasse

Elle est principalement composée par des triglycérides, de phospholipides et d'une fraction insaponifiable **(Vignola *et al.*, 2002)**. Le **Tableau II** représente les composants lipidiques du lait de chèvre.

Tableau II: composition lipidique du lait de chèvre **(Vignola *et al.*, 2002).**

Constituants	%
Triglycérides	98
Phospholipides	1
Fraction insaponifiable	1

Sont constituées d'un mélange d'acides gras en suspension sous forme de gouttelettes, qui forment une émulsion **(Vilain 2010)**.

Le lait de chèvre riche en Carnitine, cette dernière permet l'entrer des acide gras dans la mitochondrie qui les métabolisent pour donner une quantité importante on énergie **(Desjeux 1993)**.

D'autant plus que les lipides se caractérisent par la présence d'acides gras à chaîne relativement courte (acides acétique (C2), propionique (C3) et butyrique (C4)) qui peuvent être absorbés par un mécanisme plus simple que celui des acides gras à chaîne longue **(Desjeux 1993)**.

I.1.3.3 Lactose

Lactose est le sucre majeur du lait avec un taux moyen de 47g/l **(Debry 2001)**. Est dégradé dans le tube digestif en glucose et galactose en présence de la lactase intestinale **(Tohami 1996)**.

I.1.3.4 Protéines

Les protéines sont des éléments essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes, On les classe en deux catégories d'après leur solubilité dans l'eau et leur stabilité **(Vignola *et al.*, 2002)**.

1- Les caséines αs_1, αs_2, β et K **(Razanajatovo et Alais 1977)**. Du lait de chèvre qui se regroupent sous forme de micelles **(Remeuf *et al.*, 1989)**, représentant 92% de protéines **(Vignola *et al.*, 2002)** et précipitent à pH 4,2 **(Masle et Morgan 2001)**.
2- les protéines solubles du sérum : α-lactalbumine et β-lactoglobuline **(Assenat 1967)**, qui précipitent sous l'action de la chaleur **(Vignola *et al.*, 2002)**.

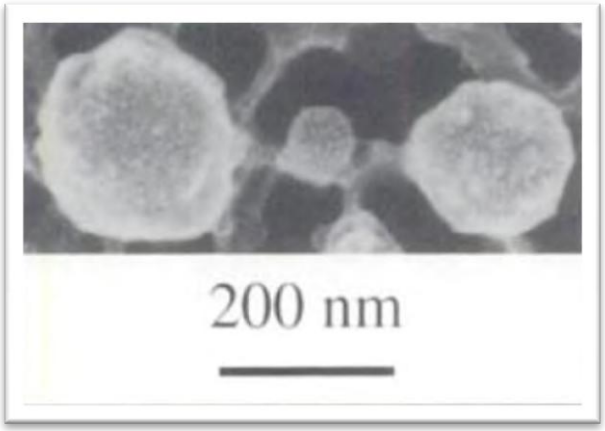

Figure01 : Micelles de caséine vues au microscope électronique **(Vignola *et al.*, 2002)**

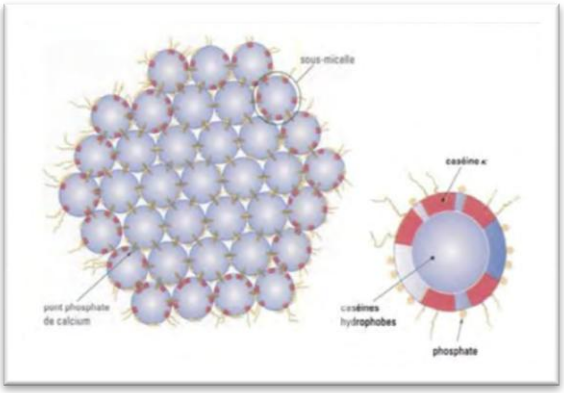

Figure02 : Micelles de caséine et sous micelles de caséine **(Vignola *et al.*,2002)**

I.1.3.5. vitamines

Le lait de chèvre contient de nombreuses vitamines à des concentrations satisfaisantes **(Desjeux 1993)**. Le **tableau III** résume les différents types de vitamine présente dans le lait de chèvre.

Tableau III: Composition vitaminique du lait de chèvre **(Park *et al.*, 2007)**.

Vitamine	**Lait de Chèvre (Concentration)**
Vitamine A (IU)	185
Vitamine D (IU)	2 .3
Thiamine (mg)	0 .068
Riboflavine (mg)	0.21
Niacine (mg)	0.27
Vitamine B_6 (mg)	0.046
Acide folique (µg)	1
Biotine (µg)	1.5
Vitamine B_{12} (mg)	0.065
Vitamine C (mg)	1 .29

I.1.3.6. Minéraux

Le lait de chèvre contient des teneurs nettement plus élevées en potassium, chlore et magnésium. Elle varie peu en fonction de facteurs génétiques ou nutritionnels ; sauf pour l'iode et le sélénium, quiprésentant quantitativement un intérêt nutritionnel pour les animaux et l'homme **(Gueguen 1996)**.

Le lait de chèvre est pauvre en fer, Un point particulier à l'avantage du lait de chèvre concerne sa concentration en sélénium, minérale de plus en plus impliqué dans des phénomènes de lutte contre l'oxydation cellulaire **(Tohami 1996)**. Le **Tableau IV** résume les constituants en minéraux du lait de chèvre.

Tableau IV: Composition minérale du lait de chèvre **(Debry 2001)**.

Minéraux	**Concentration (mg/l)**
Calcium	1260
Phosphore	970
Potassium	1900
Sodium	380
Chlore	1600
Magnésium	130

I.1.3.7. Enzymes

Le lait contient principalement trois groupes d'enzymes : les hydrolases, les déshydrogénases (ou oxydases) et les oxygénases **(Vignola *et al.*, 2002)**. Le **tableau V** présente les principaux enzymes du lait

Tableau V: Caractéristiques des principaux enzymes du lait **(Vignola *et al.*, 2002).**

Groupes d'enzymes	Classes d'enzymes	PH	Température	Substrats
Hydrolases	**Estérases :**			
	Lipases	8,5	37	Triglycérides
	Phosphatase alcalin	9-10	37	Esters phosphoriques
	Phosphatase acide	4,0-5,2	37	Esters phosphoriques
	Protéases :			
	Lysosyme	7,5	37	Paroi cellulaire microbienne
	Plasmine	8	37	Caséines
Déshydrogénases ou Oxydases	Sulfhydryle	7	37	Protéines, peptides
	oxydase	8,3	37	Bases purique
Oxygénases	Xanthine oxydase	6,8	20	Composés réducteurs + H_2O_2
	lactoperoxydase catalase	7	20	H_2O_2

I.2. Critères physico- chimique du lait de chèvre

Le **tableau VI** présente les principales caractéristiques physicochimiques du lait dechèvre

Tableau VI: caractéristiques physico-chimique du lait de chèvre **(Park *et al.*, 2007)**

Caractéristiques	**Concentration**
Densité	1,029 – 1,039
Viscosité (Cp)	2,12
PH	6,50 - 6,80
Acidité (°D)	0,14 – 0,23
Conductivité	0,0043 – 0,0139
Point de congélation	0,540 – 0,573

I.2.1. pH

Le pH du lait de chèvre est généralement compris entre 6.50 et 6.80 **(Park *et al.*, 2007)**,avec une moyenne globale de 6,7 **(Boumendjel *et al.*, 2017)**.

Néanmoins, le lait de chèvre en raison d'un polymorphisme génétique important de ses protéines, se démarquent par une variabilité du pH suivant le type génétique **(Boumendjel *et al.*, 2017)**

Le pH influence aussi le temps de coagulation de lait **(Saurais 1973).**

I.2.2. Acidité

L'Acidité de lait de chèvre est comprise entre 14-18°D. L'augmentation de l'acidité est un indicateur de la qualité de conservation du lait et ne peut résulter que d'un développement conséquent de la flore lactique influencé par le jeu combiné de l'augmentation de la température ainsi que de la durée de conservation du lait **(Boumendjel *et al.*, 2017)**.

I.2.3. Densité

La densité du lait de chèvre oscille entre 1027 et 1035 **(Boumendjel *et al.*, 2017)**.

I.3. Microbiologie de lait de chèvre.

Le lait contient un certain nombre d'éléments cellulaires, appelés aussi cellules somatiques, provenant de la circulation sanguine **(Perrin et Baudry 1993)**.

Ces cellules peuvent être des polynucléaires, des lymphocytes, des monocytes et descellules épithéliales **(Perrin et Baudry 1993).**

On répartie les microorganismes du lait de chèvre, selon leur importance en deux grandes classes la flore originelle et la flore contaminant.

I.3.1. Flore originelle

C'est l'ensemble des microorganismes retrouvés dans le lait à la sortie du pis. Ces microorganismes, plus ou moins abondants, sont en relation étroite avec l'alimentation, la race et d'autres facteurs, il devrait contenir moins de 5000 UFC / ml **(Vignola *et al.,* 2002)**.

I.3.2. Flore contaminant

Est l'ensemble des microorganismes ajoutés au lait, de la traite jusqu'à la consommation. Elle peut se composer d'une flore d'altération, qui causera des défauts sensoriels ou réduira la durée de conservation des produits, et d'une flore pathogène capable de provoquer des malaises chez les personnes qui consomment ces produits laitiers. La présence de microorganismes pathogènes dans le lait peut avoir trois sources: l'animal, l'environnement et l'homme **(Vignola *et al.,* 2002).**

Chapitre II : FROMAGE

II.1. Généralité

Le fromage a peut-être été l'un des premiers aliments industriels consommés par les humains. L'histoire enregistre son utilisation il y a plus de 4000 ans **(Ribeiro et Ribeiro 2010)**, La fabrication du fromage est une industrie majeure dans le monde entier **(Carrascosa *et al.,* 2016)**,son révolution a commencé en 1906 à Bougon où fut créée la première fromagerie coopérative **(Saurais 1973)**.

La production de fromage dans le monde est principalement pratiquée dans les fromageries, mais dans certaines régions, la production à petite échelle, selon les méthodes traditionnelles **(Moreno-Indias *et al.,* 2009)** utilisant du lait cru prédominent **(Medjoudj *et al.,* 2018)**.

II.2. Définitions

Est un produit fermenté ou non, affiné ou non, obtenu à partir des matières d'origine exclusivement laitières, utilisées seul ou en mélange et coagulé en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse. La teneur minimale en matière sèche du produit ainsi défini doit être de 23 grammes par 100 grammes de fromage **(Jeantet *et al.,* 2008)**.

