



Réf :/UAMOB/FSNVST/DSA/2022

MEMOIRE DE FIN DE MASTER

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DANS

Domaine : SNV

Filière : Sciences Alimentaires.

Spécialité : Technologie Agro –Alimentaire et Contrôle de Qualité.

Présenté par :

MAZOUZ Ouissam & GUEFFAZ Wissam

Thème

Elaboration d'un fromage « edam » à base d'une protéase végétale : la ficine de *Ficus carica* L., au niveau de la laiterie GIPLait de Boudouaou.

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>KISSIRA Nacira</i>	<i>MAA</i>	<i>Univ. Bouira</i>	<i>Présidente</i>
<i>MAZRI Chafiaa</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. Bouira</i>	<i>Promotrice</i>
<i>MOUDACH Messaad</i>	<i>MCA</i>	<i>Univ. Bouira</i>	<i>Examinatrice</i>

Année Universitaire : 2021/2022

Remerciements :

*Avant tout nous adressons nos remerciements à **ALLAH**, notre Dieu qui nous a aidé et celui qui nous a donné la force, la patience et le courage pour pouvoir réaliser ce travail en disant « Dieu Merci ».*

*Nos sincères remerciements sont adressés premièrement à notre encadreur Mme **MAZRI Chafiaa**, d'avoir accepté de nous encadrer, pour son aide, ses conseils et ses orientations, Pour sa patience avec nous, tout au long de l'élaboration de ce modeste travail.*

Nos vifs remerciements sont adressés à tous les membres de jury:

*Mme **MOUDACHE Messaad**, Mme **KECIRA Nacera** qui nous ont fait l'honneur de participer à notre jury.*

Nous remercions la laiterie et fromagerie de Boudouaou ainsi que l'ensemble de son personnel pour nous avoir accueilli et permis d'effectuer les différents tests et analyses et pour voir mis à nous disposition le matériel et les moyens nécessaires à la réalisation d'une partie de ce travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements à tous ceux qui nous aidés de près ou de loin.

Merci à Tous

Dédicace

Avant tout, je remercie dieu le tout puissant de m'avoir donné le privilège et la chance d'étudier et de suivre le chemin de science et de la connaissance, aussi le courage et la volonté pour mener à bien ce travail.

Je dédie ce modeste travail à mes parents :

*Ma mère **Fadhila**, 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, elle est toujours mon exemple et source de sacrifice et d'espoir et je ne pourrais jamais assez la remercier et Je leur dois tout.*

*Mon père **Miloud**, 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.*

*A mon frère **Fouad**.*

*A mes chères sœurs, **Samira**, **Fatima**, et **Nadia**.*

*A mes nièces **Amina** et **Rania**.*

*A mes amis **Fatima**, **Maroua**, **Lilia**, **Yasmine**, **Nesrine**, et **Imane**.*

*A ma belle, mon promotrice **Chafiaa**, elle a tout l'amour, le respect, la gentillesse, la tendresse.*

A ma grande mère.

*Une grande dédicace à la plus proche Personne dans ma vie **Oussama** qui m'a soutenu tout au long de mon parcours universitaire.*

Je leur souhaite beaucoup de bonheur, et j'espère à leur une bonne chance et bonne santé.

Ouissam

Dédicace

Je remercie dieu de m'avoir accordé la grâce de terminer ce travail

Merci aussi a mes parents

Mon père NOURDINNE qui a été toujours mon soutien dans tout mon
cheminement

Ma mère FADHILA qui m'entoure de ses prières partout ou j'irai, ma mère a
veille et travail dur pour devenir ce que je suis aujourd'hui

Je ne leur donne pas leur droit quoi que je fasse

Je remercier mon frère KHALED pour son travail acharné avec moi et pour
être resté a ma coté toujours, car il est ma coté ferme

Je remercier mes sœurs MALAK et RAHAF

Merci a ma chérie HADJER

Et a toutes mes connaissances de prés ou de loin

Merci a tous

WISSAM

Liste des tableaux :

Tableau I : Comparaison entre la composition de lait de vache et le lait de chèvre.....	04
Tableau II : Les normes physico-chimiques de lait de chèvre et de lait de vache.....	05
Tableau III : Les caractéristiques de l'analyse microbiologique.....	06
Tableau IV : Classification des fromages en fonction des opérations de fabrication et de leurs caractéristiques.....	09
Tableau V : Compositions moyenne des principaux fromages pour 100 gr de produit frais..	10
Tableau VI : Différence entre un caillé lactique et un caillé présure.....	12
Tableau VII: Agents microbiens utiles à la fabrication fromagère.	17
Tableau VIII : Les bactéries nuisibles à la fabrication fromagère.....	36
Tableau IX : Valeur nutritive de la figue crue (valeur nutritive pour 100 Grammes).....	37
Tableau X: Analyses physico-chimiques de lait de vache et de lait de chèvre.....	38
Tableau XI : Analyses microbiologiques de lait de vache et de lait de chèvre.....	42
Tableau XII : Analyses microbiologiques des trois fromages.....	43

Listes des figures :

Figure 01 : Procédé de transformation du lait en fromage type Edam.....	06
Figure 02 : Diagramme des catégories du fromage selon la coagulation de lait et la pâte de fromage.....	.08
Figure 03: Diagramme de fabrication du fromage Edam.....	15
Figure 04 : diagramme des valeurs pH des trois fromages fabriqué.....	38
Figure 05: diagramme des valeurs de matière grasse des trois fromages.....	39
Figure 06 : diagramme des valeurs d'EST des trois fromages fabriqué.....	40
Figure 07 : diagramme des valeurs de rapport Gras / Sec dans les trois fromages.....	41
Figure 08 : Profil sensoriel des trois fromages fabriqué.....	43

Listes d'abréviation :

GIP : Groupe Industriel Pour La production.

GIPLait : Groupe Industriel pour la Production de Lait.

LFB : Laiterie-Fromagerie de Boudouaou.

PCA : Plante Count Agar.

pH: Le potentiel d'hydrogène.

VRBG : Violet Red Bile Glucose.

UFC : Unité Formant Colonie.

FEVP : Fromage Edam de Vache par Présure.

FECP : Fromage Edam de Chèvre par Présure.

FECF : Fromage Edam de Chèvre par Ficine.

JORA : Journal Officiel de la République Algérienne.

AFNOR : Association Française de la Normalisation.

Da/L : Dinar / Litre.

% : Pour cent.

°C : Degré Celsius.

°D : Degré Dornic.

h, min, s : heure, minute, seconde.

N : Normalité.

T : Température

d : la densité.

β : béta.

α : alpha.

κ : kappa.

Sommaire

Introduction

I-1- Généralité sur le lait

1-1- Définition de lait.....	03
1-2- Définition de lait de chèvre.	03
2- l'importance de lait de chèvre sur la santé humaine.....	03
3- Comparaison entre lait de vache et le lait de chèvre.....	04
4- Les caractéristiques de lait de chèvre	05
4-1-caractéristiques physique-chimique	05
4-2-Caractéristique organoleptique	05
4-3-caractéristique microbiologique	06

II-2-Généralité sur le fromage

06

1- Les agents de transformation du lait.....	06
1-Définition du fromage de chèvre	07
2- Classification du fromage de chèvre	08
3-Classification Selon la nature de coagulation	08
4-Classification basée sur le type des pâtes fromagères	09
5- composition et Valeur nutritionnel du fromage de chèvre	10
6- Les étapes de fabrication fromagères	11
6-1-a -préparation du lait	11
6-2- La Coagulation	11
6-3-L'égouttage	12
6-4- Salage	12
6-5-L'affinage	12
7- Les micros –organismes utiles.....	12
8-Les microorganismes nuisibles	13
9-Diagramme de fabrication du fromage Edam.....	13

III-3-Matériel et Méthode

3-1-Matériel biologique.....	21
3-2-Matériels.....	22

3-3-Réactifs	22
3--Méthodes d'analyse physique-chimique de lait de vache et de lait de chèvre	23
3-1-Détermination de pH.....	23
3-2-Détermination de l'acidité.....	23
3-3-Détermination de la densité.....	24
3-4-Détermination de la matière grasse.....	24
3-5-Détermination de l'antibiotique.....	25
4-Méthodes d'analyse microbiologique de lait de vache et de lait de chèvre	25
4-1-Les germes totaux.....	25
4-2-Les entérobactéries.....	26
4-3-Les coliformes fécaux.....	26
5- Procédés de fabrication de fromage Edam	26
6- Prélèvement et échantillonnage	28
7- Méthode d'analyse physico-chimique de fromage de vache et chèvre type Edam.....	30
8- Méthode d'analyse microbiologique de fromage du lait vache et fromage du lait de chèvre	31
9-Les analyses organoleptiques.....	34
VI -4- Résultat et discussion	
1-Analyses physico-chimiques de lait de vache et de lait de chèvre	36
2- Les analyses microbiologiques de lait de vache et de lait de chèvre	37
3- Analyses physico-chimiques de fromage de vache et fromage de chèvre	38
4-Analyses microbiologique de fromage de vache et fromage de chèvre	43
5- Analyses sensorielles	44
VI- Conclusion	47

Introduction

Introduction :

L'agriculture de montagne en Algérie est très diverse par la richesse de ses produits. Le patrimoine figuiéicole qui en fait partie est une ressource à préserver et à valoriser, pour cela l'exploitation de ces substances phytochimiques au service de l'agro-alimentaire est une option afin de joindre l'outil à l'agréable. En Algérie, La culture du figuier représente 7 % de la superficie arboricole du pays, elle se concentre dans les wilayas de Tizi-Ouzou, Bejaïa (Ben maouche) et Sétif.

Il y'a plusieurs travaux de recherche portés sur l'exploitation des métabolites secondaires du figuier dans le domaine agroalimentaire, parmi on retrouve l'utilisation de la ficine comme coagulant végétal pour la fabrication des fromages de différents types comme le fromage frais à base de lait de chèvre mené par Mazri *et al.*, 2018 ; le fromage à pâte molle à base de lait de vache fait par Bouachrine et Ouchene (2017), et Siar (2014) qui utilise la ficine du figuier comme agent coagulant du lait, la fabrication de fromage à pâte pressée à partir du lait de chèvre et de ficine par Aries et Soufane(2018), et la comparaison de l'aptitude fromagère du lait de chèvre en utilise un extrait animal et extrait végétal par Reffas et Sekkai (2019). L'extraction de poly phénols de figuier et leur utilisation dans l'enrichissement de la margarine cevital comme la matrice alimentaire à fait objet d'un travail de mater de Laamri (2017). Ces dernières années il y'a des travaux sur l'immobilisation de la ficine par Siar (2017).

Ce travail porte sur l'utilisation de la ficine comme protéase végétale du *Ficus carica* pour élaborer un nouveau produits laitiers type fromage Edam à base de lait de vache et le lait de chèvre comme aliment fonctionnel à biens faits sur la santé de consommateur vu les vertus thérapeutiques de l'extrait enzymatique comme agent antioxydant et utilisé comme auxiliaire technologique.

Pour réaliser ce travail on a procédé à l'extraction d'enzyme de figuier *Ficus carica* L après la récupération de la matière première « latex », cet enzyme a été utilisé dans la fabrication du fromage de type « Edam » à partir du lait de vache et du lait de chèvre coagulés avec la ficine végétal, suivi des études comparatives avec celui obtenu avec la présure animal et l'étude des caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques, en suivant le plan approuvé par LFB afin d'étudier la qualité du produit et de maintenir la sécurité des consommateur

Partie théorique

I/ Généralité sur le lait :

Le lait est considéré comme un aliment de base de nombreux régimes alimentaires produit par les cellules sécrétrices des mammifères femelles bien nourries, bien portant, et non surmenées. Le lait sécrété après la mise-bas dans les premiers jours s'appelle le colostrum. Il contient une saveur peu sucrée légèrement acidulée d'un pH presque neutre de l'ordre de 6,4 à 6,8 et riche en nutriments essentiels : des glucides, des lipides, des protéines, des sels et minéraux, des enzymes, des vitamines, et des oligo-éléments. Il existe Plusieurs types de lait selon l'espèce animal : lait de brebis, lait de cheval, lait de chamelle, lait de chèvre...etc.

Le lait de chèvre est un aliment complet important et excellent à l'échelle mondiale avec un goût légèrement sucré, une odeur neutre et des composants bien homogènes, l'utilisation de ce lait et de plus en plus demandé par les amateurs de fromage dans plusieurs pays. Il est très recommandé pour le nouveau né humains dont l'allaitement maternel fait défaut. Le lait de chèvre est plus blanc que le lait de vache et caractérisé par une saveur particulière vu sa richesse en matière grasse (**Razafindrakoto *et al.*, 1993**).

1/-L'importance de lait de chèvre sur la santé humaine :

Le lait de chèvre joue un rôle très important dans l'alimentation humaine comparativement aux autres aliments, le lait de chèvre est une excellente source de calcium essentiel pour la croissance, le maintien et le fonctionnement des structures de l'organisme (muscle, os ...) et donc de la santé générale, source de minéraux intervenant dans divers métabolismes humains notamment comme cofacteurs et régulateurs d'enzymes, le lait de chèvre assure aussi un apport non négligeable en vitamines connues comme vitamines D, ce dernier recommander par les ménopauses, une source de fer important pour aider à la prévention d'anémie, une source protéique adaptée aux besoins de croissance durant la période néonatal pour les nouveaux nés. Donc le lait de chèvre permet la protection de système immunitaire et préserve l'organisme (**Jean *et al.*, 2003**).

2- Comparaison entre le lait de vache et le lait de chèvre :

Dans le tableau 01, on observe que le lait de chèvre et le lait de vache se ressemblent beaucoup dans leur composition nutritionnelle. Le lait de chèvre est riche en calcium, phosphore, lipide, potassium, protéine, caséines (α S-2, β , K), protéines de lactosérum (β _lactoglobuline, sérumalbumine), et de vitamine (A, D) avec une

Patrie théorique

concentration en eau, magnésium et caséine légèrement inférieure à celle du lait de vache. Ce dernier est plus riche en lactose, en glucide, en caséine (α S-1), en protéines de lactosérum (α _lactalbumine, immunoglobuline) et en vitamines B12, E, et riboflavine.

Tableau I : Comparaison entre la composition de lait de vache et le lait de chèvre.

Composition	Lait de vache	Lait de chèvre
Eau (%)	87.5	87
Les protéines (%)	3.3	3.6
Les caséines (80%)		
α S-1	38	10
α S-2	11	20
β	38	48
K	13	22
Les protéines de lactosérum (20%)		
β B_lactoglobuline	20,10	35
α _lactalbumine	53.59	25
Immunoglobulin	11.73	6
Sérumalbumine	6.20	7
Les glucides (%)	4.6	4.4
Les lipides (%)	3.7	3.8
Calcium (mg /100g)	119	134
Magnésium (mg /100g)	13	14
Phosphore (mg/100g)	93	111
Potassium (mg/100g)	152	204
Lactose (%)	4.7	4.4
Vitamines A(mg/100ml)	0.04	0.05
Vitamines D(μ g/100ml)	0.09	0.25
Vitamine E(mg/100ml)	0.12	0.10
Vitamine B12(μ g/100g)	0.36	0.06
Riboflavin (μ g/100g)	0.16	0.14

(Martin, 1996, Amiot *et al.*, 2002, Alais et al., 2008)

3- Caractéristiques de lait de chèvre et de lait de vache :

Pour la caractérisation du lait de chèvre et de lait de vache, on se base sur plusieurs paramètres, notamment les caractéristiques physico-chimiques, organoleptiques, et microbiologiques.