Le fromage est une forme de préservation des nutriments essentiels du lait et constitue une excellente source de nutriments tels que les protéines, les matières grasses, les minéraux et les vitamines **(Raghunath *et al.,* 2014).**

A l'échelle mondiale, il existe environ 1000 variétés de fromages différents **(Irlinger et Mounier 2009).**

II.3. Aptitude du lait de chèvre à la transformation fromagère

Le lait est un milieu d'origine biologique fortement altérable par voie microbienne et enzymatique et la transformation en fromage est un moyen de préserver cet aliment et d'en différer la consommation **(Ramet 1989)**. Cette transformation est essentiellement un processus de déshydratation dans lequel la graisse et la caséine du lait sont concentrées 6 à 10 **fois (Raghunath *et al.,* 2014)**.

II.3.1. Rôle des constituants majeur

II.3.1.a. Protéines

Les caséines influencent directement le rendement fromager **(Delacroix-Suchet *et al.*, 1996)**.Les protéines sont de 2 types :

-les caséines : elles représentent 80 % des protéines du lait et s'agglutinent en formant une structure particulière appelée « micelle de caséine », elles sont de 3 types (La caséine **α S1** et **α S2**, La caséine **β**, La caséine **κ**).

Les caséines **α** et **β** représentent à elles seules 80 % des caséines du lait, La caséine **κ** joue un rôle déterminant lors de la coagulation du lait par la présure car c'est elle qui forme avec les autres caséines des complexes stables en présence d'ions calcium et phosphore et qui assure la répulsion entre les micelles de caséine. A l'inverse les caséines **α S1** et **β** assurent la cohésion des micelles **(Pradal 2012).**

-les protéines sériques qui n'ont aucun rôle particulier en transformation fromagère car elles ne sont pas coagulées par la présure **(Pradal 2012)**.

II.3.1.b. Matière grasse

En plus de son importance nutritionnelle dans le fromage, contribue également aux propriétés sensorielles et fonctionnelles des produits laitiers **(Miocinovic *et al.*, 2011)**.

La matière grasse dans le fromage joue un rôle déterminant sur la qualité organoleptique, en particulier sur le goût et la saveur **(Medjoudj *et al.*, 2018)**.

En ce qui concerne l'arôme des fromages, il résulte d'un équilibre entre de nombreuses molécules aromatiques, d'origine aussi bien lipidique que protéique **(Buchin *et al.*, 1998)**.

II.3.1.c. Lactose

Le lactose joue également un rôle important dans la transformation fromagère notamment de type lactique puisqu'il sert de substrat aux bactéries lactiques qui assureront sa transformation en acide lactique provoquant la diminution du pH du lait. Cette acidité est responsable de la déminéralisation des micelles de caséine et donc de la formation des caillé **(Pradal 2012)**.

II.3.1.d. Minéraux

L'aptitude à la coagulation du lait varie largement en fonction du pH initial du lait et de sa teneur en éléments minéraux **(Martin et Coulon 1995)**. Les minéraux, et notamment le calcium et le phosphore, interviennent aussi dans le pouvoir tampon du lait en s'opposant à la diminution du pH, ainsi un lait à faible teneur en Ca et P donc à faible pouvoir tampon, coagulera plus rapidement et pourra donner une consistance de pâte différente de celle d'un lait à fort pouvoir tampon **(Pradal 2012)**.

II.4. Procédé de fabrication d'un fromage à pâte pressé

La fabrication proprement dite comporte trois phases : coagulation, égouttage et affinage **(Vignola *et al.*, 2002).**

II.4.1. La coagulation

La coagulation du lait est la principale étape de production du fromage **(Shah *et al.*, 2013)**. Elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine du lait, cette déstabilisation est réalisée soit par voie fermentaire à l'aide de bactéries lactiques, soit par voie enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure **(Ramet 1989)**.

II.4.1.1. Coagulation acide

Est due aux bactéries lactiques dégradent le lactose du lait en acide lactique qui entraine la chute du pH. Jusqu'à 4,5 correspondants au point isoélectrique des caséines, la coagulation se déclenche suite à l'agrégation et la précipitation des micelles de caséines **(Ilboudo *et al.*,2012)**.

II.4.1.2. Coagulation par voie enzymatique

La coagulation du lait par les enzymes protéolytiques est très importante dans la technologie laitière. Elle implique l'hydrolyse spécifique de la kappa-caséine dans la liaison Phe-Met, Il est très important pour la fabrication de fromage de minimiser la protéolyse générale non spécifique et d'éviter une protéolyse excessive pendant la maturation, assurant le bon rapport protéines / peptides **(Rodrigues *et al.*, 2009).**

Dans ce cas la coagulation est la conséquence de la transformation du phosphocaséinate de calcium à l'état soluble dans le lait, sous l'action de la présure en phosphoparacaséinate insoluble **(Ilboudo *et al.*, 2012).**

Ce processus se décompose en trois grandes étapes : hydrolyse enzymatique de la caséine κ agrégation des micelles de caséine déstabilisées ; développement d'un réseau par réticulation et formation de gel **(Ilboudo *et al.*,2012)**.

II.4.2. L'égouttage

C'est la séparation du lactosérum, après rupture mécanique du coagulum **(Machoboeuf *et al.*, 1993)**.Elle commence dans les cuves de coagulation puis se poursuite dans les moules et enfin en hâloirs.

L'égouttage est donc dépendant de la nature du caillé, plus ou moins lactique ou présure **(Saurais 1973)**.

II.4.3. L'affinage

C'est les transformations biochimiques des constituants du caillé sous l'action d'enzymes, pour la plupart d'origine microbienne **(Machoboeuf *et al* 1993)**.

II.5. Différents types de fromage

Selon la technologie utilisée, différent types de fromages sont distinguées et résumées dans le tableau suivant **(Guiraud 1998)**.

Tableau VII : Différents types de fromage

Pâte	Caractéristique	Technologie de fromage	Exemple
Fromage frais ou à pâte fraiche	-Humidité est très élevée : 70-75% - Absence d'affinage -Sont conservé au froid	-Fromage à égouttage obtenue par centrifugation ou filtration -Subissent une fermentation lactique	Petit-suisse
Fromage à pâte molle	- les fromages à pâte molle à croute moisie	-l'égouttage est lent est réalisé par un simple découpage et éventuellement un brassage -fromages obtenue par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique -humidité 50-55%	Camembert
	-les fromages à pâte molle et à croute lavée		Munster
Fromage à pâte pressée	-à pâte pressée non cuite	-fromages obtenue par action de la présure, qui subissent un affinage après la fermentation lactique - obtenue par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression Humidité est moyen 45-50%	Cantal
	-à pâte pressée cuit		
Fromage fondues	Humidité 40-70%	il s'agit de préparation issues de la fonte de fromage s généralement à pâte pressée	Coupe

Chapitre III : FICINE

III.1. Généralité sur les enzymes d'origine végétale

Il existe des fromages obtenus par coagulation du lait avec des protéases d'origine végétale **(Faccia *et al.,* 2012)**.Les extraits de plantes ont été utilisés comme coagulants de lait dans la fabrication du fromage depuis l'Antiquité. Principalement dans les pays méditerranéens, d'Afrique de l'Ouest et d'Europe du Sud **(Shah *et al.,* 2013)**.

Une bonne enzyme de coagulation du lait est caractérisée par une forte activité caséinolytique spécifique et une faible activité protéolytique générale **(Shah et *al.,* 2013)**, puisque une protéolyse excessive peut conduire à une diminution du rendement en fromage **(Faccia *et al.,* 2012)** et affecte les propriétés sensorielles du fromage **(Shah *et al.,* 2013)** et les défauts de saveur (par exemple, amertume) et de texture **(Faccia *et al.,* 2012)**.

Différents types de protéases se trouvent dans le latex de plantes, les protéases à cystéine sont rapportées à partir de latex de familles de plantes telles que Moraceae **(Agrawal et Konno 2009)**.

III.2. Cas de l'extrait de ficine

III.2.1. Généralités sur le figuier

Le figuier s'appelle Kerma en arabe, figuier en français **(Bouyahya *et al.,* 2016)** et Taneqwlets en kabyle, et un arbre de famille Moraceae comprend environ 1400 espèces classées en 40 genres **(Mawa *et al.,* 2013)**, la classification du figuier comme décrit par **(Shamkant *et al.,* 2014)** est la suivante :

Royaume: Plantae,
Division: Magnoliophyta
Classe: Magnoliopsida
Ordre: Urticales
Famille: Moraceae
Genre: Ficus
Espèce: carica

Son origine du sud-ouest de l'Asie et de la méditerranée orientale **(Mawa *et al.,* 2013)**, présent principalement dans les régions subtropicales et tropicales à travers le monde **(Baby et Raj 2011).**

« *Ficus carica*L » est un membre important de genre Ficus. Il est ordinairement caduque **(Mawa *et al.,* 2013)**, est une espèce diploïde (2n = 26) **(Chattia *et al.,* 2003)**,Elles peuvent être considérées comme une source supérieure de minéraux et de vitamines, (fer, 30%; calcium, 15,8%; potassium, 14%; thiamine (B1) 7,1%; et riboflavine (B2) 6,2%) **(Solomon *et al.,* 2006)**. Cette utilisation est secondaire dans l'industrie agroalimentaire **(Chattia *et al* 2003)**, Des protéases d'un certain nombre de plantes comprenant la figue (Ficus carica) ont été utilisées pour coaguler le lait **(Faccia *et al.,* 2012)**.

Figure 3 : photo de branche d'un figuier

III.2.2. Latex

une suspension laiteuse ou une émulsion de particules dans un liquide aqueux , généralement maintenu sous pression dans des cellules végétales vivantes **(Agrawall et Konno 2009)**, constitué de caoutchouc **(Baby et Raj 2011)**,qui détriment du coût de la haute énergie, et est considéré comme un métabolite secondaire sans fonction connue dans les cellules végétales **(Kim *et al.,* 2003)**, de résine, l'albumine, sucre et acide malique, enzymes protéolytiques, diastase, estérase, lipase, catalase et peroxydase **(Baby et Raj 2011)**,traditionnellement utilisé dans le traitement de la goutte, des verrues **(Oliveira *et al.,* 2010)**, les ulcères de la peau et les plaies **(Baby et Raj 2011).**

Le latex de figuier contient environ 20% de gomme, 70% d'eau, 9% de ficine et 1% d'autres matières sèches **(Zare *et al.,* 2013)**, Et une grande quantité de poly-phénols, de flavonoïdes et d'anthocyanes **(Bouyahya *et al.,* 2016)**.

Les protéases à cystéine **(Agrawall et Konno 2009)** sont actives dans une gamme de pH allant de 6,5-8,5 **(Hashemi *et al.,* 2011)**. Et sont connu pour contenir un mélange de différentes enzymes protéolytiques **(Fadyloglu 2001)** possèdent un niveau élevé d'activité protéasique **(Nassar et Newbury 1987).**

III.2.3. Ficine

La ficine (EC 3.4.22.3), également connue sous le nom de ficaïne **(Lucia et Villa 2010)** est le nom donné au composant protéolytique majeur du latex de figuier **(Fadyloglu 2001)** est une enzyme protéolytique à cystéine, à un pH optimal 6 **(Lynn et Clevette-radford 1986)**, Ces enzymes peuvent être divisées en deux groupes : l'un à une forte coagulation du lait mais une faible activité protéolytique, l'autre exprime un effet protéolytique aspécifique plus élevé **(Baby et Raj 2011)**. Cette enzyme est utilisée dans de nombreux aliments transformés **(Akar et Fadiloglu 1999)**.

La masse moléculaire estimée de la ficine purifiée est comprise entre 20 000 et 35 000 Da **(Devaraj *et al.,* 2008)**

La ficine contenait 11,6% de protéines, contenait des quantités appréciables d'activité de coagulation du lait **(Akar et Fadiloglu 1998)**. Possède une activité protéolytique inhibée par des inhibiteurs spécifiques des protéases à cystéine **(Zare *et al.,* 2003)**.

L'intégralité de ce travail est réalisée au niveau du laboratoire de contrôle de qualité de l'université de Jijel et le laboratoire de Biomathématiques Biophysique Biochimie et de Scientometrie de l'Université Abderrahmane MIRA de Bejaia**.**

Ce travail comporte quatre étapes :

- Analyse physico-chimique et microbiologique du lait.
- Production de fromage à pâte pressée.
- Analyse physico-chimique du produit fini.
- Analyse sensorielle de produit fini.
-Analyse statistique de produit fini.

I. Matériel et Méthodes

I.1.Matériel

I.1.1. Collecte du lait de chèvre

Le lait de chèvre est collecté ou ferme de Boulimat, wilaya de Bejaia durant la période du mai et juin.

I.1.2. Récupération du latex de figuier

La matière première végétale utilisée dans cette étude, le latex a été récolté à partir d'un figuier de variété « Dakkar », au début de mois « mai »dans la région d'Assif el Hammam dans le village « KIRIA » wilaya de Bejaia. Ainsi, deux à trois gouttes de la sève du fruit sont directement récupérées dans des tubes propres pour éviter l'oxydation des constituants.

Figure 04 : Sève brute

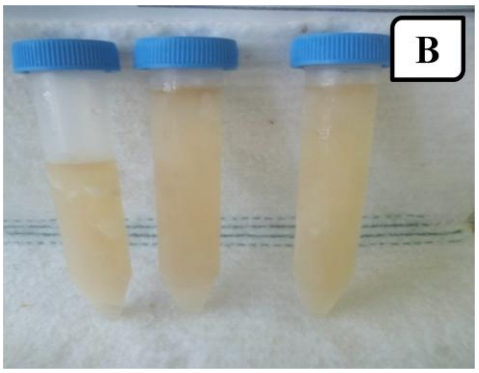

Figure 05 : Sève après centrifugation

Les échantillons sont transportés à 4°C dans une glacière, conservés au congélateur à -20°C puis centrifugés à 9000 rpm pendant 20 min à 4°C. Le surnageant est récupéré puis maintenu à -20 jusqu'à l'utilisation.

I.2. Méthodes

I.2.1. Détermination de la force de latex

La force de présure ou dans notre cas le latex renseigne sur le volume de lait coagulé par un volume de latex en 40 minutes à 35°C.

La force coagulante est calculée selon le **FAO.** Un flacon propre contenant 100 ml du lait de chèvre est chauffés au bain marie à une température de 35°C puis 1ml de l'extrait enzymatique de latex est ajouté. Le tout est homogénéisé et le temps d'apparaissions de petits flocons signe de début de coagulation du lait est calculé.

La force coagulante est exprimée par la formule suivante :

$F=2400\times V/Tv$

F= force de l'enzyme

V= volume du lait

v= volume de la solution enzymatique « surnageant »

T= temps de coagulation du lait « en secondes »

Temps standard du test = 2400 secondes (40minutes).

I.2.2. Analyse microbiologique du lait de chèvre

Les échantillons de lait de chèvre cru sont homogénéisés pendant 30 à 60 secondes avant prélèvement puis analysés par les méthodes préconisées par **Guiraud et Galzy (1980)**. Pour chaque prélèvement, 10 ml de lait de chèvre sont ajoutés stérilement dans un flacon à 90 ml d'eau physiologique. On obtient ainsi une dilution 10^{-1}, à partir de laquelle on réalise des dilutions décimales jusqu'à $10^{-7.}$ Les milieux de cultures utilisés et les conditions d'incubation sont indiqués dans les paragraphes ci-après. Les résultats des dénombrements sont exprimés en log 10 CFU/ml.

I.2.2.1. Flore Mésophile Aérobie Totale (FTAM)

Cette flore est significative du degré de contamination et de l'état de fraîcheur ou de décomposition du produit. Le dénombrement des FTAM est réalisé sur gélose standard pour numération PCA (Plate Count Agar) **(Annexe II)**, par un ensemencement en masse de 1ml des dilution 10^{-5} 10^{-6} 10^{-7} et la lecture est faite après 48 h d'incubation à 30°C **(Afif *et al.*, 2008)**.

I.2.2.2. Dénombrement des bactéries lactiques

Elles sont constituées principalement des genres *Streptococcus, Lactobacillus, Lactococcus, Pediococcus et Leuconostoc*. Elles sont dénombrées sur la gélose de Man, Rogosa et Sharpe (MRS) pH 6,5 **(Annexe II)**. L'ensemencement se fait en masse puis incubation à 30°C/48h. La lecture consiste à dénombrer les colonies blanches, crémeuses **(Afif *et al.*, 2008)**.

I.2.2.3. Dénombrement des coliformes

Dans la recherchés en bactériologie alimentaire, ils correspondent le plus souvent à *Escherichia coli*. L'ensemencement se fait en double couche sur VRBL **(Annexe II)** en déposant 1 ml des dilutions (10^{-1} à10^{-3}) pour les coliformes totaux. L'incubation est réalisée à 37°C pendent 24 h **(Guiraud 2003)**, et les colonies typiques sont rouges avec un diamètre de 5 mm sont dénombrée.

I.2.2.4. Dénombrement des staphylocoques

Le dénombrement est fait directement à partir du lait ainsi que la dilution 10^{-1} sur milieu Chapman **(Annexe II),** sélectif de *Staphylococcus* tolérant les fortes concentrations en NaCl. Ce milieu est incubé 24-48 h à 37 °C. Les colonies de *Staphylococcus aureus* sont pigmentées en jaune-doré et entourées d'un halo jaune correspondant à l'acidification du mannitol (mannitol+).

I.2.3. Analyse physicochimiques du lait et des fromages fabriqués

I.2.3.1. Détermination de pH et l'acidité titrable

Le pH est mesuré à l'aide d'un pH-mètre à sonde de pénétration (Hanna, Instrument, Roumanie) en introduisant l'électrode du pH-mètre dans le lait ou la matrice fromagère.

L'acidité titrable du lait est exprimée en degré Dornic **(Aggad *et all., 2009*)**. Est titrée par une solution d'hydroxyde de sodium (N/9) en présence de phénolphtaléine comme un indicateur coloré virant au rose **(AFIF *et al.*, 2008)**. La densité a été mesurée par un thermo lactodensimètre de type Dornic (**AGGAD *et al., 2009*).**

Figure 06 : Détermination de pH

I.2.3.2. Détermination de la teneur en matière sèche

La teneur matière sèche (MS) est déterminée par séchage d'un échantillon de 5ml du lait ou 3grammes de fromage râpé dans un étuve thermostaté à 103 ± 2 °C jusqu'à avoir un poids constant **(Famelart *et al*., 2001)** ; puis elle est calculée selon **Boumendj el *et al*., (2017)** comme suite :

MS= M1 – M0 / M2 – M0 × 100

M1 : Masse en g du creuset et du résidu

M0 : Masse en g du creuset vide

M2 : Masse en g du creuset et la prise d'essai

I.2.3.3. Détermination d'humidité

L'humidité ou la teneur en eau d'un fromage est la différence entre le poids d'un échantillon de fromage et sa matière sèche

L'humidité (%) = 100- MS

MS=taux de la matière sèche

I.2.3.4. Détermination de taux des cendres

Les cendres sont déterminées après incinération complète de 5 ml du lait et 3grames de fromage après séchage à 103°C à l'étuve **(Famelart *et al* ., 2001),** Puis elle est calculée selon **Boumendjel *et al.*, (2017)** comme suite :

Taux de cendre = M1 – M0 / V × 100

M1 : Masse en g du creuset vide et du résidu
M0 : Masse en g du creuset vide
M2 : Masse en g du creuset et la pris d'essai

I.2.4. Plan d'expérience

Différentes fabriques ont été réalisées avec du lait de chèvre collecté de la traite du matin, en variant les paramètres suivant : le taux de l'extrais enzymatique ajouté, la température de cuisson et le poids de pressage.

L'optimisation de la formule de production d'un fromage à pâte pressée a été étudiée à l'aide d'un plan d'expérience factoriel complet à trois facteurs et à deux niveaux, qui ont été déterminés après des tests préliminaires et avec trois répétions du point central.

Les tests préliminaires sont faits dans le but de déterminer les fourchettes des éléments variés.

Première étape : fixation de la température et le poids de pressage et la variation du volume de l'extrais enzymatique de la sève.

Deuxième étape : fixation du volume de l'extrais enzymatique de la sève et le poids de pressage variation de la température de 30 à 60 °C.

Troisième étape fixation de la température et volume de l'extrais enzymatique de la sève et variation de poids de pressage de 5 à 20 kg. Les facteurs modélisant le système sont représentés dans le modèle suivant **Tableau VIII.**

Tableau VIII : les chiffres des différents facteurs modélisant le plan d'expérience

	Code	Latex (µl)	Température (°C)	Pressage (kg)
01	-0-	-1	0	10
02	0--	0	-1	10
03	--0	-1	-1	15
04	0+-	0	1	10
05	000	0	0	15
06	0-+	0	-1	20
07	000	0	0	15
08	+0-	1	0	10
09	+-0	1	-1	15
10	-+0	-1	1	15
11	000	0	0	15
12	+0+	1	0	20
13	-0+	-1	0	20
14	++0	1	1	15
15	0++	0	1	20

I.2.4.1. Fabrication de fromage à pâte pressée

Dans la perspective d'optimiser la fabrication de fromage à pâte pressé Une salle au niveau du laboratoire BBBS à l'Université Abderrahmane MIRA de Bejaia a été aménagée comme atelier de production semi-pilote.