Dans le tableau 2, on cite les normes des caractéristiques physico-chimiques comme : pH, densité, acidité, matière grasse, et l'antibiotique dont les valeurs sont fixées selon (Amariglio, 1986).

Tableau II : Les normes physico-chimiques de lait de chèvre et de lait de vache.

Les caractéristiques	Lait de chèvre	Lait de vache
Ph	6,50-6,80	6,40-6,80
L'acidité	14-23 D ⁰	15-18D ⁰
La densité	1027-1035	1028-1033
La matière grasse	40-45(%)	28-40(%)
L'antibiotique	Absence(-)	Absence(-)

(Amariglio, 1986)

Quant aux caractéristiques organoleptiques du lait de chèvre, ils servent pour qualifier la qualité des produits laitiers qui sont affectés par plusieurs facteurs comme : la saison, la durée et le stade de lactation, l'état physiologie, l'âge, la santé, la génétique, système de production et les pratiques nutritionnelles et alimentaire. Parmi les paramètres utilisés dans l'analyse organoleptique et sensorielle pour l'évaluation du lait et du produit élaboré on retrouve : la couleur, l'odeur, la saveur, la texture, la dureté, l'arrière-gout.

Quant aux caractéristiques microbiologiques du lait de chèvre, une grande majorité des articles médicaux sur le lait de chèvre est consacré à des infections provoquées par l'utilisation du lait contaminé, cette contamination par des microorganismes plus ou moins pathogène. On répartit les microorganismes du lait de chèvre dans le tableau 03 ci-dissout : les germes totaux, les entérobactéries, les coliformes fécaux, et sont milieux de cultures et les temps et les températures d'incubation.

Tableau III: Les caractéristiques de l'analyse microbiologique.

Micro-organisms	Milieu de culture	Temps et temperature d'incubation
Les germes totaux	Gélose PCA	30 ⁰ C Pendant 72h
Les entérobactéries	Désoxycholate	37 ⁰ C Pendant 24 à 48h
Les coliformes fécaux	Gélose VRBG	44 ⁰ C Pendant 24 à 48h

(JORA N⁰39, 2017)

Le lait est un milieu d'origine biologique fortement évolutif par voie microbienne et enzymatique et la transformation du fromage est un moyen de conserver cet aliment et de retarder sa consommation.

4- Agents de transformation du lait:

La transformation du lait en fromage, comprend trois étapes principales : le caillage, le séchage et la maturation (**Mana et Drif, 2017**).

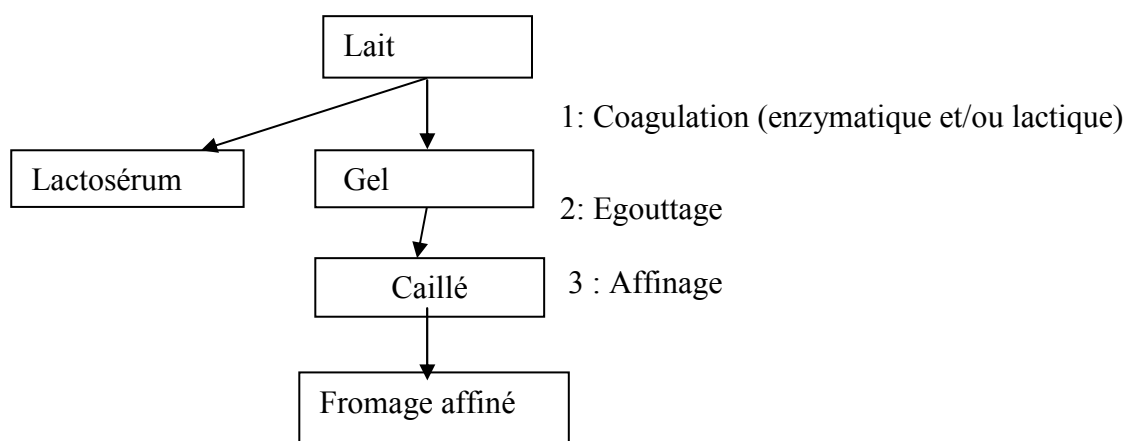


Figure 01 : Procédé de transformation du lait en fromage type Edam

Le mot "fromage" (du latin formaticus, signifiant fait sous une forme).L'origine exacte de la transformation du lait en fromage est incertaine. Nous convenons que le fromage est originaire d'Asie du Sud-Ouest et remonte à environ 8000 ans. Les Romains auraient stimulé le développement de nouvelles espèces lors de leur conquête de l'Europe entre 60 avant JC et 300 après JC (**Ouali et Cherief, 2016**)

La définition de fromage est réservée aux produits, fermentés ou non, obtenus à partir de matières d'origine exclusivement laitière (lait, lait partiellement ou totalement écrémé, babeurre). Il est utilisé tel quel ou en mélange et totalement ou partiellement coagulé avant égouttage ou après élimination partielle de la phase aqueuse (**Aries et Soufane, 2018**).

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 (**Aries et Soufane, 2018**).

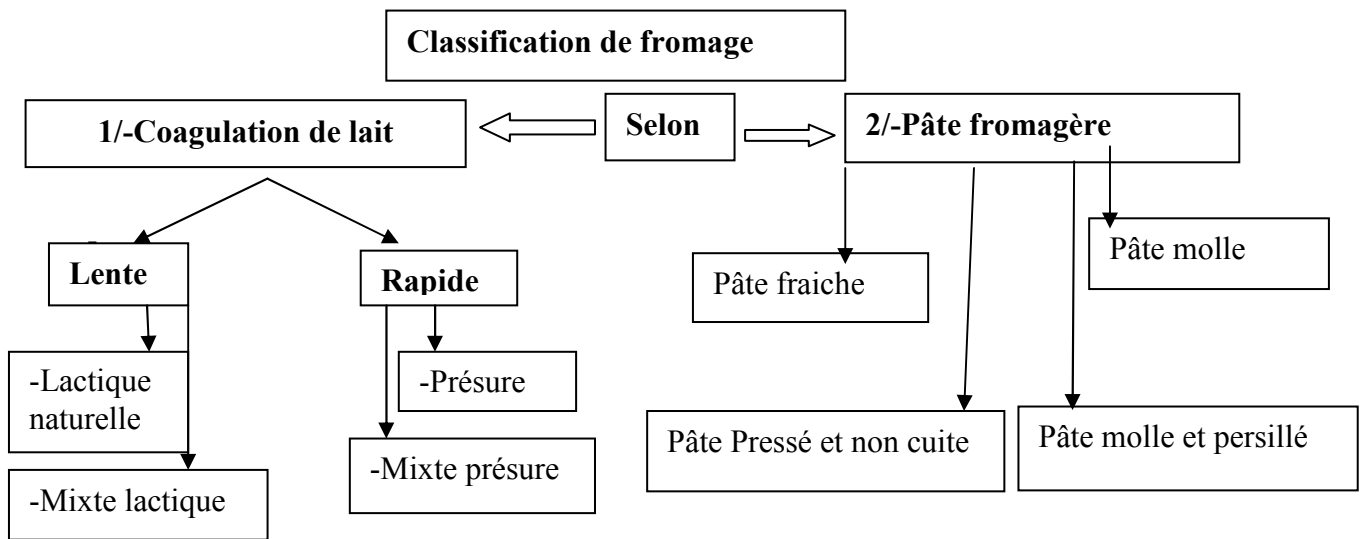
A l'échelle mondiale, il existe environ 1000 variétés des fromages différentes (**Aries et Soufane, 2018**). Ces variétés de fromages peuvent être classées selon :

- Le lait utilisé (vache, moutons, chèvre, buffle).
- La fabrication (présure, fromage aigre, ultrafiltration)
- La cohérence (extra dure, dure, semi-dure, semi-doux, fromage frais).
- La teneur en matière grasse (double crème, crème, pleine grasse, trois étages grasse, demi-grasse, quart de grasse).
- Le type de fermentations (acide lactique, acide lactique et propénoïque, acide butyrique)
- La surface de fromage (dure, doux, avec frottis, moules) et intérieur (yeux, moules) (**Bouchakrit et Boukechkoula, 2017**).

La dénomination "fromage de chèvre" est destinée aux fromages de forme et de poids variables préparés exclusivement à partir de lait 100% chèvre (pur chèvre) ou mélangé avec du lait de vache (demi-chèvre s'il contient au moins 25% de lait de chèvre) (**Bouchakrit et Boukechkoula, 2017**).

Parmi les types de classification des fromages de chèvre (**figure 02**) on cite ; deux grandes catégories selon la nature de coagulation : une coagulation mixte de type lactique (coagulation lente) et une autre catégorie, la coagulation de type présure (coagulation rapide) (**Bouchakrit et Boukechkoula, 2017**). En fonction de ces diverses opérations, on distingue plusieurs types de fromages de chèvre :

- Fromage à pâte fraîche.
- Fromage à pâte molle.
- Fromage à pâte pressé (cuit et non cuit)



(Belkhamssa et Soultani, 2020)

Figure 02 : Diagramme des catégories du fromage selon la coagulation de lait et la pâte de fromage.

Selon **Aries et Soufane, (2018)** en se basant sur la technologie utilisée, différents types de fromages sont distingués et résumés dans le tableau 04 suivant :

Patrie théorique

Tableau IV : Classification des fromages en fonction des opérations de fabrication et de leurs caractéristiques.

Pâte	Caractéristiques	Technologies de fromage	Exemple
Fromage frais à pâte fraîche	Humidité : très élevé (> 60%) Texture : friable Crémeuse sans cohésion. Absence d'affinage. Conservation au frais, de courte durée.	Fromage à égouttage obtenu par centrifugation ou filtration, à fermentation essentiellement lactique.	Petit suisse
Fromage à pâte molle	A croûte lavée	Fromage obtenu par action de la présure, avec affinage après la fermentation lactique avec une pâte ni cuite, ni pressée. Egouttage lent par découpage et éventuellement un brassage.	Munster livarot, pont l'évêque.
	A croûte moisie		Camembert, brie, carré de l'est Roque fort et autre « bleu »
Fromage à pâte pressée	Pâte ferme non cuite	Fromage obtenu de la présure, avec affinage après la fermentation lactique et obtenu par égouttage avec découpage du caillé, brassage et pression	Cantal
	A croûte lavée		Saint – Paulin reblochon
	A croûte moisie		Saint -nectaire
	Croûte artificielle		Tomme Savoie
	Avec ouverture		Edam
	Sans ouverture		Emmental comté
	Très dure		Beau fort
			Cheddar

(Guiraud, 1998)

5- Composition des fromages:

Le fromage est un produit laitier contient des traces des glucides, sont résultat principales de lactose. Généralement elles sont éliminées avec l'eau par la fabrication. et des lipides qui se trouvent sous forme émulsionné ce qui rend plus digestibles dans tous les fromages sauf les fromages maigre (pâte molle 23% , pate dur 30%). aussi les protéines qui sont des éléments essentiels de tous les fromages. selon leur mode de fabrication les fromages contiennent de 10 à 30% de protéine. Les protéines proviennent de caséine modifiée et sa composition en acide aminé est très intéressante sur le plan nutritionnel. Les fromages constituant une source excellente de calcium et de phosphore, leur taux varie selon la teneur en eau et du mode de fabrication. La pâte pressée contient une bonne teneur en calcium. Le sodium est ajouté au fromage sous forme de chlorure de sodium, qui intervient au cours de salage. La teneur de fromage en vitamines A, D et E est selon la teneur en matière grasse. Et sa teneur en vitamines hydrosolubles varie considérablement selon leur type. Ce dernier est la conséquence de deux facteurs opposés : la perte survient le moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient au cours de l'affinage (vit. C et B) (Ouali et Cherief, 2016). Le fromage possède des qualités nutritionnelles importantes en tant que concentré de protéines en plus de son importante teneur en calcium.

Quelle que soit la catégorie, la quantité de glucides reste largement la même.

Tableau V: Compositions moyenne des principaux fromages pour 100 gr de produit frais.

Type de composition (gr) \ fromage	Fromage frais	Fromage à pâte molle croute fleurie	Fromage à pâte molle croute lavée	Fromage à pâte pressée non cuite
Eau	76	50	50	40
Energie (Kcal)	118	310	310	355
Glucides	4	4	4	3
Lipides	7.5	24	24	24
Protéines	8.5	20	20	28
Calcium	100	400	450	700
Phosphore	140	250	320	360
Vitamines A (u .I)	170	1010	IND	IND

(Mana et Drif, 2017)

6 - Etapes de fabrication fromagères :

La transformation du lait en fromage comprend trois étapes principales pour la plupart des fromages : le caillage, le séchage et l'affinage (**Mana et Drif, 2017**).

1- Coagulation :

La coagulation du lait est l'étape principale de la fabrication du fromage (**Aries et Soufane, 2018**). Elle correspond à la déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine de lait, On distingue trois types de coagulations

1-1- Coagulation acide : C'est le résultat de bactéries lactiques qui décomposent le lactose du lait en acide lactique, pH La coagulation est opérée jusqu'à 4,5 correspondant au point isoélectrique de la caséine après assemblage et précipitation des micelles de caséine (**Aries et Soufane, 2018**).

1-2- Coagulation par voies enzymatique :

Elle se fait par des enzymes protéolytiques, Elle résulte de la transformation des phosphoparacaséines calciques à l'état soluble dans le lait, sous l'influence de la présure, en phosphoparacaséines insolubles. L'hydrolyse spécifique de la kappa-caséine implique la liaison Phe-Met, et il est très important dans la fabrication du fromage de réduire la protéolyse générale non spécifique et d'éviter une protéolyse excessive pendant la maturation, en assurant le bon rapport protéines/peptides.

Ce processus est divisé en trois étapes principales : hydrolyse enzymatique du pool de caséine pour déstabiliser les micelles de caséine ; Développement de réseaux par réticulation et formation de gel (**Aries et Soufane, 2018**).

1-3- Coagulation mixte :

Elle résulte de l'action combinée de la présure et de l'acidification. Cependant, la formation de coagulant se produit généralement sous l'influence de la présure dominante. Ainsi, il acquiert progressivement des propriétés lactiques. Cette méthode est utilisée pour obtenir des fromages frais (Petit Suisse - demi-sel, etc.) et des fromages à pâte molle (Camembert, Brie) (**Scheffel., 1980**). Le coagulum obtenu a des propriétés intermédiaires entre celles des gels lactiques et présure.

Tableau VI : Différence entre un caillé lactique et un caillé présure

Parameters type de caillé	Type de caillé	
	Lactique	Pressure
Egouttage	Faible	Elevé
Teneur en eau	Elevé	Faible
Pouvoir tampon	Faible	Elevé
Teneur résiduelle en lactose	Elevé	Faible
Structure des caséines	Etat dissocié	Etat micellaire
pH	Faible < 4.6	Elevé > 5.00
Type de texture	Plastique , fragile	Elastique , solide
Durée de conservation	Faible (quelques semaines)	Elevé (plusieurs mois)

(Amiot *et al.* , 2002)

2 - Egouttages :

C'est la séparation du lactosérum, après perturbation mécanique du coagulant, elle commence dans des cuves de coagulation puis se poursuit dans des moules et enfin dans les salles de maturation. Ainsi, le séchage dépend de la nature du caillé, qui est plus ou moins lactique ou présure (Aries et Soufane, 2018).

3- Affinage :

C'est la dernière étape de la fabrication du fromage, au cours de laquelle toute sa saveur (goût et arôme) se développe et acquiert ses caractéristiques définitives en termes d'aspect, de texture, de goût et de croissance (Belkhamssa et Soultani, 2020). Ce sont les transformations biochimiques des composants du caillé (voir le tableau ci-dessus) sous l'influence d'enzymes, La plupart sont d'origine bactérienne (Aries et Soufane, 2018).

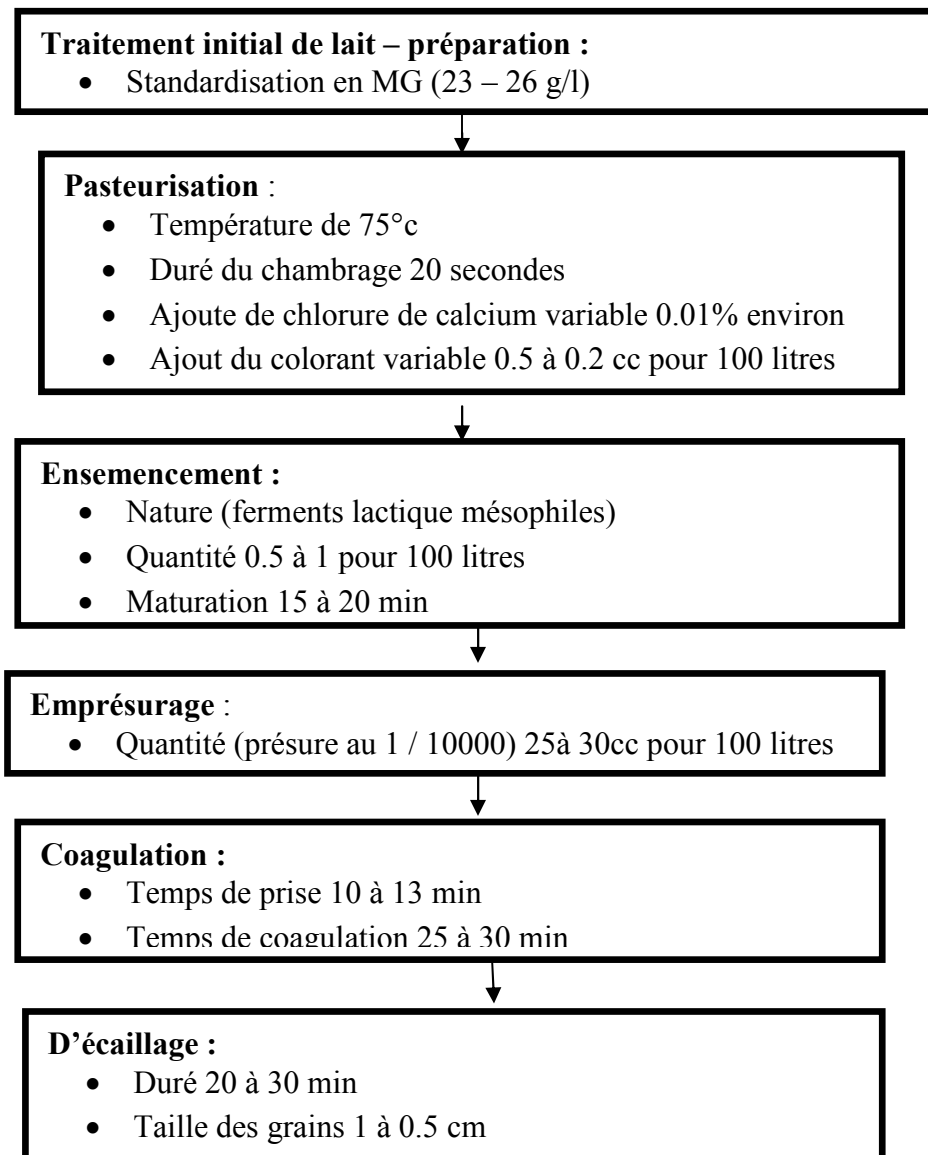
7/- Microorganismes utiles dans la fabrication du fromage:

Le lait contient trois catégories de micro-organismes Selon (Zeller, 2005) : les bactéries : certaines sont utiles et même nécessaires à la fabrication du fromage (bactéries lactiques). D'autres sont nuisibles voire dangereuses; Les moisissures, qui

affectionnent les milieux acides. Elles sont utiles à l'affinage du fromage ; Les levures, qui transforment les sucres en alcool.

8 - Microorganismes nuisibles dans la fabrication du fromage:

Les chèvres en bonne santé ne sécrètent pas de germes pathogènes dans leur lait, donc s'il en contient, c'est parce qu'ils proviennent de l'environnement extérieur, en remontant dans le conduit du mamelon (**Zeller, 2005**). C'est pourquoi une pratique lors de la traite est de se débarrasser des premières ébauches avant de commencer la récolte. La surface excessive des équipements (machines à traire), l'état des équipements, l'humidité et un nettoyage inadéquat sont autant de facteurs qui contribuent à la contamination par des germes nocifs. Ces germes, vont trouver dans le lait un milieu favorable à leur développement avec la présence d'eau, d'azote, de carbone et de sels minéraux. Cette évolution est également favorisée par le caractère acide du lait de chèvre.



Patrie théorique

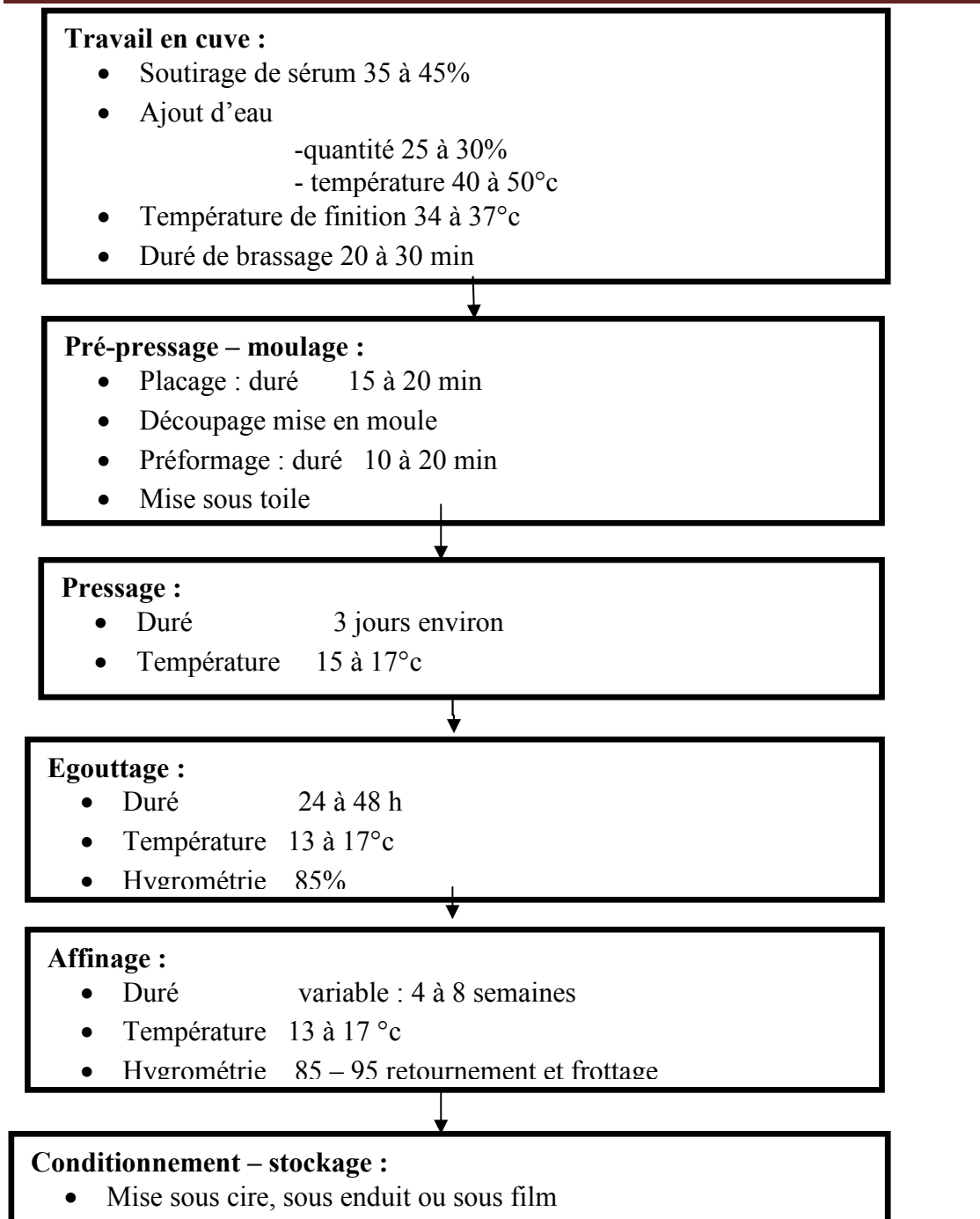


Figure 03: Diagramme de fabrication du fromage Edam (Ouali et Cherief ,2016).

9- Enzymes coagulants utilisées en fabrication fromagère :

9-1- Enzymes de coagulation du lait

Les enzymes de coagulation sont des enzymes protéolytiques présentes dans tous les êtres vivants. Ce sont des endo-peptides appartenant à la famille des protéines aspartiques car ils contiennent dans leurs sites actifs deux résidus aspartyls impliqués de manière critique dans la catalyse (Refis et Sekkai, 2019). Ils sont utilisés depuis

très longtemps dans la fabrication du fromage. Il existe deux types des coagulants selon l'origine d'extraction.

9-1-1- Enzymes coagulantes animale

La Présure : est une enzyme protéolytique, extraite de la quatrième poche de l'estomac (abomasum ou caillette) des petits ruminants qui se nourrissent exclusivement de lait (avant le sevrage). Elle est composée de la chymosine et la pepsine. Elle est obtenue à partir de la macération de caillettes de bovidés (**Refis et Sekkai, 2019**).

a- La chymosine : est la principale protéase responsable d'au moins 85 % de l'activité de coagulation totale. Elle appartient au groupe des protéases acides avec 323 acides aminés. Elle est stable à pH (5,3 à 6,3), inactivé à pH 7 (environ 7,5) et ses propriétés changent à pH 8.

b- La pepsine : est le constituant mineur de la présure dont la sécrétion gastrique ne devient dominante qu'après le sevrage. La pepsine est relativement stable à des valeurs de pH comprises entre 5 et 5,5. Son activité enzymatique est la plus élevée entre pH 1 et 4 avec un maximum d'environ 1,8 et varie selon la nature du substrat. C'est une enzyme sensible à la chaleur en solution après 55°C. Il est dénaturé à des températures de 70 °C (**Refis et Sekkai, 2019**).

9-1-2- Enzymes Coagulantes d'origine végétale

Les protéases d'origine végétale qui ont la capacité de coaguler le lait se trouvent dans les fruits, les feuilles et même dans les graines de nombreuses espèces végétales ; comme l'extrait des feuilles de papaye ; l'extrait des tiges d'ananas ; et l'extrait suc du figuier (Ficine). L'extrait de caillé de *Cynara cardunculus* (une variété de chardon) a été largement utilisé dans la production traditionnelle de fromage de brebis (**Refis et Sekkai, 2019**).

10- Figuier :

Est un arbre à feuilles caduques de taille moyenne, largement cultivé dans tous les pays tropicaux et subtropicaux. Le figuier est appelé Kerma en arabe, le figuier en français et Taneqwlets en Kabylie, c'est un arbre de la famille des Moracées comprenant environ 1 400 espèces classées en 40 genres, La classification du figuier comme décrit par (**Aries et Soufane, 2018**), est la suivante :

Royaume: Plantae,

Division: Magnoliophyta

Classe: Magnoliopsida.

Ordre: Urticales.

Famille: Moraceae

Genre: *Ficus*

Espèce: *carica*

1- Composition et la valeur nutritionnelle de la figue

La figue est un fruit fleur du figuier à haute teneur en énergie, vu les nutriments qu'elle contient et sa grande richesse en glucides rapidement assimilable. La figue est également riche en fibres alimentaires qui favorisent le transit intestinal et aide à lutter contre la constipation. Du point de vue des micronutriments, la figue est un véritable centre des vitamines, des minéraux, et de composés phénoliques qui ont un pouvoir antioxydant très importants pour notre santé et renforcent le système immunitaire en aidant à lutter contre le stress oxydatif responsable du vieillissement prématuré de nos cellules (Mazri et Hamer el Ain, 2018).

Tableau IX: Valeur nutritive de la figue crue (valeur nutritive pour 100 Grammes)

Macro nutriment	Minéraux et oligo-element	Polyphénole et vitamines
Eau : 80.20	Calcium : 57	Lignanes : 0.37
Fibre : 4.10	Cuivre : 0.08	Polyphénole totaux : 0 .37
Glucide : 13.50	Fer : 0.27	Vitamine A : 12.27
Lipide : < 0.5	Magnésium : 22	Vitamine B9 : 24.50
Protéine : 1.19	Phosphore : 21	Vitamine c : < 0.5
/	Potassium :230	Vitamine E : < 0.08
/	Sodium : 5	Vitamine k1 : 5.22

2- Latex

C'est un liquide blanc visqueux. Il est largement distribué dans la plante Par incision de la tige, le latex est collecté. Il est rapidement coagulé, filtré puis séché, formant du Ficine brut. Ainsi, le latex est composé de caoutchouc, de résine, d'albumine, de sucre, d'acide malique, d'enzymes protéolytiques (diastase, estérase et lipase), de catalase et de peroxydase. Traditionnellement, il est utilisé dans le traitement de la goutte, des ulcères et des verrues.

Le latex de figuier contient environ 20 % de mucilage, 70 % d'eau, 9 % de ficine, 1 % d'autres matières sèches et une grande quantité de Polyphénole, de flavonoïdes et d'anthocyanes, qui agissent en tant qu'antioxydant (**Aries et Soufane, 2018**).