Le lait cru de chèvre est versé dans la cuve de pasteurisateur (figure 06) puis chauffé à la température d'emprésurage et une quantité de l'extrait enzymatique est ajoutée. Le tout est bien mélangé et laissé au repos jusqu'à coagulation (15min).

Figure 07 : Photo de Pasteurisateur

Une fois le lait a pris la forme d'un coagulum bien ferme, le caillé est découpé en petits cubes de 1 cm^2 à l'aide d'un Couteau dans le but de favoriser l'exsudation de lactosérum figure 07.

Figure 08 : Découpage de coagulum

Les cubes de coagulum résultant du découpage sont brassés dans le lactosérum en même temps que la cuisson jusqu'à obtention des grains de caillé coulant

Figure 09 : Brassage et cuisson de caillé

Le caillé est mis dans des moules en plastique tapissés par tissue, pressé et salé à raison de 1% puis affiner durant 7 jours à 12°C en faisant des retournements.

Figure 10 : Salage et affinage de fromage

I.2.4.2. Rendement fromager

Le rendement calculé est égal au rapport entre la masse du fromage et la masse du lait de chèvre utilisée à sa fabrication plus le volume de latex ajouté. Le rendement global fromager, *R(%)*, est calculé par la méthode de **St-Gelais *et al.*,(2002)** suivant l'équation suivante :

$$R(\%) = \frac{F}{L+1} \times 100$$

R = rendement (%) ; *F* = masse de fromage obtenue (g) ; *L* = masse de lait utilisé en gramme ; *I* = volume de latex ajouté.

I.2.4.3. Evaluation sensorielle des fromages

L'analyse hédonique consiste à appréhender l'appréciation d'un produit, son acceptabilité, auprès d'un échantillon de consommateurs naïfs. Ceux-ci donnent une évaluation de produits testés en se basant uniquement sur les caractéristiques sensorielles (tactiles, olfactives, gustatives et visuelles) des produits **(Kergoat, 2010)**, En effet, la qualité sensorielle des fromages dépend d'un grand nombre de facteurs, liés à la fois à la technologie de fabrication et aux caractéristiques physicochimiques et microbiologiques de la matière première **(Coulon *et al.*, 2005)**

Le groupe ayant fait cette évaluation est composé de 16 étudiants de département de Microbiologie Appliquée est Science Alimentaire de l'université de Jijel, n'ayant subi aucun entrainement ni formation.

La réalisation de cette évaluation est faite dans le laboratoire de contrôle de qualité où 16 postes de dégustation sont mis à la disposition des dégustateurs. Le laboratoire est bien nettoyé pour éliminer toutes contraintes risquant d'influencer le bon déroulement de l'épreuve.

Chaque sujet reçoit un questionnaire (Annexe I) sur lequel il va évaluer les produits sur les différents critères choisis. Une note de 1 à 9 est attribuée pour chaque critère.

I.2.4.4. Analyse statistique

Le logiciel utilisé pour réaliser l'approche des plans d'expérience est le JMP, SAS Institute. C'est est un programme informatique de statistiques mis au point par la division JMP de l'institut SAS.

Les données expérimentales de l'évaluation sensorielle des fromages, sont analysées en composantes principales (ACP) par Le logiciel XLSTAT-3DPlot **(Addinsoft 2003)** avec seuil de signification retenu de 0,05.

II. Résultats et discussion

II.1. Lait de chèvre

II.1.1. Caractérisation microbiologique du lait

Les résultats de contrôle microbiologique effectués sur le lait cru de chèvre destiné à la fabrication des fromages sont illustrés dans la figure 10 ci-dessous :

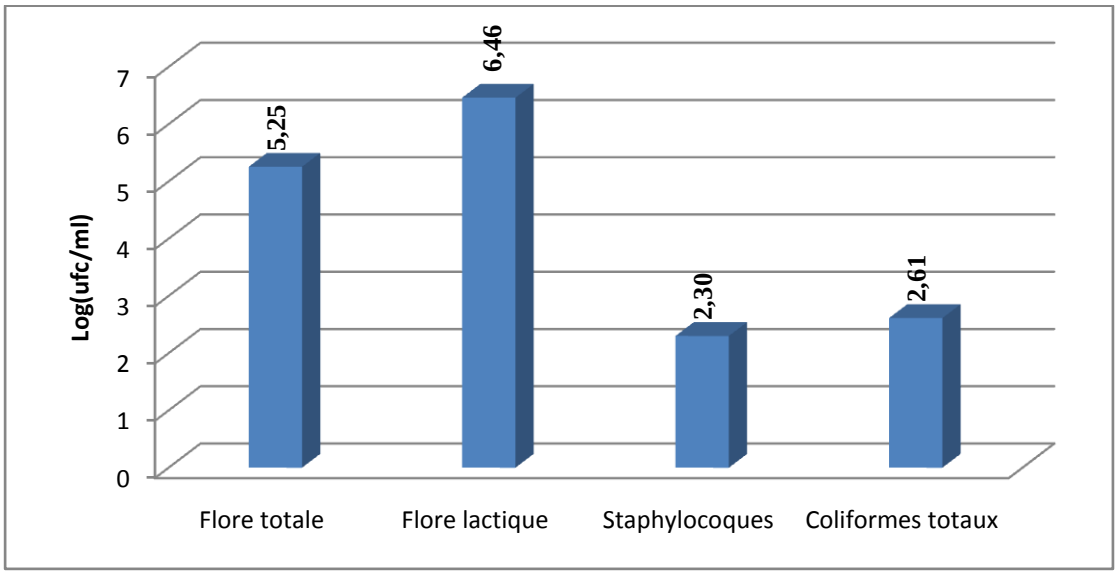

Figure 11 : Analyse microbiologiques du lait

D'après cette figure nous constatons que la flore lactique est la plus dominante suivie de la flore totale puis les coliformes totaux et les staphylocoques.

Flore totale

La flore totale renseigne toujours sur la qualité hygiénique du lait cru **(Afif*et al.*, 2007)**. La **figure 10** montre qu'elle est de l'ordre de 5 log (1,8 $\times 10^5$ UFC/ml).Selon **Guiraud (1998)** le lait cru de chèvre doit contenir une charge inférieure à 10^6 germe /ml.

Selon **Ameur *et al.*, (2011).** Le lait cru collecter en Algérie présente un taux de contamination microbienne très élevé (entre 10^5 et 10^7 UFC/ml), préjudiciable aussi bien à la transformation dans l'industrie laitière qu'à la santé publique.

Le seuil de contamination maximal fixé selon le **JORA n°35 de 1998** est de 10^5 UFC/ml. Nous constatons que la charge du lait cru en flore totale est supérieure à la norme algérienne, ce qui nous laisse dire que le lait n'est pas satisfaisant pour une consommation direct d'où la nécessite de le

valoriser par des techniques technologique pour réduire sa charge microbienne (ajout de ferment, cuisson…) lors de la fabrication d'u produit laitier comme le fromage dans notre cas.

Flore lactique

La flore lactique de lait de fabrication est assez satisfaisante **(figure 10),** elle est de l'ordre de 6 log ($2,9 \times 10^5$).Cette flore forme un groupe hétérogène composé de coques et bacilles, dont la principale caractéristique est la production lactique **(Badis *et al.,* 2005)** comme produit principale de métabolisme à partir de la fermentation des sucres permettent ainsi abaissement du pH **(Zarour *et al.,* 2012)**.

Cette flore est représentée par certains germe très importants dans la fabrication des produits laitiers, fromage en l'occurrence, comme *Lactobacillu*s ,*Streptococcus* et *Leuconostoc* **(Zarour *et al.,* 2012)**. Ces germes permettent le développement des caractéristiques organoleptiques par la production et la sécrétion des enzymes protéolytique et lipolityque, ainsi que l'augmentation de la durée de conservation par la production des bactériocines **(Badis *et al.,* 2005).**

Staphylocoques

Le dénombrement des staphylocoques a permet de déterminer que le lait de fabrication est exempte de *Staphylococcus aureus*, vu que les colonies trouvées sur gélose Chapman sont blanche et de petite taille ce qui nous laisse supposer que ce sont des *S. epidermidis* ou des microcoques.Cette contamination est peut être due aux mammites cliniques et subclinique, principale source de contamination du lait intra-mammaire, chez les chèvres **(Dumolin et Peretz. 1993)**.

Comparé au **JORA n° 35 de 1998** qui stipule que le lait de consommation doit être totalement dépourvu de staphylocoques et la bibliographie qui affirme que le nombre accepté de *Staphylococcus aureus* dans le lait de fabrication des fromages est de 10^5au maximum, car la production des toxines staphylococcique commencer à 10^6, la **figure 10** montre que la qualité microbiologique du lait de fabrication est bonne vu que le nombre de staphylocoques est assez bas, de l'ordre de 2 log.

Coliformes totaux

En se référant à la **figure 10** la charge de contamination par les coliformes totaux est de l'ordre de 2,61 Log (410 UFC/ml). Notre résultat est proche de Celui de **Guiraud (1998)** qui a enregistré une valeur des coliformes inferieures à 10^2 germe/ml.

La contamination par les coliformes se réalise notamment lors de la traite, surtout lorsque les conditions d'hygiène sont mal appliquées puis se développent pendant la transformation du lait et se réduire lors de l'affinage **(Ricard 1998).**

II.1.2 .Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre

II.1.2.1. Analyses physico-chimiques du lait de chèvre

Les résultats des analyses physico-chimiques de lait de fabrication effectuées sont résumés dans le

Tableau IX.

Tableau IX : les résultats des analyses physico-chimiques du lait de chèvre

	Matière sèche(%)	Cendre(%)	pH	Acidité titrable	Densité
Lait	9 ,87 ± 1,05	0,6 ± 0,2	6,6	20°D	1,031

Le pH est un indicateur de fraicheur du lait, lorsque cette valeur est élevée elle indique une contamination par des agents protéolytique comme les champignons et lorsqu'elle diminue, elle renseigne sur une glycolyse par des bactéries acidifiante comme les coliformes qui produisent des acides mixtes **(Amiot *et al.*,2002)**.

Le pH obtenu de lait de fabrication est de 6,6. Il est en accord avec celui rapporté par **Park et al (2007)** et qui ont trouvé des valeurs de pH du lait cru varient entre 6,50 à 6,80. Pour **(Rameuf *et al.*, 1998)** ont trouves des résultats similaires compris 6,45-6,90.