3- Ficine

La ficine ou ficain c'est le nom donné au principal composant protéolytique du latex de figue, qui est une enzyme protéolytique à cystéine. Elle est présente dans plusieurs espèces de Ficus, comme Ficus carica. Une figue verte pesant 10-15 g contient environ 100 à 150 mg de protéases. Le pH optimal de la ficine est de 5,0 à 8,0 et la température optimale est de 45 à 55 °C

Ces enzymes peuvent être divisées en deux groupes : l'un a une forte coagulation du lait mais une faible activité protéolytique, et l'autre exprime un effet protéolytique non spécifique plus élevé (**Boulkaraet Brahimi, 2018**).

4- Caractéristique de la ficine :

Ficus carica, le figuier commun, Elle appartient à la famille des protéases à cystéine; est une source de protéases qui sont utilisés pour coaguler le lait. Son latex contient un agent protéolytique connu comme la ficine. Plusieurs études sont menées sur la purification et la caractérisation biochimique de la ficine, isolée à partir du latex de Ficus carica. Cependant, très peu de références sont disponibles sur les aspects structurels de la ficine jusqu'à ce jour (**Boulkaraet Brahimi, 2018**).

- Le pH influence sur le fonctionnement des enzymes, la ficine possède une activité catalytique plus élevée et l'activité relative maximale de la ficine a été trouvée à pH 5.
- La température optimale et le temps de réaction pour l'activité relative maximale de la ficine est 35 °C durant de 2 heures.
- La concentration optimale de Tétra-méthyle-benzidine pour l'activité relative maximale de la ficine est de 0,80 mm (**Boulkaraet Brahimi, 2018**).

Partie

expérimentale :

Matériel et méthodes

Objectif :

L'objectif de notre étude consiste dans un premier temps à préparer un fromage Edam à base de lait de chèvre en utilisant un coagulant végétal ; la ficine du figuier ; et de lait de vache à base de présure préalablement analysés, pour élaborer un nouveau produit afin d'apporter une excellente source de calcium essentiel pour la croissance, le maintien et le fonctionnement des structures de l'organisme. Ensuite cette étude vise à remplacer le coagulant animal importé par une protéase d'origine végétale extraite à partir du figuier *Ficus carica* L. comme source phylogénétique du patrimoine figuiéole à préserver dans le cadre de l'agriculture de montagne connue pour sa rusticité et non exigeante sur le plan d'entretien. Le figuier, en plus de ses fruits de saison nutritifs très énergétiques pour la consommation en frais ou séchés, c'est un réservoir de substances photochimiques prometteur à exploiter dans différents domaines tel que : alimentaire, pharmaceutique et cosmétique. Pour notre étude nous avons exploité sa ficine pour l'élaboration dans fromage edam. Peut également être une source naturelle et renouvelable d'une enzyme de coagulation végétale utilisée dans le domaine alimentaire.

La zone d'étude :

Le présent travail a été réalisé au niveau de laboratoire de l'unité de la laiterie-fromagerie de Boudouaou "LFB". Elle appartient au groupe industriel pour la production de lait (**GIPLait**). Elle est située à l'entrée de la ville de Boudouaou sur la route nationale N°5 Wilaya de Boumerdes. Cette unité a commencé sa production en 1978 sous une ancienne appellation ONALAIT, elle occupe une grande surface près de 80000 m² avec une superficie couverte de 12690 m² et une superficie non couverte de 67310 m².

II/ Matériels et Méthodes

1-Matières premières utilisées

Le matériel biologique utilisé dans ce travail est : le lait de chèvre et de vache, la présure, la ficine de figuier, les ferments lactiques : Thermophilic lactic culture et les mesophilic homoferment culture, les lysozymes de blanc d'œuf (E 1105), les sels, les colorants et le calcium.

A- Le lait de chèvre : a été acheté chez un agriculteur de la région de Boumerdes en quantité de 10 litre à raison de 25 Da/L.

Matériel et méthodes

Les races des chèvres sont, l'Alpine de couleur marron et noir et la Saanen de couleur blanc, d'origine de France et de suisse. Elles sont nourries par le pâturage dans les montagnes, et du fourrage qui composé à base d'orge, d'amidon et de son de maïs, ainsi que de foin et de seigle, la qualité du lait dépend donc de la qualité des aliments servis. Les meilleurs types de lait sont au printemps, de mars et fin de mai. Ces chèvres sont traitées une fois par jour, en tenant compte de laisser le lait pour le bébé de chèvre. La quantité de lait produite par jour pour une chèvre est estimée à 1,8 à 2 litres, de sorte que le traitement de l'animal affecte la quantité de lait produite selon le propos de l'agriculteur. Ce lait est destiné en particulier à la catégorie des patients qui présentent des allergies ou des intolérances au lait de vache et aux transformateurs de produits laitiers pour sa commercialisation.

Les 10 litres de lait de chèvre, sont placés dans une glacière et transportés vers le laboratoire de la LFB afin de préserver leurs qualités hygiéniques pour les analyses physico-chimiques et microbiologiques.

B- La présure : utilisée d'origine animale nous a été cédée par la laitière fromagère de Boudouaou est composé de : le chlorure de sodium, la chymosine, la caséine de peptone à la dose de 20g /1000L.

C- la ficine : extrait par le latex de figue, nous avons utilisé 1,5 ml pour 3L de lait de chèvre

D- Les ferments lactiques utilisés pour la fabrication de fromage à pâte pressée non cuite au niveau de LFB, selon l'étiquetage de boîte la température de stockage < 18°C, la durée de vie c'est 02 ans sont :

- ✓ 50 unités Thermophilic lactic culture (SIN : ST-B01) ; active pendant la production fromagère à température 32°C jusqu'à 51°C
- ✓ 200 unités mesophilic homoferment culture (SIN : R -707) ; sont lactiques et aromatiques au même temps, travaillent pendant l'affinage de produit fini à température 12°C à 14°C en maximum.

E- Les sels : utilisés dans cette fabrication sont : le phosphate mono-calcique en poudre et le chlorure de sodium solide très fin pour le salage en saumure. Ce dernier, est utilisé à raison de 35g/l. le phosphate mono-calcique est incorporé au lait après

Matériel et méthodes

pasteurisation et refroidissement à raison de 0.3g/l. il augmente brusquement du lait et joue un rôle dans la formation du gel.

F-Les colorants : utilisé est le rocou qui un pigment végétal caroténoïde extrait de l'arbre rocou, ce dernier donner au fromage son aspect vieilli. Nous avons utilisé 10ml / 1000L

G-Les lysozymes de blanc d'œuf (E 1105) : contient des traces d'œuf de poule, granulé, activé : ≥ 40.000 FIP U/mg, stocker dans un endroit frais, sec et dans l'obscurité à température ambiante ($< 25^{\circ}\text{C}$), pour les aliments, non destiné à la vente au détail. Nous avons utilisé 20g / 1000L pour inhibe le gonflement de fromage pendant la fabrication.

H-Le calcium : la dose utilisé est 1L/1000L.

2- Matériels et réactives utilisées :

Au laboratoire, nous avons utilisé différents matériels et réactifs tel que : pH-mètre, Centrifugeuse, Butyromètre, Thermo-lactodensimètre, L'éprouvette, Becher, Pipette, Boîtes de pétrie, Bec-benzène, dessiccateur, L'autoclave, Bandelette, Tube jetable, Incubateur, Phénophtaléine, Alcool isomulique, Acide sulfurique (H_2SO_4), Solution tampons, L'eau distillé, Milieu VRBG, Milieu PCA, Milieu Désoxycholate.

3- Méthodes d'analyses physico-chimiques de lait de vache et de lait de chèvre :

Nous avons utilisé les méthodes décrites dans le manuel du la LFB, pour la détermination de pH, l'acidité, la densité, la matière grasse, et l'antibiotique.

a- Détermination de pH :

C'est la mesure de l'acidité ionique d'un lait, par le pH mètre. Etalonner l'appareil avec des solutions tampons, après rincer l'électrode du pH-mètre avec l'eau distillée, finalement plonger l'électrode dans un bécher contenant le lait. La valeur du pH est lue directement sur l'écran du pH-mètre.

b- Détermination de L'acidité :

Elle est exprimée conventionnellement en degré DORNIC "°D": 1°D correspond à 0.1g d'acide lactique par litre de lait. Titrage de l'acidité par la soude N/9 en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

Dans un bicher introduire 10ml de lait prélevé à la pipette, ajouter dans le bicher 3 gouttes de phénolphtaléine et titrer la solution N/9 jusqu'au virage rose clair.

Matériel et méthodes

On considère que le virage est atteint lorsque la coloration rose claire pendant une dizaine de secondes.

L'acidité, exprimée en grammes d'acide lactique par litre de lait.

c- Détermination de la densité :

C'est le rapport entre la masse d'un volume de lait et celle d'un même volume d'eau, elle est définie comme étant la masse volumique du lait, elle est exprimée en Kg/m^3 , on détermine la densité du lait d'un thermo-lactodensimètre.

Remplir l'éprouvette de manière à ce que le lait déborde légèrement pour éliminer la trace de mousse, le lactodensimètre est plongé verticalement dans l'éprouvette, après sa stabilisation, on prend la température de lait dans l'éprouvette et noter la densité.

Le lactodensimètre donne une valeur exacte à température égale à 20°C , si la température est supérieure ou inférieure, il est nécessaire d'effectuer une correction par une correction par une des deux équations suivantes :

- ✓ Si la $T^\circ \text{ lue} < 20^\circ\text{C}$ $D = D \text{ lue} - 0.2 (20 - T0 \text{ lue})$.
- ✓ Si la $T^\circ \text{ lue} > 20^\circ\text{C}$ $D = D \text{ lue} + 0.2 (20 - T0 \text{ lue})$.

Avec:

D lue : densité lue sur le thermo lactodensimètre.

T° : température lue sur le thermo lactodensimètre.

0.2 : est le coefficient de correction.

3-d- Détermination de la matière grasse :

Après dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique, séparation de la matière grasse du lait par centrifugation, dans un butyromètre, la séparation étant favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool isomulique.

Obtention de la teneur en matière grasse par la lecture directe sur l'échelle de butyromètre.

A l'aide d'une pipette ou d'un système automatique en introduire dans un opérant de façon que l'acide ne mouille pas le col du butyromètre ou n'entraîne pas d'air, mesurer 10ml d'acide sulfurique (H_2SO_4) et introduire dans un butyromètre, après prélever immédiatement à l'aide de pipetage le volume fixe de lait (11ml) et le verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci de façon qu'il forme une couche au-dessus de l'acide, à l'aide d'une pipete ou d'un système automatique mesurer 1 ml d'alcool isomulique dans le butyromètre sans mouiller le col du butyromètre ni mélange et bien boucher le butyromètre sans perturber son contenu.

Matériel et méthodes

Agiter et retourner le butyromètre, convenablement protéger contre le risque de casse ou de perte du bouchon, jusqu'à son contenu soit complètement mélange, et jusqu'à ce que les protéines soient entièrement dissoutes, c'est-à-dire jusqu'il n'y plus de particules blanche. Centrifuger durant 5 min dès que la vitesse requise et atteinte, retirer le butyromètre de la centrifugeuse en ajustant le butyromètre, le bouchon dirigé vers le bas dans un bain d'eau à $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ pendant environ 5 min. Enlever le butyromètre, du bain d'eau, on fait la lecture de façon que le butyromètre doit être maintenu verticalement, l'œil doit être au niveau du point de lecture.

La teneur en matière grasse est exprimée en grammes pour 100 ml de lait. Lire directement la valeur sur l'échelle de butyromètre.

e- Détermination de l'antibiotique :

Ajouter 1 ml de lait de chèvre à analyser dans un tube jetable, introduire une bandelette.

Incuber dans l'incubateur puis lire la bandelette.

- ✓ Si les bandes de couleur rouge indique l'absence des antibiotiques (test négative)
- ✓ Si les bandes de couleur claire indique la présence des antibiotiques (test positive).

4- Méthodes d'analyses microbiologiques de lait de vache et de lait de chèvre :

Les germes recherchés dans le lait sont : les germes totaux, les entérobactéries et les coliformes fécaux.

Préparation de la solution mère :

Pour chaque prélèvement, 10 ml de lait de chèvre et de vache 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^{-6} .

a- Les germes totaux :

Les micro-organismes aérobies facultatifs se développent dans un milieu nutritif gélosé exempt d'inhibiteur et d'indicateur défini (PCA) à 30°C pendant 72 h, après incubation ils apparaissent sous forme de colonie lenticulaire en masse.

A partir de la dilution décimale, porté aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétrie vide et stérile préparé à cet usage et numéroté. Compléter ensuite avec 14ml de gélose PCA fondue puis refroidir à 45°C . Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient de former «8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose.

Matériel et méthodes

Laisser solidifier sur palliasse. Les boîtes incubées ont 30°C Pendant 72 heures en faisant la lecture chaque 24h.

b- Les Entérobactérie :

Les Entérobactérie poussent facilement sur le milieu usuel en 24h à 37°C en aérobie et en anaérobie, leur exigence nutritionnelle est en générale réduite, la plupart se multiplie en milieu synthétique avec une source de carbone simple comme le glucose.

A partir de la dilution décimale, porté aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétrie vide et stérile préparé à cet usage et numéroté. Compléter ensuite avec 14ml de gélose VRBG fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient de former «8» pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur palliasse. Les boîtes incubées ont 37°C Pendant 24 à 48 en faisant un premier lecteur après 24h.

Après l'incubation ils apparaissent sous forme de colonies de couleur rouge, On retient les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

c- Les coliformes fécaux :

Les coliformes sont capables de se multiplier en présence de sels biliaires et capable de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz en 24 à 48 heures à une température de 37°C. Le milieu utilisé est le milieu Désoxycholate contenant les sels biliaires, le vert brillant comme agent sélectif, qui inhibe la croissance de la flore secondaire Gram⁺.

A partir de la dilution décimale, porté aseptiquement 1 ml dans une boîte de pétrie vide et stérile préparé à cet usage et numéroté. Compléter ensuite avec 14ml de gélose Désoxycholate fondue puis refroidie à 45°C. Faire ensuite des mouvements circulaires et de va et vient de former de «8» pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Laisser solidifier sur palliasse. Les boîtes incubées à 44°C Pendant 24 à 48 heures pour les coliformes fécaux, faisant une première lecture après 24 h.

Après l'incubation ils apparaissent sous forme de colonies de couleur rouge cerise. On retient les boîtes contenant un nombre de colonies compris entre 30 et 300.