Les résultats trouvés pour l'acidité titrable et la densité de lait de fabrication sont respectivement 20°D et 1,031 **(Tableau IX).**Ces résultats sont en accord avec ceux donnés par **(Park *et al.*, 2007)** qui enregistré une acidité varie de 14 à 23°D et une densité comprise entre de 1,029-1,039.Selon **Vignola *et al.*,(2002)**, ces paramètres donnent des information sur l'aspect du lait vu que ces valeurs sont stables.

D'après les résultats obtenus **(tableau IX)**, les valeurs de la matière sèche et les cendres (éléments minéraux) sont respectivement 9,87 % et 0,6 %. Ces résultats sont en accord avec ceux de **Noutfia**

***et al.*, (2013)** qui ont enregistré pour le lait de chèvre des valeurs proches entre 0,70 % et 9,87 % pour la matière sèche.

II.2. Fromage

II.2.1. Analyses physico-chimiques de fromage

Au terme de ce travail 15 fromages notés de A jusqu'à O ont été fabriqué en variant la température de cuisson, le taux d'extrais enzymatique ajouté et le poids de pressage selon un plan d'expérience factoriel.

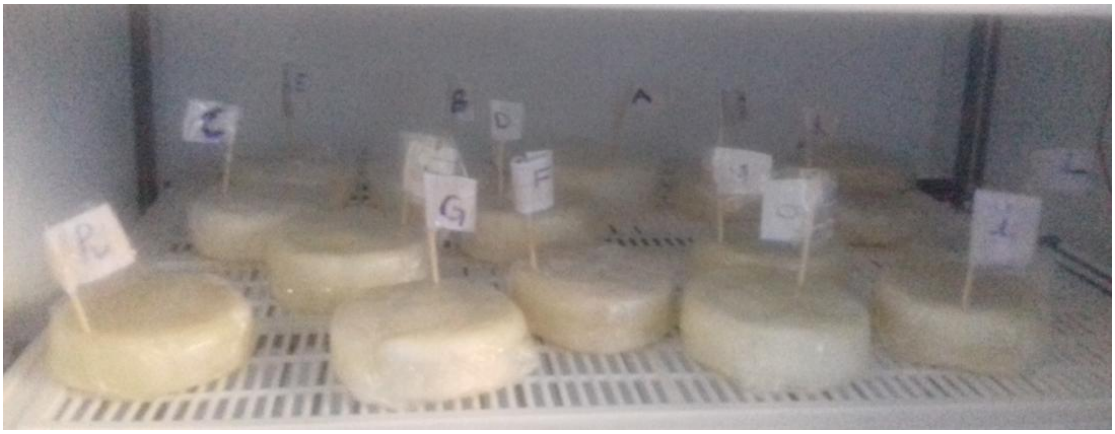

Figure 12: Photo montrant les 15 fromages fabriqués

Les résultats des analyses physico-chimiques des fromages sont illustrés dans le tableau ci-après.

Les taux d'humidité obtenus dans la présente étude est de 38,84 -51 %, Ces valeurs sont en concordance avec celles rapportées par **Fox *et al* ., (2000)** qui relatent que les taux d'humidité pour différente catégories de fromages varie entre 29,2 et 82,5 %.

En se référant à l'Instance Régionale d'Education et de Promotion de la Santé de Bretagne qui classe les fromages selon leur humidité et d'après les résultats en humidité des 15 fromages fabriqués **Tableaux X**, qui montre des teneurs inférieures à 50%, les fromages fabriqués appartiennent à la catégorie des fromages à pâte cuite presséeet ça est dû la durée d'affinage qui n'est pas encore achevée car elle est arrêtée à une semaine.

D'après les résultats du **Tableau X**, les fromages les plus humides sont : le fromage G fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 40°C et pressé à 15 kg et le fromage N fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 50°C et pressé à 20 kg, respectivement avec les valeurs 51 et 47,84 %. Cela est due à un à la faible teneur en extraits enzymatique ajoutées (225µl).

Le **tableau X** montre aussi que les fromages A et D possèdent les faibles teneures d'humidité avec des valeurs respectives de 38,84 et 39 ,83 %. Cela est due à forte teneur d'extrais enzymatique ajoutées (375µl).

Tableaux X : les analyses physico-chimiques des fromages fabriqués.

	Humidité (%)	**Ph**
FromageA	39,83	5,00
FromageB	45,50	5,07
FromageC	43,00	5,32
FromageD	38,84	5,18
FromageE	45,33	5,22
FromageF	43,17	5,36
FromageG	51,00	5,31
FromageH	41,00	5,40
FromageI	44,00	5,31
FromageJ	41,00	5,57
FromageK	45,00	5,85
FromageL	46,00	5,90
FromageM	45,84	5 ,19
FromageN	47,84	5,20
FromageO	44,00	5,20

Les valeurs de pH obtenues sont résumées dans le **tableau X** sont comprises entre 5 et 5,90. On remarque que la faible valeur de pH est notée pour les fromages **A** et **B** avec les valeurs respectives de 5 et 5,07, fabriqués avec la température de cuisson la plus faible (40°C). Cela peut se justifier par l'acide lactique qui est secrétée par les bactéries lactiques thermophiles telles que les lactobacilles acidifiants. Cependant la valeur le plus élevée de pH 5,90 est remarqué pour le fromage **L** fabriqué sous une température de cuisson la plus élevée (60°C).

II.2.1.1 Résultats de rendement

Les résultats des rendements fromagers selon les combinaisons sont présentés dans la figure ci-après. Le rendement des fromages varie en fonction des paramètres étudiés à savoir la température de cuisson, le pressage (**figure 12**).

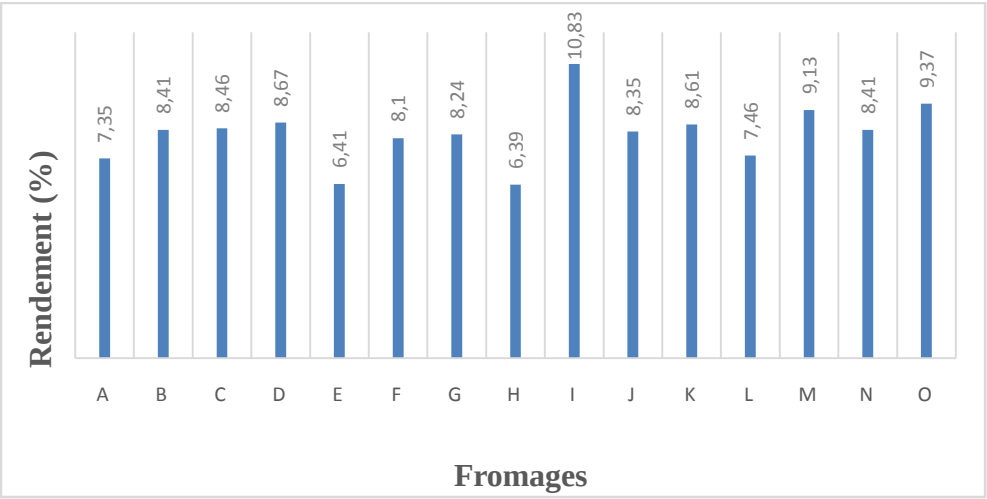

Figure 13 : Rendement des échantillons en fromages

Les rendements en fromages obtenus dans la présente étude varient entre 6 à 10% selon la diversification des paramètres de fabrication utilisée. Le fromage (I) fabriqué avec 300 µl d'extrait enzymatique, cuit à 50°C et pressé à 15 kg possède le rendement le plus élevée 10,83%, suivi par le fromage (O) fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 60°C et pressé à 15 kg avec un rendement de 9,37% et puis le fromage(M) fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 50°C et pressé à 10 kg avec un rendement de 9,13%.

II.2.1.1.1 Optimisation

L'optimisation de la fabrication des fromages dépend significativement des facteurs de procédé au niveau de confiance de 95% avec 5% de risque d'erreur vu que le R^2 de ce modelé est de 0,90 en d'autre terme 90% des variabilité sont justifié par ce modelé.

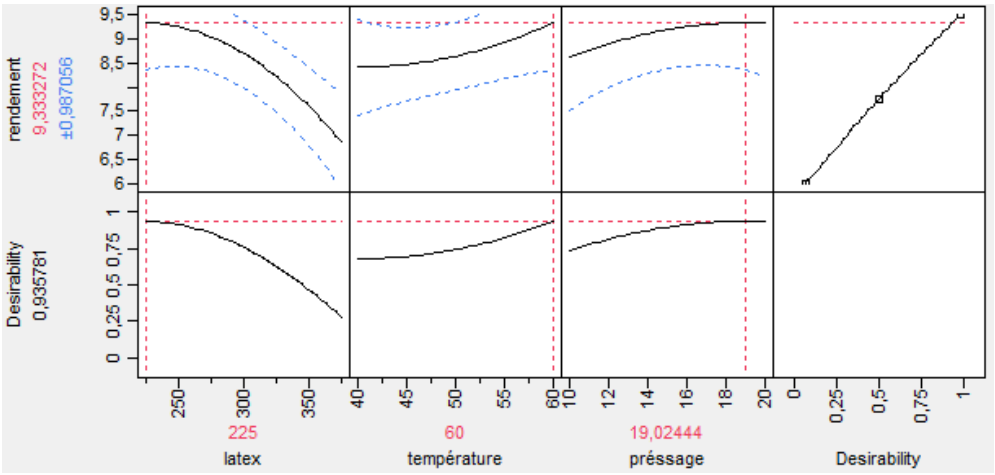

Figure 14: profil de prédiction de la formulation des fromages

D'après les résultats illustrés dans la **figure 13** on constate que la combinaison qui donnera le rendement le plus élevé est la suivante (225µl de l'extrais enzymatique, température de cuisson 60°C et un pressage de 19 kg).

Les 10% moquant à ce modèle peuvent être justifié par le fait que les fromages sont fabriqué par deux personnes différentes comme préconisé par **Mocquot *et al.*, (1963)** qui stipulent que le rendement en fromage est conditionné essentiellement par la compétence professionnelle du fromager et par des facteurs relevant de la composition du lait en fabrication.

II.2.1.1.2 Effet interactionnel entre les paramètres de fabrication

L'effet interactionnel entre les paramètres de fabrication est montré dans la figure ci-après.

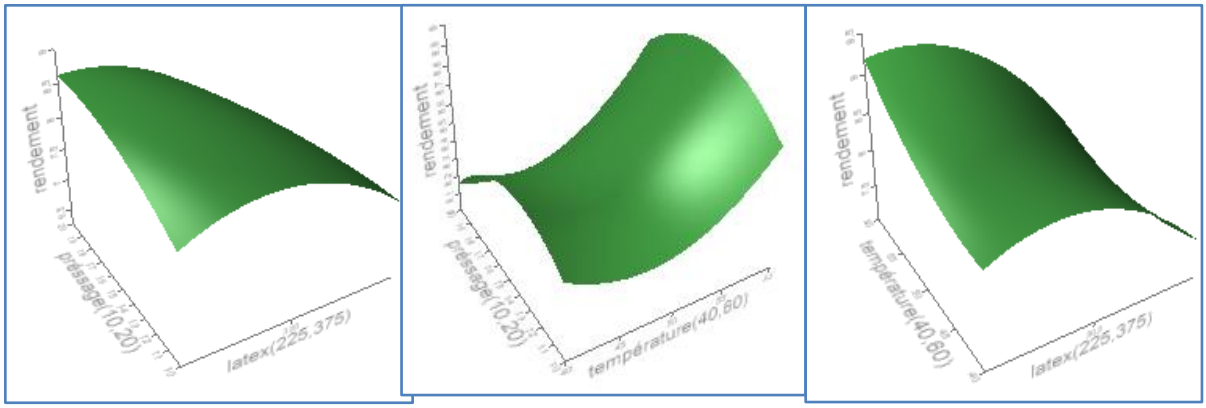

Figure 15: Effet interactionnel entre les paramètres de fabrication sur le rendement de fromage.

La figure montre l'effet antagoniste de l'augmentation de la teneur en extrait enzymatique et le poids de pressage sur le rendement : un fort rendement est observé avec la faible teneur en extrait enzymatique 225 µl puis diminue avec l'augmentation de la teneur en extrait jusqu'à 375 µl. Cependant le poids du pressage enregistre une parabole avec une apogée de rendement à 15 kg. Globalement il y a un effet synergique négatif entre l'augmentation de la température et la teneur en extrait enzymatique ainsi que le poids de pressage groupés.

II.2.1.2. Analyses Sensorielle

Les résultats des analyses sensorielles sont illustrés dans la figure après. D'après l'analyse des données de l'acceptabilité des fromages, la **figure 15** montre que le fromage G, fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 40°C et pressé à 15 kg est la plus apprécié contrairement au fromage A qui est mal accepté.

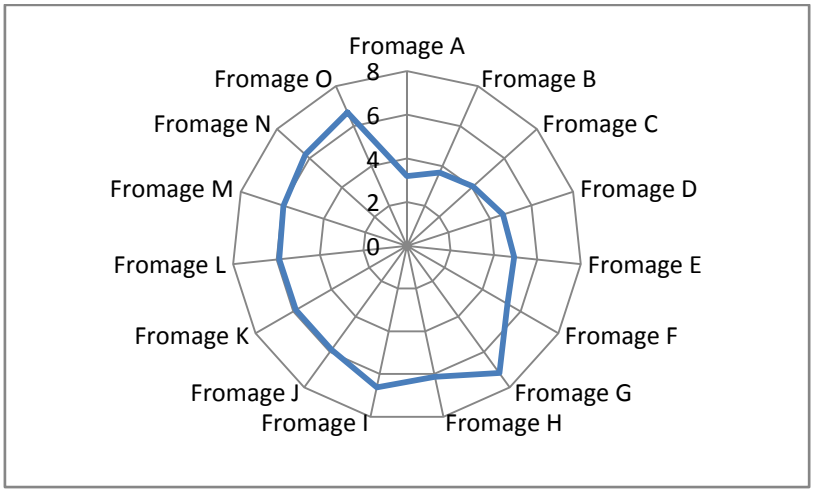

Figure 16 : Préférence générale des personnes

Les résultats de l'analyse en composante principale permet de justifier et de distinguer les repenses des dégustateurs d'un point de vu statistique. La **figure 16** montre que 74,72% des variabilités sont exprimées par deux axes (F1, F2). F1, est largement prépondérant, avec 50,70 % de la variabilité, suivi de F2 avec 24,02 %.

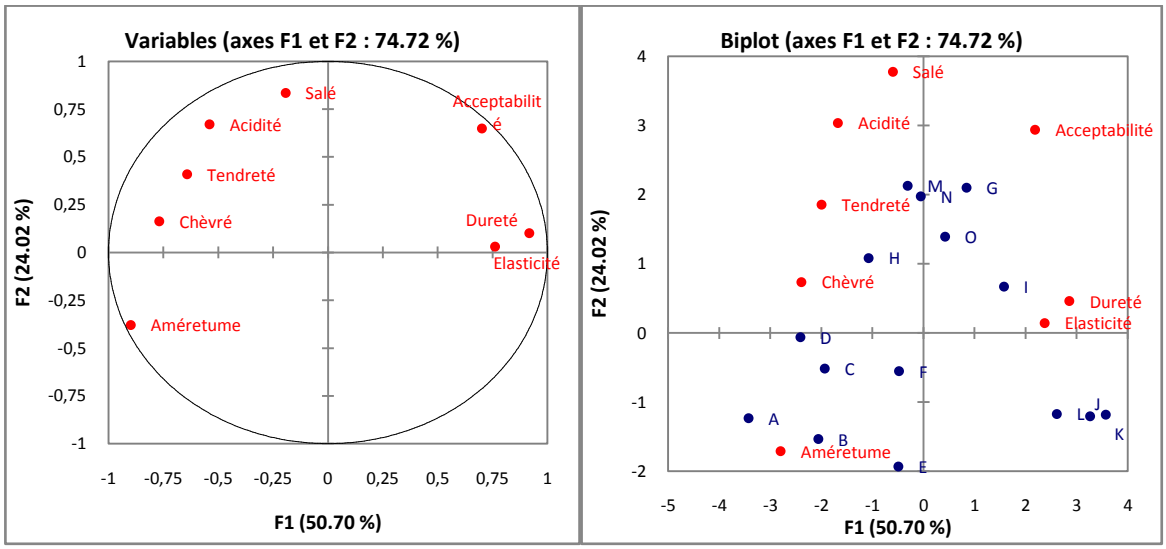

Figure 17: Corrélations entre les variables sensorielles et les fromages

Les résultats donnés par l'ACP (Analyses en Composante Principale) attestent que c'est l'aspect textural (dureté et élasticité) et gustatif (amertume et gout de chèvre) qui différencie les fromages d'un point de vue sensoriel, en contribuant fortement à la construction de F1, représenté par les fromages G, M, N et O respectivement. Cependant F2 est fortement corrélé avec les fromages à goût salé, tendre et acide représenté par le fromage H ayant une faible acceptabilité.

La **figure 16** montre que les fromages J, K et L ont une acceptabilité modérée vu qu'ils sont positivement corrélés avec l'acceptabilité, cependant les fromages ayant enregistré un refus par les dégustateurs sont les fromages A, B, E C et F respectivement à cause de leurs amertume prononcée.

D'après les résultats du **Tableau XI,** L'acceptabilité du fromage est fortement affectée par le gout amer des fromages en enregistrant une corrélation négative (- 0,86). Cette amertume est généralement considéré comme un grave défaut des fromages **(vassal et Gripon 1984)** cependant l'acceptabilité des fromages est positivement corrélée avec la dureté (+0,6) et l'élasticité (+ 0,58).

Tableau XI: Matrice de corrélation des analyses sensorielles et de l'acceptabilité des fromages

	Elasticité	Tendreté	Dure	Salé	Amère	chèvre	Acidité	Acceptabilité
Elasticité	1	-0,407	**0,73**	-0,35	**-0,64**	-0,252	-0,250	**0,586**
Tendre	-0,407	1	**-0,65**	0,31	0,35	0,484	0,457	-0,055
Dure	**0,730**	**-0,653**	1	-0,11	**-0,85**	**-0,577**	-0,300	**0,607**
Salé	-0,355	0,311	-0,11	1	-0,14	0,128	**0,546**	0,342
Amère	**-0,646**	0,354	**-0,85**	-0,14	1	**0,660**	0,291	**-0,859**
Chèvré	-0,252	0,484	**-0,57**	0,12	**0,66**	1	**0,697**	-0,453
Acidité	-0,250	0,457	-0,30	**0,54**	0,29	**0,697**	1	0,033
Acceptabilité	**0,586**	-0,055	**0,60**	0,34	**-0,85**	-0,453	0,033	1
Les valeurs en gras sont différentes de 0 à un niveau de signification alpha=0.05								

Conclusion

L'objectif de cette étude est l'utilisation d'un produit local en abondance, le latex d'un caprifiguier, et à optimiser la fabrication de fromages de chèvre a pate cuite, en se basant sur les plans d'expériences JMP et l'analyse en composantes principales (ACP).

La première partie a été consacrée au lait de chèvre, les matières sèches, les cendres, ainsi que la densité, l'acidité titrable et le pH ont été analysés. Aussi La composition microbiologique des laits de fromagerie a été déterminée.

Les résultats de la flore totale, la flore lactique et des staphylocoques sont assez satisfaisantes pour la fabrication des fromages.

Au terme de cette optimisation 15 fromages à pâte pressée ont été fabriqués avec le lait cru de chèvre, en variant le volume de l'extrait enzymatique de latex de Caprifiguier Dukar, la température de cuisson et le poids de pressage.

L'analyse en composantes principales (ACP) attestent que c'est l'aspect textural (dureté et élasticité) et gustatif (amertume et gout de chèvre) qui différencie les fromages d'un point de vue sensoriel.

La matrice de corrélation de l'acceptabilité des fromages avec les analyses sensorielles a été déterminée. Elle montre que l'acceptabilité des fromages est fortement affectée par le gout amer des fromages en enregistrant une corrélation négative (- 0,86). Cependant elle est positivement corrélée avec la dureté (+0,6) et l'élasticité (+ 0,58).

L'analyse sensorielle des fromages a été effectuée par un panel de 16 dégustateurs. Les résultats ont montré que le fromage G, fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 40°C et pressé à 15 kg est le plus apprécié.

Références bibliographiques

A

Afif A., Faid M., Najimi M. (2008). Qualité microbiologique du lait cru produit dans la region de Tadla au Maroc. *Biologie and biotechnology*, Vol : 7, 2-7.

Aggad H., Mahouz F., Ahmed A.Y., Kihel M. (2009). Evaluation de la qualité hygiénique du lait dans l'ouest Algérien, Vol : 160, 590-595.

Agrawal A.A., Konno K. (2009). Latex: A model for understanding mechanisms, ecology, and evolution of plant defense against herbivory, *Annu. Rev. Ecol. Evol.* Vol : 40 , 311– 331.