5- Procédés de fabrication de fromage Edam :

La préparation de lait est commencée par la filtration de ce dernier, pour enlever les impuretés à l'aide d'une passoire. Laisser le lait reposer une nuit complète

Matériel et méthodes

pour assurer l'homogénéité et le bon brassage de ce dernier, et le processus de fabrication à commencer au petit matin. la standardisation du lait est à 36 ± 1 g/l de matière grasse. Puis en passe à l'étape de pasteurisation qui est nécessaire pour créer des conditions microbiennes favorables à la coagulation du lait, elle est réalisée à une température de 90°C pendant 30 secondes afin de détruire la flore microbienne pathogène et d'inhiber l'activité des spores thermorésistantes. Le lait est ensuite refroidi à 38°C et envoyé dans une cuve de coagulation. Puis en passe à l'étape de maturation qui consiste à enrichir le lait en bactéries lactiques souhaitées (streptocoques intermédiaires et thermophiles à raison de 10 g pour 100 litres de lait). (« CaCl_2 », à raison de 10 g pour 100 litres de lait), après addition de levure et de chlore mono-calcique, le rocou est ajouté à raison de 4 ml pour 100 litres de lait.

En effet, ces spores se multiplient très rapidement et assurent deux fonctions principales :

- ✓ Abaisser le pH en convertissant le lactose en acide lactique, acide acétique et éthanol et ainsi favoriser la coagulation.
- ✓ Contribuer aux propriétés sensorielles des fromages par la libération de systèmes enzymatiques impliqués dans les principaux phénomènes d'affinage du caillé.

Le lait maturé et emprésuré avec la présure commerciale à raison de 2g pour 100 litres de lait en respectant d'emprésurage suivantes : Acidité titrable du lait : 19-30°D, Ph : 6.4-6.5, Température : $20-38^{\circ}\text{C}$, Le temps de coagulation est compris entre 20 et 35 minutes. Une fois que le lait a pris la forme d'un caillot très solide, le caillé est coupé en gros morceaux (de la taille d'une noix à la taille d'un maïs) à l'aide d'un couteau, le plus rapidement possible. Ce procédé vise à favoriser l'excrétion sérique et à augmenter le taux d'extrait sec. A la fin du découpage, le caillé est laissé au repos avant de commencer le premier puis le second brassage pendant 15 à 20 minutes.

Entre les deux mélanges et après l'évacuation du premier lactosérum, une étape de lavage ou de déshydratation est effectuée. Le diamètre requis est de 0,1 à 1 cm.

Puis on passe à l'égouttage quiun passage de l'état semi-solide. De plus, le caillé doit être quelque peu compacté en fonction du fromage souhaité. Il peut être réalisé soit mécaniquement, à l'aide d'une presse, soit naturellement en laissant sortir le caillé et en laissant son poids s'appuyer sur lui-même.

Matériel et méthodes

Le caillé est pré-pressé avec une plaque de métal afin de coller les graines entre elles. Il est ensuite placé dans un moule pour donner au fromage sa forme distinctive et définitive. Ces moules à fentes sont placés sur une planche en parallèle. La pression est appliquée avec une autre plaque pressant les moules pendant 3 heures afin de se débarrasser du reste de sérum à l'intérieur des granules. Le caillé moulé est brassé pour libérer la plus grande quantité de lactosérum.

L'étape de salage consiste à enrichir la pâte en chlorure de sodium ; Il favorise directement le développement des micro-organismes et l'activité enzymatique en réduisant l'activité de l'eau, complète l'excrétion de lactosérum et facilite la formation de croûte de fromage. Le salage est réalisé en immergeant les boules de fromage dans une saumure NaCl 35% pendant 18 heures (température : 10-12°C, concentration : 19°C).Après le salage, les boules de fromage subissent un court égouttage pour se débarrasser de la couche d'eau à la surface du fromage.

L'affinage consiste en l'affinage biologique du fromage sous l'influence d'enzymes. C'est une conséquence générale de divers phénomènes (glycolyse, lipolyse, protéolyse, etc.) qui déterminent les propriétés organoleptiques du fromage. La maturation c'est la dernière étape en procédé de la fabrication du fromage Edam, qui réalisée dans une pièce climatisée (chaufferie) avec une température de 8-10°C et une humidité de 90%. La période de maturation est de trois semaines. Le caillé se transforme en pâte sous l'influence de la fermentation et le goût et l'arôme apparaissent. Une fois l'affinage terminé, le fromage est lavé à l'eau, brossé puis transporté au laboratoire pour analyses physiques, chimiques et microbiologiques.

6- Prélèvement et échantillonnage :

L'étude a été menée durant la période entre février et Mai 2022 au niveau d'une laiterie et fromagerie à Boudouaou(LFB), wilaya deBoumerdes.

Au cours de la fabrication du fromage à pâte pressée type Edam, nous avons procédé des prélèvements d'échantillon du lait et du fromage. Les prélèvements concernant avant et après la fabrication à savoir **(figure04):**

a- Préparation du lait

- Lait cru
- Lait pasteurisé
- Lait après 30 min d'ajout de ferments lactique

Matériel et méthodes

- b- Coagulation
- c- Moulage et pressage
- d- Saumurage
- e- Affinage :
 - Fromage à 7^{ème} jour d'affinage.
 - Fromage à 14^{ème} jour d'affinage.
 - Fromage à 21^{ème} jour d'affinage.

Sur l'ensemble des échantillons du lait et du fromage prélevé, des analyses physico-chimiques et microbiologiques ont été réalisés.

Les analyses physico-chimiques concernent la mesure du pH, détermination de l'acidité titrable, détermination de matière gras dans le cas du lait ; et du pH, matière gras, l'extrait sec (EST), et détermination du gras /sec dans le cas du fromage. Par ailleurs les analyses microbiologiques concernent les coliformes totaux et fécaux, les staphylocoques aureus et les salmonelles.

- Pour le lait cru, l'échantillon pour analyses microbiologiques est prélevé au robinet placé au fond de la cuve, dans un flacon stérile recouvert de coton peigné ou d'un bouchon à vis. Le robinet est pré-brûlé, les premiers jets sont jetés et les bouteilles sont remplies aux deux tiers de leur capacité. Les échantillons sont immédiatement refroidis au réfrigérateur, jusqu'au moment de l'analyse avec un délai n'excédant pas 8 heures.

Le prélèvement pour analyses physico-chimiques nécessite l'utilisation d'une poche que l'on plonge dans la cuve par l'ouverture supérieure.

- Pour le fromage, la méthode d'échantillonnage peut affecter significativement les résultats obtenus. Cette méthode comprend les étapes depuis l'arrivée des échantillons au laboratoire de microbiologie jusqu'au broyage des échantillons, c'est-à-dire jusqu'à l'obtention de la suspension mère. Les échantillons doivent être manipulés avec soin à tout moment, en respectant toutes les règles de stérilisation pour éviter toute contamination.

Matériel et méthodes

7- Méthode d'analyse physico-chimique de fromage de vache et chèvre type

Edam

Nous avons utilisé les méthodes décrites dans le manuel du la LFB.

a- Détermination de PH :

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

- ✓ Etalonner l'appareil avec des solutions tampons.
- ✓ Rincer l'électrode du pH-mètre avec l'eau distillée.
- ✓ Introduire l'électrode dans la boule de fromage.

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

b-Détermination de la matière grasse :

La teneur en matières grasses est déterminée par la méthodeacido butyrométrique (dite méthode VAN-GULIK dans le cas du fromage). Il est basé sur la dilution des composants des protéines de lait, de lactosérum et de fromage avec de l'acide sulfurique sous l'influence de la force centrifuge et avec l'ajout de 1 ml d'alcool iso amylique, l'huile de la substance se sépare sous la forme d'un film transparent.

- ✓ Mettre dans un godet de butyromètre environ 3g de fromage.
- ✓ Ajouter de l'acide sulfurique de densité ($d= 1,520$) jusqu'à l'émergence totale du fromage Edam.
- ✓ Mettre le butyromètre dans le bain- marie à 70°C en gitant toutes 5 à 10 min jusqu'à la dissolution totale du fromage.
- ✓ Ajouter l'acide sulfurique jusqu'à atteindre 35% de l'échelle après l'addition de 1 ml d'alcool iso-amylique.
- ✓ On ferme bien le bouchon et on place le butyromètre dans la centrifugeuse pendent 5 min.

La valeur de la teneur en matière grasse est lue directement sur l'échelle de butyromètre.

Matériel et méthodes

c-Détermination de l'extrait sec :

Cette méthode consiste à évaporer l'eau de la prise d'essai, afin de déterminer la quantité de matière sèche restant après déshydratation totale.

- ✓ Mettre 1,2 à 1,5 g du fromage Edam dans le dessiccateur à 95°C.
- ✓ La valeur de l'EST est lue directement sur le dessiccateur, ou nous pouvons la calculer à partir de cette relation

$$EST = (d - 1000) \times 2,666 + (1,2 \times MG) + 2$$

EST: l'extrait sec

D : la densité

MG : matière grasse

d-Détermination du gras/ sec :

Ce calcul a pour but de vérifier la conformité de la teneur en matière grasse de la matière sèche aux dispositions réglementaires.

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

$$G/S = (MG / EST). 100$$

8- Méthode d'analyse microbiologique de fromage du lait vache et fromage du lait de chèvre :

L'évaluation de la qualité microbiologique du lait et des produits laitiers est un outil essentiel pour apprécier l'application des règles de bonnes pratiques, le respect des règles d'hygiène générale à la ferme et à l'usine. Ceci afin de démontrer le respect des normes de journal officiel.

Les germes recherchés dans le fromage

- ✓ Les coliformes fécaux
- ✓ Les staphylococcus aureus
- ✓ Salmonelle

Préparation de la solution mère :

Introduire aseptiquement 25 grammes de fromage dans un bocal stérile probablement taré contenant au préalable 225 ml d'eau physiologique (diluant) et

Matériel et méthodes

homogénéiser. Cette suspension constitue alors la dilution mère (DM) qui correspond donc à la dilution 1/10 ou 101 préparer les dilutions décimales.

a-Recherche et dénombrement des coliformes fécaux :

Ce sont des bactéries entériques, non sporulées, aérobies ou anaérobies facultatives, caractérisées par leur capacité à fermenter le lactose avec production de gaz en 24 à 48 heures à une température de 36-37 °C. Leurs recherches sont menées sur des milieux riches en lactose avec des sels biliaires comme agent sélectif.

Ces bactéries sont sensibles à la chaleur, ce qui est un bon indicateur de l'efficacité des traitements thermiques et/ou de recontamination, de plus, c'est en soi un facteur de mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication (Guiraud, 1998). Ils sont calculés sur un courtier en désoxycholate.

Ensemencement

La méthode de référence préconise l'ensemencement en masse

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

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

b-Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* :

Le genre *Staphylococcus* appartient à la famille des Microcoecaceae. Cette bactérie est Gram-positive, sous forme de cortex (grappe de raisin), catalase (+). Ces bactéries sont capables de produire des entérotoxines très actives, et donc de provoquer des intoxications alimentaires. A noter que l'absence de ces germes dans de nombreux produits laitiers est souvent décrite dans des tableaux de spécifications.

Selon la disponibilité des milieux de culture, trois techniques différentes sont recommandé pour la recherche de staphylocoque aureus à savoir :

- ✓ Méthodes d'enrichissement sur milieu Giolitti Cantoni :

Matériel et méthodes

- ✓ Méthodes Baird Parker ;
- ✓ Méthode sur gélose Chapman.

Ensemencement

- porter aseptiquement à l'aide d'une pipette stérile 0.1 ml de la solution mère dans des boîtes de pétri contenant le milieu Baird Parker (BP) préparée à cet usage et additionnées d'un jaune d'œuf et du tellurite de potassium.
- étaler à l'aide d'un râtelier étaleur.
- les boîtes sont incubées à 37°C pendant 48 heures.

Les colonies suspectes de staphylococcus pathogènes apparaissent sur le milieu de couleur noir, brillante, voutée avec une bordure blanche mince entourées d'un halo clair. Pour confirmer la présence de staphylococcus aureus quelques tests biochimiques caractéristiques de l'espèce sont effectués. Les résultats sont exprimés en nombre de germe par « ml » ou « g » de produit.

c-Recherche et dénombrement de Salmonella :

Leur recherche et leur identification permettant de savoir si le produit est dangereux à consommer ou non. Les salmonelles attaquant spécifiquement la cavité gastro-intestinale qui va provoquer une diarrhée avec douleurs abdominales. Les bactéries du genre salmonella appartiennent à la famille des Entérobacteriaceae. (Entérobactérie pathogènes) ce sont des bacilles Gram -, anaérobies facultatifs, habituellement mobiles grâce à une ciliature péri triche, oxydase ⁺, lactose⁻, H₂S⁺.

La présence du sucre, extrait de levure et de peptone constituent la gélose Hecktoen qui favorise l'isolement des bactéries du genre *salmonella* qui sont enfaite des Entérobactéries pathogènes, ce milieu est rendu sélectif par la présence des sels biliaires qui inhibent le développement du proteus. Avant de procéder à l'isolement, il faut réaliser un prés-enrichissement dans une eau peptone tamponnée puis un enrichissement sur le bouillon au sélénite acide du sodium et cystéine (SFB).

La recherche de salmonella se fait en trois étapes :

1-pré-enrichissement

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

2- enrichissement

Prélever 1 ml de milieu de pré-enrichissement et ensemencer le dans 10 ml de milieu SFB. Incuber à 37°C pendant 24 heures.

Matériel et méthodes

3- isolement

A partir de milieu SFB positif, ensemencer par stries une boîte de pétris continuant gélose Hecktoen. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 heures.

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

9-Les analyses organoleptiques:

On a choisi 30 personnes intéressées pour participer à la dégustation, les dégustateurs sont des étudiants en graduation de la Faculté de Sciences de la Nature et de la Vie. Des explications comment procéder au remplissage des échelles ont été données pour une bonne dégustation ont été adoptées.

Pour réaliser le test d'intensité, on a coupé le fromage (FEVP, FECF, et FECP) préalablement en petits dés et on l'a présenté aux dégustateurs afin de noter sur une échelle de 10 les 09 critères organoleptiques.

Ce test est réalisé sur la base d'un bulletin établi avec une échelle afin d'évaluer les attributs (les caractères recherchés) du fromage fabriqué en donnant des notes d'un à dix selon leur détection de sorte que plus l'attribut est intense selon le dégustateur plus la note sera grande. Si le caractère recherché n'est pas identifié le dégustateur peut y mettre un zéro.

Les résultats obtenus après le test d'intensité sont traités par Excel, puis représentés graphiquement afin de visualiser les caractéristiques organoleptiques du fromage fabriqué et pour faciliter leur interprétation.

Résultats et discussions

Résultats et discussions

1-Analyses physico-chimiques de lait de vache et de lait de chèvre :

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur les trois échantillons du lait (vache, chèvre 1 et chèvre 2) sont donnés dans le tableau suivant :

Tableau X:Analyses physico-chimiques de lait de vache et de lait de chèvre.

Les analyses	Lait de vache	Lait de chèvre 01	Lait de chèvre 02
pH	6,70	6,64	6,50
L'acidité	17 D ⁰	15 D ⁰	16 D ⁰
La densité	1029,6	1025,4	1029,8
La matière grasse	37(%)	42(%)	41(%)
L'antibiotique	Absence (-)	Absence (-)	Absence (-)

Dans le tableau X on représente les paramètres d'analyses physico-chimique pour les trois types de lait tel que : (pH, l'acidité, la densité, la matière grasse, et l'antibiotique).