Akar B., Fadiloglu S., (1999). Teleme production by purified ficin. *Journal of Food Quality*.671-680.

Ameur A .,Rahal K., Bouyoucef A.(2011). Evaluation du nettoyage des tanks de réfrigération dans les fermes laitiéres de la région de Ferha. *Nature et Technologie*, n°6 ,80-84.

Amhouri F., Said B., Hamama A., Zahar M. (1998). Qualité microbiologique du lait cru : Cas de la region d'Errachidia .*Actes Inst.Agron .Vet*., Vol : 18,(1),31-35.

Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R. (2002). Composition, propriétés physicochimique, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. Carole l, Vignola, *Science et technologie du lait*,1-30.

Assenat L., (1967). Contribution a l'étude d'une méthode d'identification des laits et fromages au moyen de l'électrophorèse sur gel de polyacrylamide .*Le lait*. N° 467.

Azarkan M., Matagne A., Wattiez R., Bolle L., Vandenameele J., Baeyens-Volant D.(2011). Selectine and reversible thiol-pegylatio, an effective approach for purification and characterization of five fully active ficin (iso) forms from Ficuscarica latex. *Phytochemistry*, Vol: 72, 1718-1731.

B

Baby J. Raj S. J. (2011). Pharmacognostic and phytochemical properties of Ficuscarica Linn-An overview.*International Journal of Pharm Tech Research*, Vol: 3, 08-12.

Bachtarzi N., Amourache L., Dehkal G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). *International Journal of Innovation and Scientific Research*, Vol :17 34-42.

Badis A., Laouabdia-Sellami N., Guetarni D., Kihal M., Ouzrout R. (2005). Caractérisationphénotypique des bactéries lactiques isolées partir de lait cru de chèvre de deux populations caprines locales "arabia et kabyle",30-37.

Bénédicte N. (2012). Le lait : produits, composition et consommation enFrance.*Cahiers de nutrition et de diététique,* Vol : 47, 242 - 249.

Buchin S., Duboz G., Le Quéré JL., Grappin R. (1998). Développement des caractéristiques biochimiques et sensorielles des fromages de chèvre. Étude inter espèce par échange de la matière grasse et du lait écrémé de laits de vache et de chèvre, Vol : 78, 673-687.

Boumendjel M., Feknous N., Mekideche F., DalichaoucheN., Feknous I., Touafchia L., Metlaoui N., Zenki R. (2017). Caractérisation du lait de chèvre produit dans la région du Nord-est Algérien. Essai de fabrication du fromage frais. *Algérien Journal of Natural Product,* Vol : *2 ,492-506.*

Bouyahya A.,Bensaid M., Bakriy., Dakka N. (2016) Phytochemistry and Ethnopharmacology of *Ficuscarica.international journal of biochemistry research & Review,* Vol : 14, 1-12.

C

Carrascosa C., Millán R., Saavedra P., Jaber J.R., Raposo A., Sanjuán E. (2016). Identification of the risk factors associated with cheese production to implement the hazard analysis and critical control points (HACCP) system on cheese farms. *American Dairy Science Association.* Vol: 99, 1–11.

Chattia K., Salhi-hannachia A., Marsb M., Marrakchia M., Trif M. (2003) Analyse de la diversité génétique de cultivars tunisiens de figuier (Ficus carica L.) à l'aide de caractères morphologiques, Cirad/EDP Sciences , vol : 59, 49–61.

Coulon J.P., Delacroix-Buchet A., Martin B., Pirisi A. (2005). Facteurs de production et qualité sensorielle des fromages. *Institut National de la Recherche Agronomie,* Vol : 18(1), 49-62.

D

Debry G. (2001). Lait, nutrition et sante, *Techniques et documentation Lavoisier,* 555.

Delacroix-Suchet A., Degas C., Lamberet G., Vassal L. (1996). Influence des variant AA et FF de la caséine αs1 caprine sur le rendement fromager et les caractéristiques sensorielles des fromages. Vol : 76, 217-241.

Desjeux J.F. (1993). Valeur nutritionnelle du lait de chèvre, *Lait de chèvre et santé,*Vol : 73, 573-580.

Devaraj K.B., Kumar P.R. Prakash V. (2008a). Purification, characterization and solvent induced thermal stabilization of ficin from Ficuscarica. J. Agric. *Food Chem,* Vol: 56,

11417–11423,

Dumoulin E., Peretz G. (1993). Qualité bactériologique du lait cru de chévre en France . *Institut National de la Recherche Agronomie,* Vol :73, 475-483.

E

Ercan D., Korel F., Karagül Y.Y., Kınık Ö. (2011).physicochemical, textural, volatile, and sensory profiles of traditional Sepet cheese. *American Dairy Science Association,* Vol : 94 4300–4312.

F

Faccia M., Picariello G., TRANI A., LOIZZO P., GAMBACORTA G., Lamacchia C., Di Luccia A.(2012). Proteolysis of Cacioricotta cheese made from goat milk coagulated with caprifig (Ficuscaricasylvestris) or calf rennet, *Eur Food Res Technol.* 527-533.

Fadyloglu S. (2001). Immobilization and characterization of ficin.Nahrung/Food, Vol: 2. 143– 146.

Famelart M.H., Le Graeta Y., Michela F, Richouxb F., Riaublancc A.(2002). Évaluation des méthodes d'appréciation des propriétés fonctionnelles des fromages d'emmental de l'Ouest de la France. *Lait,* Vol : 82, 225–245.

FAO organisation et fonctionnement de l'unité de transformation.

Fox P.F., Cogan M.T., Guinee T.P. (2017). Factors that affect the quality of cheese .*Chemistry,Physics and Microbiology* .

G

Gaaliche B., Majdoub A., Trad M., Mars M. (2013). Assessment of Pollen Viability, Germination, and Tube Growth in Eight Tunisian Caprifig (*Ficuscarica*L.) Cultivars. *HindawiPublishing Corporation,* Vol:10, 1155.

Gnanda I.B., Zoundi J.S., Nianogo A.J., Le Masson A., Meyer C. (2005). Performances laitières et pondérales de la chèvre du Sahel Burkinabé en régime de complémentation basé sur l'utilisation des ressources alimentaires locales.*Dairy and Weight Performances of Goats in Burkina,* Vol : *58*, 175-182.

Grappin R., Jeunet R., Pillet R., LE Toquin A. (1981). Etude des laits de chèvre. *Lait.* Vol.61, 117-133.

Gueguen. (1996). Qualité hygiénique du lait de chèvre. In Institut National de la Recherche Agronomie (Ed). Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre (France). *Les colloques* n°81.

Guerrino P.D.C. (2018). Novel insights into the microbiology of fermented dairy foods.*ScienceDirect*. Vol: 49, 172–178.

Guiraud P.J. (1998). Microbiologie Alimentaire. DUNOD, Paris, ISBN 2100036661.

H

Hashemi S., Abediankenari S., Ghasemi M., Azadbakht M., Yousefzadeh Y., Dehpour A.A. (2011). The *Effect of Fig Tree Latex (Ficuscarica)on Stomach Cancer Line ,Iranian Red Crescent Medical Journal* ,Vol:4, 272-275.

I

Irlinger F., Mounier J. (2009). Microbial interactions in cheese: implications for cheese quality and safety. *Current Opinion in Biotechnology* , Vol : 2, 142-148.

Ilboudo A.J., Savadogo A., Seydi M.G., Traore A.S. (2012). Place de la matière azotée dans le mécanisme de la coagulation présure du lait. International Journal of Biological and chemical Science, Vol: 6, 6075-6087.

J

Jaubert J., Mourre., V. (1996). Growth of yeast contaminants in an immobilized lactic acid bacteria system.,*Lett. Appl. Microbiol*, 313–341.

Jeantet R., Croquennec T., Mahaut M., Schuck P., Brule G. (2008). les produits laitier 2eme édition, tech et doc ,*lavoisier*. 1-3-13-1417(185 page).

JORA. (1998) . CRITERES MICROBIOLOGIQUES RELATIFS A CERTAINS DENREES ALIMENTAIRES. *Journal Officielle De la République Algériennes*, n°35.

K

Kamoun A., Chaabouni M.M, Ayedi H.F. (2011). Plans d'expériences et traitements de surface-Méthodologie des surfaces de réponses (MSR).*Techniques de l'ingenieur l'expertise technique et scientifique.*

Kargoat M. (2010). Approche psychosociale et différentielle des évaluations sensorielles : Intensité affective et préférences tactiles. Université Paris Ouest Nanterre La Défence .Thése de doctorat .

Kim J. S., Kim Y.O., Ryu H.J., Kwak Y.S., Lee J.Y., Kang H. (**2003).** Isolation of stress-related genes of rubber particles and latex in fig tree (Ficuscarica) and theirexpressions by abiotic stress or plant hormone treatments.*Plant Cell Physiol*, Vol: 44, 412–419.

L

Labioui H., Elmouldi L., Benzakour A., El Yachioui M., Berny H., Ouhssine M. (2009). Etude physicochimique et microbiolodique de lait cru, *Bull. Soc. Pharm. Bordeaux*, Vol : 148 ,7-16.

Lafarge V., Ogier J.C., Girard V., Maladen V., Leveau J.Y., Gruss A., Delacroix-Buchet A. (2004). Raw cow milk bacterial population shifts attributable to refrigeration**.** *Applied and environmental microbiology*, Vol: 70, 5644-5650.

Link T.2005« Patrimonialisation et typification de fromages « traditionnels » : une approche comparée de démarches de qualification », *Ruralia* [En ligne], 16/17 |, mis en ligne le 01 juillet 2009, consulté le 26 juin 2018. URL : http://journals.openedition.org/ruralia/1086.

Lucía F.S., Villa T.G. (2010). (Native and Biotechnologically Engineered Plant Proteases with Industrial Applications.*Food Bioprocess Technol.*

Lynn k.R., Clevette-radford N. A. (1986).ficin e, a serine-centred protease from Ficus*Elastic*, Vol:25, 1559-1561.

M

Macheboeuf D., Coulon J-B., D'Hour P. (1993). Aptitude à la coagulation du lait de vache. Influence de la race, des variants génétiques des lactoprotéines du lait, de l'alimentation et du numéro de lactation. *Institut National de la Recherche Agronomie.* Productions animales, Vol : 6 (5), 333-344.

Martin B., Coulon JB. **(1995).** Facteurs de production du lait et caractéristiques des fromages. Influence des facteurs de production sur l'aptitude à la coagulation des laits de troupeaux,Vol :75, 61 -80.

Masle I., Morgan F. (2001). Aptitude du lait de chèvre à l'acidification par les ferments lactiques – Facteurs de variation liés à la composition du lait, *Note,*Vol : 81 ,561-569.