Le pH est un indicateur de fraîcheur du lait, il dépend principalement de la présence de caséines et d'anions phosphoriques et citriques , il reflète les conditions hygiéniques lors de la traite, la flore microbienne totale et son activité métabolique, lorsque cette valeur est élevée elle indique une contamination par des agents protéolytiques comme les champignons et lorsqu'elle diminue, elle renseigne sur une glycolyse par des bactéries acidifiantes comme les coliformes qui produisent des acides mixtes(Aries *et al.*,2018).

Les pH enregistrés pour les trois types de lait varient entre 6,5 à 6,7, avec une légère neutralité pour le lait de vache, chèvre 1,et chèvre 2, Ils sont en accord avec celui rapporté par Afnor selon Amariglio (1986)qui ont trouvés des valeurs de pH du lait de vache varient entre 6,40 à 6,80 et de chèvre varient entre 6,50- 6,80 respectivement, le lait de chèvre est resté proche au de(Belgroune *et al.*, 2019) 6,45- 6,8, d'autre par le lait de vache est de valeur très proche de notre résultat avec 6,75, selon(Reffas *et al.*,2019)

Résultats et discussions

L'acidité du lait est un indicateur de la qualité du lait au moment de la livraison car elle permet d'apprécier la quantité d'acide produite par les bactéries (Joffin., 2004).

L'acidité déterminée pour les 3 laits présente des valeurs variées, de l'ordre de 17 D⁰, 15 D⁰ et 16 D⁰ pour le lait de vache, chèvre 1 et chèvre 2 respectivement, ces valeurs sont en accord avec ceux donnés par (Amariglio, 1986) qui sont : 15-18 D⁰ et 14-23 D⁰ respectivement, l'acidité du lait de chèvre reste assez stable durant la lactation, elle est entre 15 D⁰ et 16 D⁰ d'acide lactique (Reffas *et al.*, 1989) et aussi elle est proche de l'acidité de lait de vache 16.8 D⁰ selon Reffas (2007).

La densité du lait de vache trouvée est très proche à celle de lait de chèvre (01 et 02), avec une moyenne égale respectivement à 1029,6, 1025,4 et 1029,8. D'après nos résultats les valeurs enregistrées sont conformes aux résultats publiés par Afnor selon Amariglio (1986).

Pour la matière grasse de lait de chèvre (01, 02) est plus élevé à celui de lait de vache, avec une moyenne égale respectivement 42, 41,37 sont conformes aux résultats comparativement à celles indiquées par (Amariglio., 1986).

La valeur du lait de chèvre est proche à celles indiquée par Caja, (2001) cité par (Zerig *et al.*, 2020) la valeur du lait de vache inférieure à celles indiquées par Bocquier, (2001) cité par (Zerig *et al.*, 2020).

La recherche de présence de l'antibiotique dans les trois laits, les résultats sont négatives, en comparant la coloration des lignes de bandelettes commerciales utilisées d'intensité des lignes testant l'antibiotique, ligne du bas indique l'absence de substance antimicrobienne, la ligne médiane est la ligne de contrôle, la troisième ligne (supérieure) indique l'absence de bêta-lactamines (Brouillet., 2002).

2-Les analyses microbiologiques de lait de vache et de lait de chèvre :

Les résultats des analyses microbiologiques portées sur les types de microorganismes recherchés (les germes totaux, les entérobactéries, les coliformes fécaux) dans les trois échantillons de lait (vache et deux chèvre) sont rapportés dans le tableau XI :

Résultats et discussions

Tableau XI : Analyses microbiologiques de lait de vache et de lait de chèvre.

Produits analysée	Microorganismes recherchées	Limites microbiologiques UFC /ml	Résultats
Lait de vache	Les germes totaux	10^{-6}	Absence (-)
	Les entérobactéries	10^{-2}	Absence (-)
	Les coliformes fécaux	10^{-2}	Absence (-)
Lait de chèvre	Les germes totaux	10^{-6}	Absence (-)
	Les entérobactéries	10^{-2}	Absence (-)
	Les coliformes fécaux	10^{-2}	Absence (-)

Nos résultats obtenus révèlent l'absence des germes totaux et les entérobactéries dans le lait de vache et de la chèvre analysés qui sont conformes aux normes (**JORA., 2017**)

D'après les résultats obtenus ont conclus que le lait analysé présents en général une charge microbienne nulle, dû au respect des règles d'hygiène à savoir le nettoyage des mains, et de matériel de traite.

Nos résultats obtenus révèlent l'absence des coliformes fécaux dans le lait de chèvre et de lait de vache analysés qui sont conformes aux normes (**JORA., 2017**). La présence des coliformes fécaux est considérée comme un indice de contamination fécale, il s'agit donc plutôt de marqueurs de bonne maîtrise d'hygiène ainsi qu'à la bonne manipulation (**Guiraud et Rosec, 2004**).

3- Analyses physico-chimiques de fromage de vache et fromage de chèvre :

Les résultats d'analyses de pH obtenues sur les trois fromages sont résumés dans la figure suivant :

Résultats et discussions

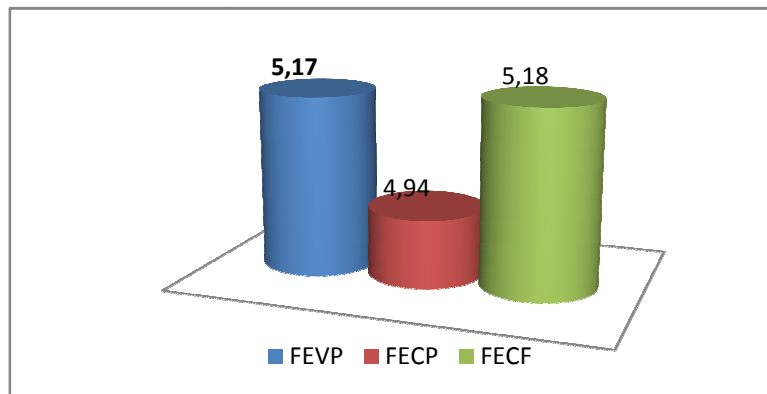


Figure 04 : diagramme des valeurs de pH des trois fromages fabriqués avec la présure et la ficine.

 FEVP : fromage Edam vache présure.

 FECF : fromage Edam chèvre présure.

 FECF : fromage Edam chèvre ficine.

➤ pH

Dans le graph de la figure 04, on représente les valeurs de pH en fonction des fromages élaborés à base de lait de vache et de lait de chèvre avec la présure commerciale et la ficine de latex de figue ; nous remarquons que le fromage élaboré à base de lait de vache avec la présure a une valeur de pH plus élevée que le fromage élaboré à base de lait de chèvre avec le même enzyme coagulant.

Ce résultat est dû probablement à la forte proportion de caséine $\alpha S1$ dans le lait de vache qui est de 38% et de 10% dans le lait de chèvre. Ces résultats sont similaires avec ceux d'Ouali et Cherief, (2016) qui ont analysé les paramètres physico-chimiques de lait de chèvre et de lait de vache.

Nous remarquons aussi, que le fromage élaboré avec la ficine est une valeur de PH plus élevée que le fromage fabriqué par la présure, bien que nous conservions le même lait. Ce résultat est dû au pouvoir de coagulation d'enzyme végétale par rapport à l'enzyme animale. Donc la ficine c'est un enzyme coagulant efficace et très actif que la présure. Ces résultats obtenus sont cohérents avec ceux de (Hamer Laine et

Résultats et discussions

Zoubiri, 2017) qui ont mené leur étude sur la ficine comme enzyme de coagulation lait de chèvre de fromage fondu.

Matière grasse (MG) :

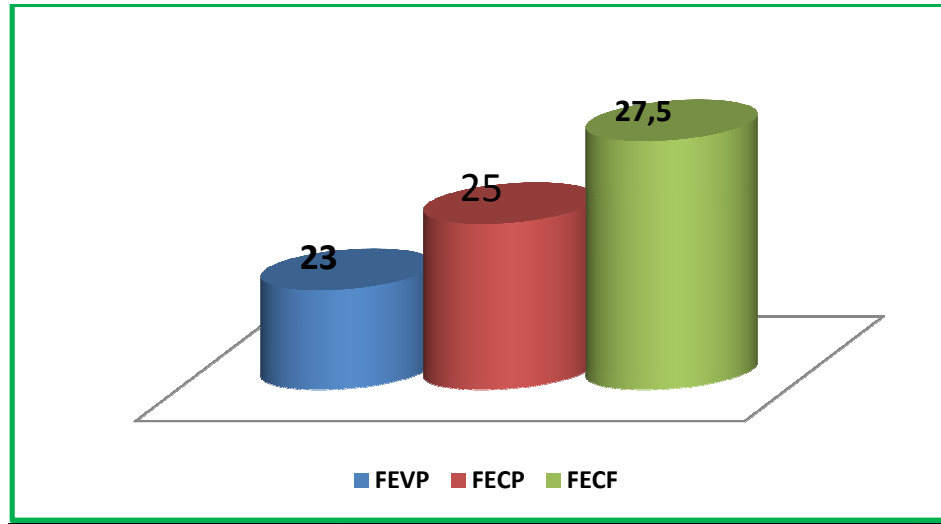


Figure 05 : diagramme des valeurs de matière grasse des trois fromages élaborés.

 FEVP : fromage Edam vache présure.

 FECP : fromage Edam chèvre présure.

 FECF : fromage Edam chèvre ficine

La figure 05 représente les valeurs des trois fromages élaborés en matière grasse, nous avons observé que le fromage à base de lait de chèvre présente un teneur en MG plus élevé que le fromage fabriqués a base de lait de vache. Ce résultat est dû à la richesse du lait de chèvre en matière grasse par rapport au lait de vache ; Cela se reflète sur le fromage élaborés qui contient un taux de MG dépend de la composition du lait utilisé et de la méthode de préparation. Ce résultat est en accord avec qu'il a réalisé par **(Mana et Drif, 2017)** qui étudie les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des trois laits (vache, chèvre, brebis) et fabriqué le fromage frais.

Résultats et discussions

La deuxième chose qu'on observe si que, l'évaluation de la teneur de MG de fromage avec la ficine est remarquable par rapport le fromage avec la présure. Ce résultat du a l'action de présure sur la matière grasse, l'action de ce dernier est plus forte que l'action de la ficine. Ces résultats obtenus sont opposés et ne correspondent pas à ce qui été obtenu par (Sekkai et Reffas, 2019), qui ont constaté que le fromage de chèvre à extrait animale contient un pourcentage élevé de MG par rapport au fromage de chèvre à extrait végétale.

L'extrait sec total (EST) :

L'extrait sec total ou matières sèches totales est l'ensemble de toutes les substances qui, dans des conditions physiques déterminées, ne se volatilisent pas. L'extrait sec total varie selon le type du fromage. Il est influencé par la composition initiale du lait, le type de coagulation ainsi que le type d'égouttage (les fromages à pâte pressée ont un extrait sec totale nettement supérieur à celui des autres fromages) (Alais, 1984).

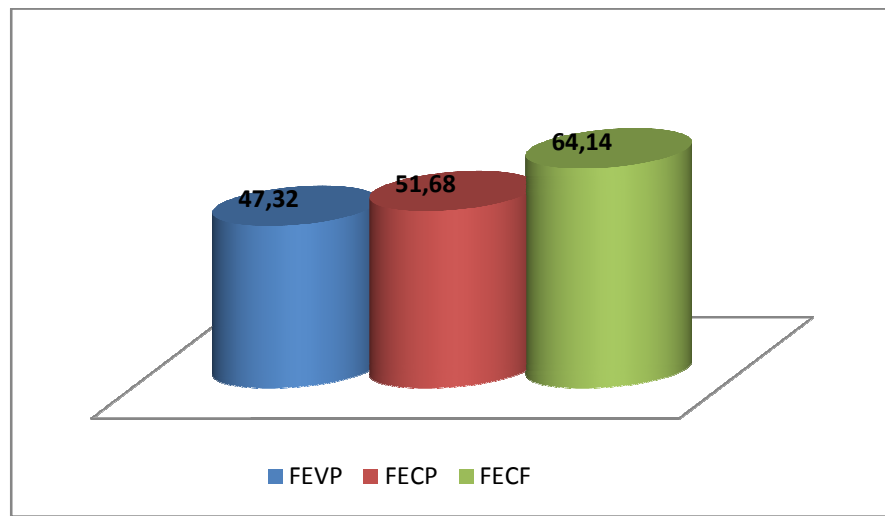


Figure 06 : diagramme des valeurs d'EST des trois fromages fabriqués.

 FEVP : fromage Edam vache présure.

 FECF : fromage Edam chèvre présure.

 FECP : fromage Edam chèvre ficine

La figure 06 représente les valeurs d'extrait sec total des trois fromages fabriqué a base de lait de vache et lait de chèvre, avec deux enzyme coagulant ; l'un de nature

Résultats et discussions

animal et l'autre de nature végétale. Nous remarquons que, le fromage de lait de vache contient une matière sèche peu inférieure que le fromage de lait de chèvre, tout en conservant la même enzyme de coagulant. Cela est dû à une teneur légèrement plus élevée en caséine du lait de chèvre par rapport au lait de vache. Ces résultats sont similaires avec ceux cités par **(Mana et Drif, 2017)**; Qui étudie les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques des trois laits (vache, chèvre, brebis) et fabrique le fromage frais.

On note également que la quantité de matière sèche dans le fromage caillé avec une enzyme végétale est élevée par rapport au fromage fabriqué avec une enzyme animale. Cette différence de l'extrait sec total est due principalement aux types des caillés obtenus. Ces résultats sont opposés et ne correspondent pas à ceux obtenus par **(Sekkai et Reffas, 2019)**, qui ont étudié tour à tour la comparative fromagère du lait de chèvre en utilisant l'extrait animal et un extrait végétal.

Le rapport Gras / sec (G/S) :

Le rapport Gras/ Sec présente la teneur en MG et en EST des caillés. On nécessite ce rapport pour connaître la présence de matière grasse dans le produit complet.

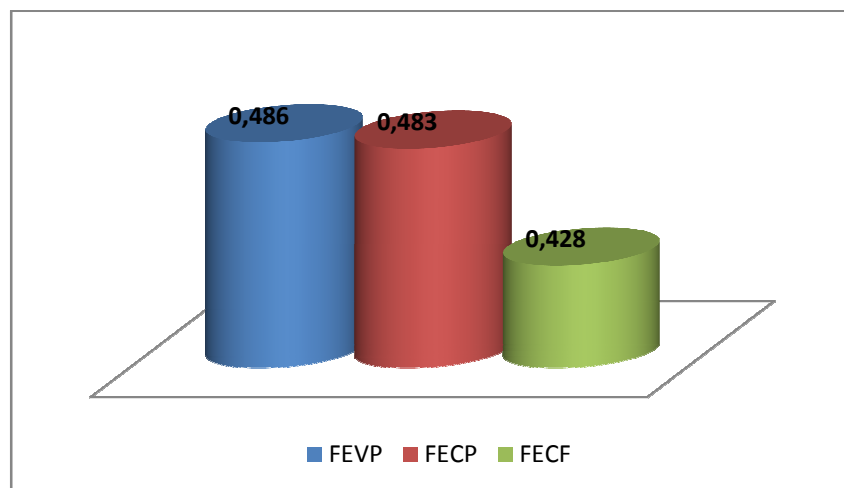


Figure 07 : diagramme des valeurs de rapport Gras / Sec dans les trois fromages.

 FEVP : fromage Edam vache présure.

 FECP : fromage Edam chèvre présure.

Résultats et discussions

 FECF : fromage Edam chèvre ficine

La figure 07 présente le rapport de Gras/ Sec des trois fromages fabriqué. Nous avons observé que les deux fromages coagulés par la présure contiennent un rapport de (Gras/Sec) très proche avec une valeur de décalage de 0,001. ce résultat du a l'effet de présure quel que soit le type de lait.

On vut que le fromage fait a base de lait de chèvre avec la ficine est une valeur de rapport Gras /Sec plus bas que le fromage avec la présure avec le même lait. Ce résultat du a l'effet fort de ficine sur la MG et l'EST de fromage par contre l'effet faible de présure sur ce dernier. . Ce résultat obtenu est similaire avec (**Sekkai et Reffas, 2019**), qui sont étude tourne autour de la comparative fromagère du lait de chèvre en utilisant l'extrait animal et un extrait végétal.

4-Analyses microbiologique de fromage de vache et fromage de chèvre :

Les résultats d'analyse microbiologique des fromages sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau XI : Analyses microbiologiques des trois fromages.

Microorganismes recherchées	Limites microbiologiques UFC /ml	Résultats des Produits analysée		
		Fromage Vache	Fromage Chèvre 01	Fromage Chèvre 02
Les coliformes fécaux	5.10^3	Négatif (-)	Négatif (-)	Négatif (-)
Staphylocoques aureus	10^4	Négatif (-)	Négatif (-)	Négatif (-)
Salmonella	Absence dans 25g	Négatif (-)	Négatif (-)	Négatif (-)

Nous avons observé l'absence totale des staphylocoques aureus et salmonelles dans tous les échantillons comme celle observé par (**Sekkai et Reffas, 2019**). L'absence totale de germes pathogènes (coliformes fécaux) dans les trois fromages comme celle détermine par (**Mana et Drif, 2017**).

Résultats et discussions

Selon (Mahaut *et al.*, 2000). La production du fromage de chèvre de qualité sanitaire satisfaisante est évidemment possible à condition de respecter les règles d'hygiène applicables au niveau de la production et de la transformation du lait.

L'analyse microbiologique montre que selon les normes fixées par (JORA, 2017). Notre fromage de chèvre qui est fabriqué avec Enzyme animal et Enzyme végétal est satisfait.

5 Les analyses organoleptiques des trois fromages élaborés :

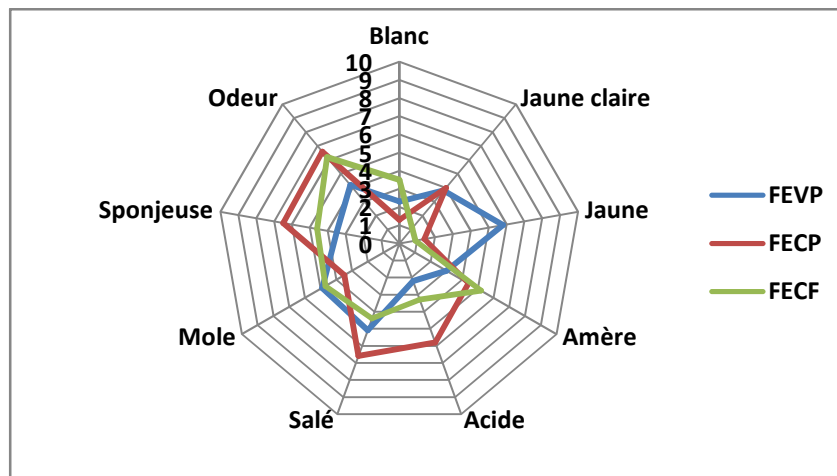


Figure 08 : Profil sensoriel des trois fromages fabriqué.

■ Fromage Edam vache présure ■ Fromage Edam chèvre présure. ■ Fromage Edam chèvre ficine.

5- Analyses sensorielles :

Les résultats de l'analyse sensorielle réalisée sur les trois fromages edam, fabriqués par la coagulation du lait de chèvre et de lait de vache avec la ficine et la présure, par trente (30) dégustateurs, qui ont remplis des fiches (Annex1) contenant 09 paramètres choisis selon l'évaluation des consommateurs habituelles des fromages pour la couleur, le goût, l'odorat et l'aspect (blanc, jaune, jaune claire, amère, acide, salé, mole, sponjeuse, odeur), en les notant avec une échelle de 0 à 10, sont représentés sous forme de profil sensoriel dans la figure 09.

D'après les résultats obtenus on peut dire que:

Le fromage à base de la ficine présente une couleur blanche par rapport à celui de chèvre et de vache produit avec la présure qui présente des couleurs

Résultats et discussions

respectivement jaune claire et jaune cela est dû probablement à la transformation de la b β ta carotène en vitamine A selon (Tilahun *et al.*, 2014).

L'amertume de fromage ficine est remarquable par rapport aux deux autres cela est dû probablement à la dégradation des caséines k par la ficine ; par contre la présure que-t-elle dégrade la caséine β . **Le gout acide** est plus prononcé pour les deux fromages (FECF et FECP) par rapport à l'autre (FEVP)

La texture reflétée par le profil sensoriel nous renseigne que le fromage à base de présure est spongieux et granulé par contre les deux avec ficine plus moelleux cela est dû à la différence de la provenance de lait.

Le FEVP a une **odeur** absolument faible, par contre les deux fromages à base de lait de chèvre FECF et FECP, la variation du coagulant a fait que l'odeur est un peu remarquable ce qui est dû probablement à l'activité de la ficine sur les caséines β de lait de chèvre qui a permis l'obtention des sous-produits tels que les aldéhydes et les esters responsables des arômes dans les produits laitiers. Dans le travail de (Hamerain et Zoubiri, 2018) les résultats obtenus sont similaires avec nos résultats.

Conclusion

Conclusion

Cette étude portée sur la fabrication d'un fromage Edam, à base de lait de vache, et de lait de chèvre de race (Alpine et Saanen), coagulé avec l'enzyme végétale ; la ficine de figuier *Ficus carica* L. ; vise à valider la possibilité de remplacer la présure commerciale en valorisant et exploitant dans le cadre de la sauvegarde de la ressource phylogénétiques comme patrimoine figuiécole, espèce rustique de l'agriculture de montagne de l'Algérie. A travers cette étude, nous avons aussi évalué les paramètres physicochimiques et microbiologiques de la matière première selon normes (**JORA, 2017**) et de produit élaboré, ce dernier a fait objet d'une évaluation sensorielle et organoleptique pour prédire son acceptation objective de la part de consommateur.

Les résultats d'analyses physico-chimiques de la matière première ont montré que le lait collecté présente globalement une composition satisfaisante. Il est important de signaler à ce niveau que les chèvres produisent un lait plus au moins riche en différents nutriments et sa transformation fromagère est très prometteuse.

La MG de fromage élaboré avec le lait de chèvre (25%) est plus élevée par rapport au fromage de lait de vache (23%), et que ce dernier est augmentée avec la ficine pour atteindre 27,5%.

L'EST de fromage fait par le lait de vache (47,32%) est inférieur que l'autre élaboré à base de lait de chèvre (51,68%) ; par contre le fromage fabriqué par lait de chèvre avec ficine plus élevé de valeur (64,14%).

Le fromage Edam fabriqué avec le lait de vache coagulé avec la ficine, se distingue par sa couleur blanche, sa texture mole et sa dispersion avec une bonne solubilité dans la bouche, les caractéristiques organoleptiques de ce fromage sont acceptables par les dégustateurs.

-D'après les résultats obtenus on peut dire que la ficine est un meilleur substituant de la présure, plus efficace et plus rentable dans la production fromagère à l'échelle industrielle autre que dans les pratiques traditionnelles.

Malgré les difficultés d'extraction de la ficine du figuier pour son exploitation dans la transformation de lait, nous avons fait la lumière sur la possibilité de préserver et valoriser la richesse variétale du patrimoine figuiécole dont regorge les zones de montagne de notre pays, dans le but d'optimiser l'utilisation de ces zones, qui sont un lieu propice à la croissance de cette espèce rustique et bien adaptée, ce qui engendra des perspectives pour l'avenir par la création des unités artisanales pour fournir des

Conclusion

emplois et contribuer à faire avancer la roue du développement économique. Tout cela ne commence que par une idée et une croyance pour qu'il s'incarne sur le terrain.

Référence

bibliographique

Référence bibliographique :

A

Alais C., Linden, G., et Miclo, L. (2008). Biochimie alimentaire. Dunod 6^{ème}. Édition. Paris. 86-88p.

Alais, C. 1984: Science du lait. Principes des techniques laitières. Ed. SEPAIC, 4^{ème} édition : 814.

Amiot J ; Paul A, Laurent B ; Jean-Luk B ; Britt, Michkel, Castaingne and François. 2002. ‘Science et technologie du lait, transformation du lait, 2^{eme} Edition. Fondation de technologies laitières inc, Ecole polytechnique de Montréal. 600p.

Amiot. 2002. Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d’analyse du lait In VIGNOLA, Science et technologie du lait, transformation du lait. École polytechnique de Montréal, ISBN : 3-25-29 p.

Amariglio, S. (1986). Contrôle de la qualité des produits laitiers. France. Analyses physiques et chimiques, 3^{ème} édition.

Aries, N. Soufane, Y. (2018). Optimisation de la fabrication d’un fromage à pâte pressée à partir du lait de chèvre. Technologie agro-alimentaire et contrôle de qualité. Jijel : Université Mohamed Seddik ben Yahia. 9.11.12.14.15.29p.

B

Belgroune, K. Hamla, H. 2019. Fabrication et suivi des paramètres physicochimiques et microbiologiques de Jben et Klila fabriqués à partir du lait de vache et de chèvre. Microbiologie Appliquée. Oum El Bouaghi : Université l’arbi ben M’hidi.38p.

Belkhamssa, A. Soultani, KH. Zaimi, CH.2020. fabrication du fromage traditionnel à base de lait de chèvre en incorporant de la poudre de quelques aromes. Guelma : université 8 mai 1945.12.18p.

Bouchakrit, CH. Boukechkoula, A.2017. caractérisation physico-chimique et microbiologique d’un fromage de chèvre affiné. Jijel : université Mohammed Seddik Ben yahia.5.6p.

Boulkara, M. Brahimi, A.2018. extraction de la ficine de l’espèce ficus carica et étude de ses caractéristiques biochimiques et de son effet antimicrobien sur quelques espèces bactériennes pathogènes. Costentine : université des freres mountouri .11.12.13p.

G

Référence bibliographique

Guiraud J.P., 1998. Microbiologie alimentaire, Edition DUNOD, 79-102.Ed. Centre national de la recherche scientifique, Paris, 1170p.

Guiraud, J. P. (1998). Microbiologie Alimentaire. Technique et Ingénierie, Série Agroalimentaire. Dunod, Paris, France, 261.

H

Hadir, N. Khelaifia, M. Serid, CH.2020.caractérisation physico chimiques, biologique et rhéologique du fromage traditionnel "Bouhezza". Guelma : université 8 mai 1945.14p.

Hamer laine, S. Zoubiri, A.2018. Caractérisation d'un fromage frais "Agougli" fabriqué à partir du lait de chèvre coagulé avec l'enzyme du Ficus carica L. Bouira : université Akli Mohand Oulhadj. 27.28p.

J

Jean Baptiste, C. Edmond, R. Noël, Y. (2003). Caractéristiques nutritionnelles des produits laitiers et variation selon leur origine. *Productions animales*, Institut National de la Recherche Agronomique, 16 (4),275-278p.

JORA (Journal Officielle de la République Algérienne) (2017). Lait pasteurisé et autres produits laitiers liquides pasteurisés. N°39,13p.

M

Mahaut .M, Jeantet, R. Brule, G. Schuck, P. 2000. Les produits industriels laitiers. Tec and Doc, Paris, France, p 41.

Mana, H. Drif, F.2017. Caractéristique physico chimique et organoleptique de trois laits (vache, chèvre, brebis) et fabrication du fromage frais. Boumerdes : Université M'Hamed boughara.9.10p.

Martin, P. 1996. La composition protéique du lait de chèvre: ses particularités. Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre. Actes du colloque : Le lait de chèvre, un atout pour la santé. INRA, Niort, France, 9-26p.

O

Ouali, M. Cherief, A.2016. Contribution des caractères physicochimiques et microbiologiques du fromage à pâte pressée non cuite type "Edam" fabriqué à la laiterie fromagerie de Boudouaou (LFB). Boumerdes : université M'HAMED BOUGARA. 14.15.18.23.24.25.27.28.p.

R

Référence bibliographique

Razafindrakoto, O. Ravelomanana, N. Rasolofo, A. Racotoarimanana, R.D., Gourgue, P., Coquin, P. Briend, A. Des jeux, J.F. (1993). Le lait de chèvre peut-il remplacer le lait de vache chez l'enfant malnutri ?. Le lait ,73(5-6),601-611p.

Reffas, Y. Sekkai, S. (2019). Etude comparative de l'aptitude fromagère du lait de chèvre (race alpine) en utilisant un extrait animal et extrait végétal. Biochimie appliquée. Biskra: Université Mohamed Khider.10.44p.

T

Tilahun, Z., Nejash, A., Tadele, K., Girma, K. (2014): Review on Medicinal and Nutritional Values of Goat Milk. International Digital Organization for Scientific Information publications

Z

Zeller, B.2005.le fromage de chèvre : spécificités technologiques et économiques. Toulouse : université paul-sabatier.13.14p.

Zerig, H. Dou, M. (2020). Etude comparative entre les différents laits cru « lait de vache et lait de chèvre » dans la région d'el oued. Toxicologie. El oued : Université EchahidHamma Lakhdar.77p.