Mawa S., Husain K., Jantan I. (2013).*Ficuscarica*L. (Moraceae): Phytochemistry, Traditional Uses and Biological Activities. Hindawi Publishing Corporation. *Evidence-Based Complementary and AltrnativeMedcine*

Medjoudj H., Aouar L., Nasreddin M Z., Hayaloglu A.A. (2018). Proteolysis, microbiology, volatiles and sensory evaluation of Algerian traditional cheese Bouhezza made using goat's raw milk. *International Journal of Food Properties.*1094-291.

Miočinović J., Puđa P., Radulović Z., Pavlović V., Miloradović Z., Radovanović M, Paunović D.(2011). Development of low fat UF cheese technology, Vol: 61, 33-44 .

Mocquot G., Ricordeau G., Auriol P. (1963). Estimation du rendement en fromage gruyère de comté en fonction de la richesse du lait de chaudière. *Annales de zootechnie,National de la Recherche Agronomie,* Vol : 12 (1).53-66.

Moreno I., Castro A., Delanuez M., Sánchez M.D., Assunção P., Capote J., Argüello A.(2009). Farm and factory production of goat cheese whey results in distinct chemical composition. *American Dairy Science Association,* Vol :92.4792–4796.

.

N

Nassar A. H. et Newbury H. J. (1987). Ficin Production by Callus Cultures of *Ficuscarica. J. PlantPhysiol,* Vol: 131, 171-179.

NoutfiaY., Zantar S., Ibnelbachyr M. (2008). Caractéristiques physicochimiques du lait et du fromage des chèvres Draa et Alpine.*L'élevage caprin.*

O

Oliveira A.P., LUI´S R., FedericoF., Paulaguedes P., Patricia O., Branca M.S,. Pereira A., Paula B.(2010). Chemical Assessment and in Vitro Antioxidant Capacity of FicuscaricaLatex.*J. Agric. Food Chem,*Vol:58, 3393–3398.

P

Park Y.W. (2000). Comparison of mineral and cholesterol composition of different commercial goat milk products manufactured in **USA**. *Small Ruminant Research* .Vol :37, 115-124.

Park Y.W., JuàrezM., Ramos M., Haenlein G.F.W. (2007). Physico-chemical charactéristics of goat and sheep milk. *Small Ruminant Research,* Vol : 68, 88-113.

Perrin G. (1996). Qualité hygiénique du lait de chèvre. *In Institut National de la Recherche Agronomie* (Ed). Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre (France). Les colloques n°81.

Perrin G.G., Baudry C. (1993). Numérations cellulaires du lait de chèvre. Qualité hygiénique du lait de chèvre. Vol : 73,489-497.

Pradal M. (2012). La transformation fromagère caprine fermière. Bien fabriquer pour mieux valoriser ses fromages de chèvre. *Techniques et documentation Lavoisier*. 277p.

R

Raghunath T., Mahajan.,Gunjan M., Chaudhari.(2014). Plant latex as vegetable source for milk clotting enzymes and their use in cheese Preparation.*International Journal of Advanced Research*, Vol: 2, 1173-1181.

Ramet J. P. (**1989**). L'aptitude fromagère du lait de dromadaire. *Revue Élev. Méd. véf*. Pays trop. Vol : 42 (1), 105-111.

Razafindrakoto O., Ravelomanana N., Rasolofo A., Rakotoarimanana R.D., Gourgue P., Coquin P., Briend A., Desjeux J.F. (1993). Le lait de chèvre peut-il remplacer le lait de vache chez l'enfant malnutri ?*Lait de chèvre et santé,* Vol : 73, 601-611.

Razanajatovo L., Alais C. (1977). Isolement et caractérisation de la caséine kappa de chèvre. *Lait*, Vol : 568, 492-568.

Remeuf F., Lenoir J., Duby C. (1989). Etude des relations entre les caractéristiques

Physico-chimiques des laits de chèvre et leur aptitude à la coagulation par la présure. *Lait*, Vol :69, 499-518.

Ribeiro A.C., Ribeiro S.D.A. (2010). Specialty products made from goat milk. *Small Ruminant Research.*Vol : 89 ,225–233.

Ricard D. (1998). Produits de terroirs et normes de fabrication. Les fromages d'AOC face aux nouvelles exigences sanitaires, *Revue de géographie Alpine.*103-114.

Roblin M. (1962). Dix mille ans de production laitière. Le lait et ses dérivés dans les langues européennes. *Lait.* N° 417.

Rodrigues A.D., Rodrigues M., MOREIRA K., Cavalcanti M, LIMA-FILHO J. , Figueiredo A. (2009) .*Jacaratiacorumbensis*O. Kuntze a New Vegetable Source for Milk Clotting Enzymes.*Brazilian Archives of Biology and Technology*, Vol : 52, 1-9.

S

Saurais Y. (1973). Fromage de chèvre. *Lait,* Vol :526, 309-316.

Saurais Y. (1973). Fromages de chèvre, *Lait.*Vol :79 525-526.

Shah M., Mir S., Paray M.(2013). Plant proteases as milk-clotting enzymes in cheesemaking.*Dairy Science & Technology*, 94.5-16.

Shamkant B., Badgujar.,Vainav V., Atmaram H . Bandivdekar.,RaghmathT.Mahajan.(2014). *Traditional uses, phytochemistry and pharmacology of ficuscarica ; A review Pharmaceutical Biologie,* Vol:11, 1487-1503.

Solomon A., Golubowicz S., Yablowicz Z. (2006). Antioxidant.activities and anthocyanin content of fresh fruits of common fig (FicuscaicaL.), Journal of Agricultural and Food Chemistry, Vol: 54:7717-7723.

St-Gelais D., Tirard-collet P. (2002). Fromage, in : **Vignola**, C.L. (Ed), Science et Technologie du lait, transformation du lait, Presses international polytechnique, *Fondation de technologie laitier du Québec,* 349-415.

T

Touhami. (1996). Qualité hygiénique du lait de chèvre. In Institut National de la Recherche Agronomie (Ed). Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre (France). *Les colloques* n°81.

V

Valizadeh M., Valdeyron G., Kjellberg F., Ibrahim M. (1987). Flux génique chez le figuier .Ficus carica : dispersion par le pollen dans un peuplement dense, *Acta oecologica* ,Vol : 8(22) ,143-154.

Vassal L., Gripon J. C. (1984).L'amertume des fromages à pâte molle de type Camembert rôle de la présure et de *Penicillium caseicolum,* moyens de la contrôler. *Le Lait,* Vol: 64, 397-417.

Vignola C.L., Michel J.C., Paquin P., Moineau M., Pouliot M., Simpson R. (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. Techniques et documentation, *Lavoisier.* 600 p.

Vilain A.C. (2010). Qu'est-ce que le lait ? *Revue française d'allergologie,* Vol : 50,124-127.

Y

Yangilar F. (2013). As a Potentially Functional Food: Goats' Milk and Products. *Journal of Food and Nutrition Research,*Vol : 1, (4), 68-81.

Z

Zare H., Moosavi-movahedi A. A., Salami m., Morteza M., Saboury A. A., Sheibani N.(2013). Purification and autolysis of the ficin isoforms from fig(Ficuscarica cv. Sabz) latex.*Phytochemistry* ,Vol:87, 16-22.

Zarour K., Benmechernene Z., Hadadji M., Boudjemaa B.M., Henni J., Kihal M. (*2012).*Caractérisation microbiologique et technologique des espèces de *Leuconostocmesenteroïdes*isolées du lait cru de chèvre et de chamelle d'Algérie.*Nature & Technologie.*N° 08, 39 à 47.

Président : Melle Bourad
Encadreur : Mr Rahmoune
Examinateur : Mr Boudjerda

Présenté par : AriesNadira
Soufane Yasmine

Optimisation de la production d'un fromage de chèvre avec le latex de la figue

Résumé

Cette étude vise à valoriser un produit local en abondance, le latex d'un Caprifiguier, et à optimiser la fabrication de fromages de chèvre a pate cuite, en se basant sur les plans d'expériences JMP et l'analyse en composantes principales (ACP). 15 fromages ont été fabriqués avec le lait cru de chèvre, en variant le volume de l'extrait enzymatique de latex de Caprifiguier Dukar, la température de cuisson et le poids de pressage.Les résultats obtenusà l'issu de ce travail ont montré que le fromage **I** fabriqué avec 300 µl d'extrait enzymatique, cuit à 50°C et pressé à 15 kg possède le rendement le plus élevée avec 10,83%.Et le fromage G fabriqué avec 225 µl d'extrait enzymatique, cuit à 40°C et pressé à 10 kg comme le plus apprécié d'un point de vu sensoriel.

Mots clés : laits cru de chèvre, Caprifiguier Dukar, fromage de chèvre, latex.

Summary

This study aims to valorize a local product in abundance, the latex of a Caprifiguier, is optimized the production of cooked goat cheeses, based on the JMP test plans and the principal components analysis (PCA).). 15 cheeses were made with raw goat milk, varying the volume of the CaprifiguierDukar enzymatic latex extract, the cooking temperature and the pressing weight.The results obtained from this work showed that the cheese **I** made with 300 µl of enzymatic extract, baked at 50 ° C and pressed at 15 kg has the highest yield with 10.83 °. And cheese G made with 225 µl of enzymatic extract, cooked at 40 ° C and pressed at 10 kg as the mostappreciatedfrom a sensory point of view.

Key words: rawgoatmilk ,CaprifiguierDukar,goatcheese, latex.

ملخص

تهدف هذه الدراسة إلى تحسين منتج محلي بوفرة ، وهو مادة حليب التين في Caprifiguier ، وهي تعمل على تحسين إنتاج جبن الماعز المطبوخ ، بناءً على خطط اختبار JMP والتحليل الأساسي للمكونات (PCA) تم صنع 15 جبنة من حليب الماعز الخام حيث تم تغيير حجم مستخلص التين Caprifiguier Dukar ، درجة حرارة الطبخ ووزن الضغط. أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها من هذا العمل أن الجبن I الذي تم تصنيعه انطلاقا من 300 ميكرولتر من المستخلص الأنزيمي و المخبوز في 50 درجة مئوية وضغط عند 15 كغ لديها أعلى عائد مع 10.83 درجة .وقدم الجبن G مع 225 ميكرولتر من مستخلص الأنزيم و المطبوخ على 40 درجة مئوية وضغط ب 10 كلغ كان الأكثر تقدير من حيث وجهة نظر الاغلبية .

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز الخام ، شجرة التين ، جبن الماعز ، مستخلص حليب التين.