Annexe

Annexe

Annexe :

I-Matériel et réactif utilisé :



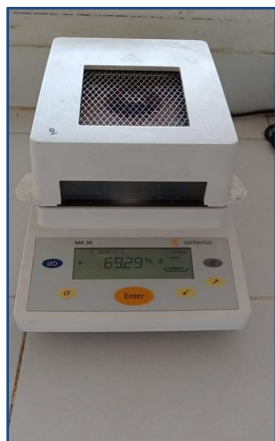
PH -Mètre



Acidité



Thermo -Lactodensimètre



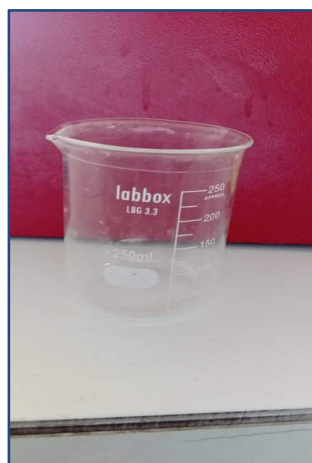
Dessiccateur



Centrifugeuse



Indicateur



Becher



Pipetage

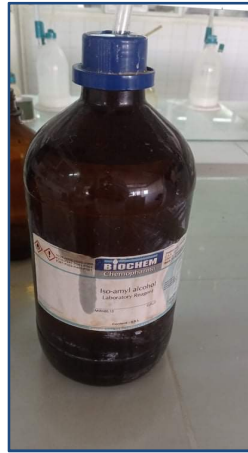


L'éprouvette

Annexe



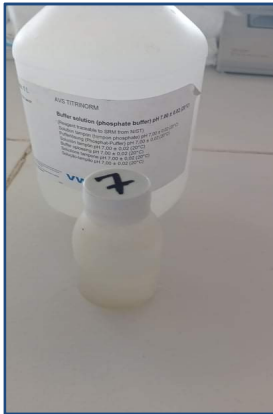
Acide Sulfurique.



Solution isomulique



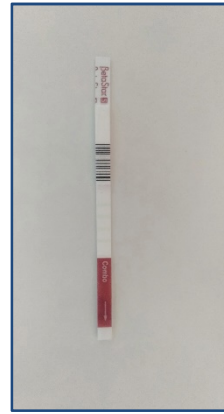
Tampons



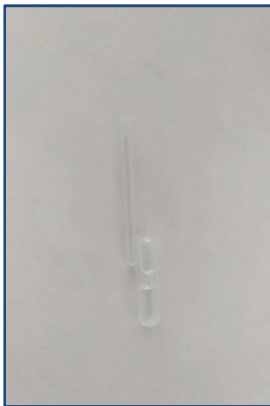
L'eau distillé



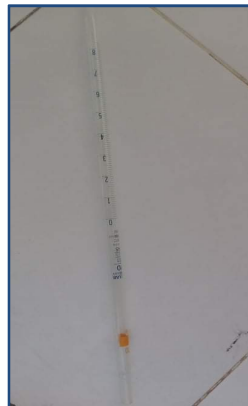
Bec benzène



Une bandelette



un tube jetable



Pipette

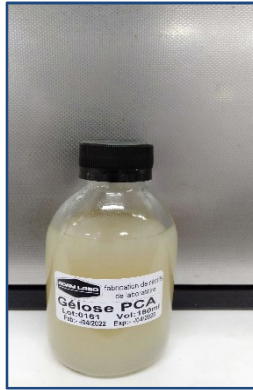


Etuve

Annexe



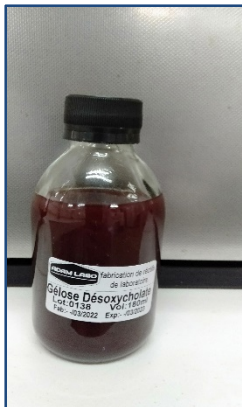
Dessiccateur



Gélose PCA



Gélose VRBG



Désoxycholate.



Latex de figuier



La présure

II-JORA et AFNOR :

JOURNAL OFFICIEL DE LA RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE N° 11

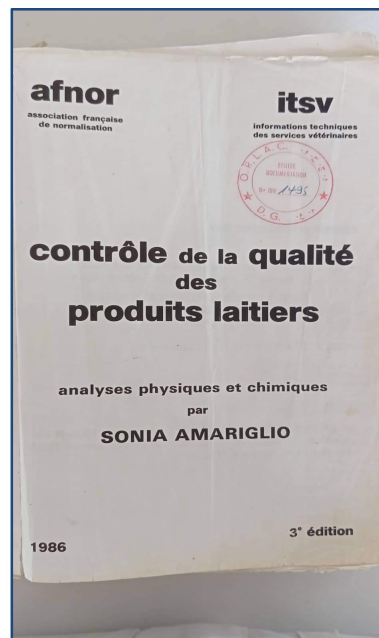
ANNEXE I

Contenus microbiologiques applicables aux diverses situations

1- Lait et produits laitiers

Catégorie des produits concernés	Méthode d'analyse recommandée	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques	
		n	m	M	M
Lait cru	Germe streptococcus	5	2	10 ³	10 ⁵
	Streptococcus	5	2	10 ³	10 ⁵
	Coliformes thermotolérants	5	2	10 ³	10 ⁵
	Salmonella	5	0	Absence dans 25 ml	
	Autres	5	0	Absence dans 1 ml	
Lait pasteurisé et autres produits laitiers	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Lait stérilisé et autres produits laitiers	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Lait en poudre et autres produits laitiers	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait cru	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait pasteurisé	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait stérilisé	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait cru avec additifs	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait pasteurisé avec additifs	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	
Fromages en lait stérilisé avec additifs	Germe streptococcus	5	0	10 ³	
	Coliformes thermotolérants	5	0	10 ³	

(JORA N°39, 2017).



AFNOR (1986).

Annexe

III-Les étapes de fabrication de fromage à pâte pressé :



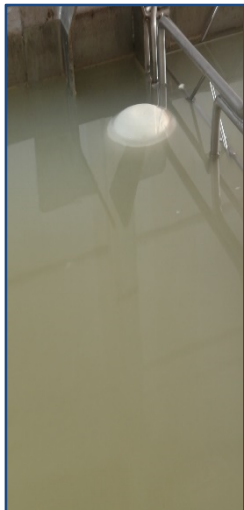
Coagulation.



Egouttage.



Moulage et pressage



Salage



Affinage

IV-la fiche d'analyses sensorielle :

Fiche technique d'analyse sensorielle de fromage edam à base de lait de chèvre et à base de lait de vache

Nom et prénom :

L'analyse sensorielle de notre étude consiste à étudier d'une manière ordonnée et structurée les propriétés de trois fromages type edam élaborés avec deux laits, de vache et de chèvre, à coagulés avec présure et ficine afin de pouvoir les décrire, les classer ou les améliorer d'une façon extrêmement objective et rigoureuse, l'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes des sens.

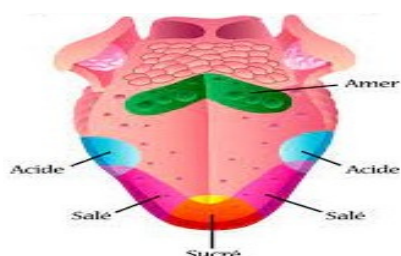


Figure A: les papilles gustatives de la langue.

Les trois fromages élaborés, fromage edam à base de lait de vache coagulé avec la présure (FEVP), fromage edam à base de lait de chèvre coagulé par la présure (FECF) et fromage edam à base de lait de chèvre coagulé par la ficine (FECF), vont faire objet d'une dégustation en recherchant à stimuler les papilles gustatives de la langue (Figure A) pour les caractériser.

Le juré de dégustation est prior d':

- 1-Examiner et goûter chaque'un des trois échantillons.
- 2-Evaluer chaque paramètre pour chaque produit en attribuant une note de l'échelle de **0-10** selon l'intensité de chaque caractère.

Tout en respectant les instructions suivantes :

- 1-Ne pas fumer.
- 2-Ne pas être malade.
- 3-Ne pas avoir faim ni soif.
- 4-Stimuler les papilles gustatives de la langue (figure 1) en mastiquant longuement et doucement.
- 5-Rincer la bouche avec l'eau à chaque dégustation d'un échantillon.

Annexe

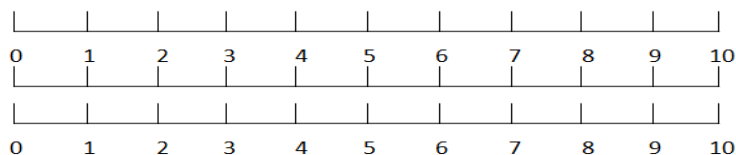
Ensuite on vous invite à remplir la fiche suivante en attribuant une note de 0 à 10 et cocher sur l'échelle par (X) :

I- La couleur 1-Blanc

FEVP

FECF

FECF

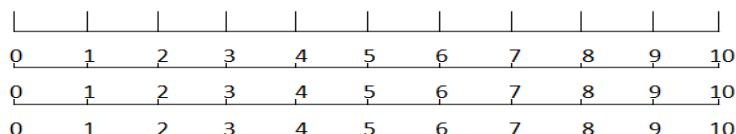


2-Jaune claire

FEVP

FECF

FECF

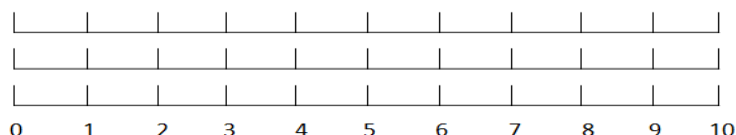


3-Jaune

FEVP

FECF

FECF



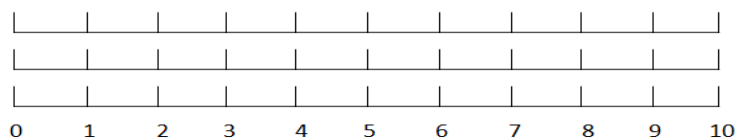
II-Le gout

1-Amère

FEVP

FECF

FECF

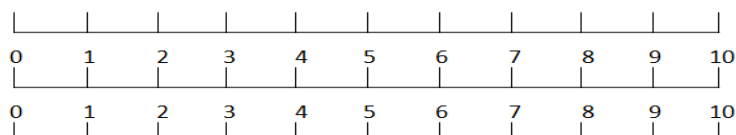


2-Acide

FEVP

FECF

FECF

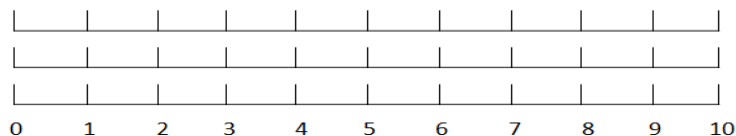


3-Salé

FEVP

FECF

FECF



III-La texture

1- Mole

FEVP

FECF

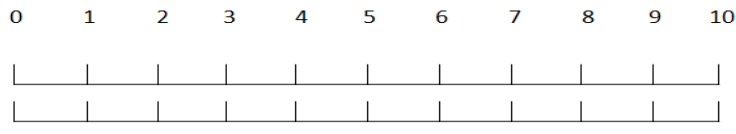
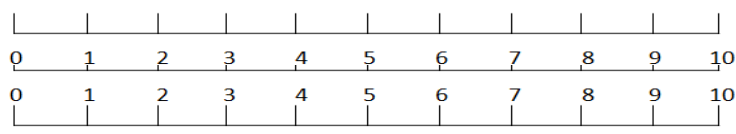
FECF

2-sponjeuse

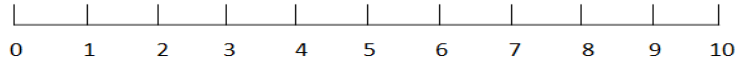
FEVP

FECF

FECF

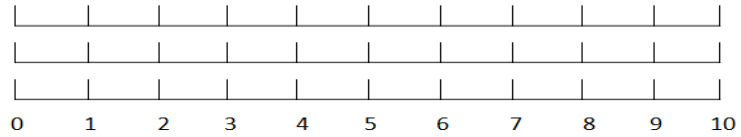


IV-L 'odeur



Annexe

FEVP
FECF
FECF



Classement : choisir votre produit préféré

1-

2-

3-

Merci pour votre coopération.

Résumé

Résumé :

Notre étude vise à valoriser un produit local et l'extraction d'enzyme végétal à partir de la figue et la fabrication de fromage à pâte pressé de deux espèces (vache et chèvre), en utilise un extrait animal et extrait végétal, et étudier la qualité physico-chimique, microbiologique du lait, et de fromage et la qualité organoleptique de trois fromages (vache, chèvre 1, et chèvre 2). Les analyses physico-chimiques et microbiologiques de lait ont montré que les trois lait (vache, chèvre 1, et chèvre 2) sont très proche, sauf la teneur en MG du lait de chèvre qui est élevée que celle de lait de vache avec l'absence totale des microorganismes, ces résultats montrent que ces produits sont de bonne qualité. Les résultats des trois laits assurent la réussite de tous les procédés de fabrication fromagère et un produit fini de bonne analyse physico-chimique, microbiologique et surtout une excellente qualité organoleptique qui satisfait les besoins des consommateurs, apparait également au niveau des statistiques d'analyse sensorielle.

Mots clé : Lait de chèvre, ficine, présure, fromage, fabrication, qualité.

الملخص:

تهدف دراستنا إلى تطوير منتج محلي واستخلاص الإنزيم النباتي من التين وتصنيع الجبن المضغوط من نوعين (بقرة وماعز)، باستخدام مستخلص حيواني ومستخلص نباتي، ودراسة الجودة الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للعقار. الحليب والجبن والجودة الحسية لثلاثة أنواع من الجبن (بقرة، ماعز 1، ماعز 2) أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية والميكروبيولوجية للحليب أن الألبان الثلاثة (بقرة، ماعز 1، ماعز 2) متقاربة للغاية، باستثناء محتوى الدهن في حليب الماعز الذي هو أعلى من محتوى حليب البقر مع الغياب التام للكائنات الحية الدقيقة، تظهر هذه النتائج أن هذه المنتجات ذات نوعية جيدة. تضمن نتائج الألبان الثلاثة نجاح جميع عمليات صناعة الجبن والمنتج النهائي مع التحليل الفيزيائي والكيميائي والميكروبيولوجي الجيد وقبل كل شيء الجودة الحسية الممتازة التي تلبي احتياجات المستهلكين، كما تظهر على مستوى إحصائيات التحليل الحسي.

الكلمات المفتاحية: حليب الماعز، فيسين، المنفحة، الجبن، التصنيع، الجودة.

Abstract:

Our study aims to develop a local product and the extraction of plant enzyme from the fig and the manufacture of pressed cheese from two species (cow and goat), using an animal extract and plant extract, and studying the physico-chemical and microbiological quality of milk and cheese and the organoleptic quality of three cheeses (cow, goat 1, and goat 2). The physico-chemical and microbiological of milk showed that the three milks (cow, goat 1, and goat 2) are very close, except the fat content of goat's milk which is higher than that of cow's milk with the total absence of microorganisms, these results show that these products are of good quality. The results of the three milks ensure the success of all the cheesemaking processes and a finished product with good physico-chemical and microbiological analysis and above all excellent organoleptic quality which satisfies the needs of consumers, also appears at the level of sensory analysis statistics.

Keywords: Goat's milk, ficin, rennet, cheese, manufacturing, quality.