

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT D'AGRONOMIE



Réf :/UAMOB/FSNVST/DSA/2022

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Agro-Alimentaire et Contrôle de Qualité

Présenté par :

BETRAOUI Imad Eddine & SELLAM Nedjma

Thème

Essai de fabrication et caractérisation d'un fromage frais « j'ben », à base du lait de vache coagulé avec la protéase végétale « ficine » de la variété bifère type "Bakkour" du figuier *Ficus carica* L.

Dépôt le : 07 / 07 / 2022

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M ^{me} KECIRA Fatima Zohra	MAA	Univ.Bouira	Présidente
M ^{me} MAZRI Chafiaa	MCA	Univ.Bouira	Promotrice
M ^f MALIOU Djamil	MCB	Univ.Bouira	Examineur

Année Universitaire: 2021/2022

Remerciements

Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier le Bon Dieu de nous avoir donné courage, volonté, patience et surtout santé pour le réaliser.

Nous adressons notre profond remerciement à Madame **MAZRI CHAFIAA**, Notre encadreur pour le sujet et le temps qu'elle nous a attribué et d'avoir accepté de diriger notre travail, pour ses précieux conseils et orientations, sans oublier sa patience.

Nous adressons notre profond remerciement aux membres de jury madame **KECIRA** et Monsieur **MALIOU**.

Nous remercions tous les enseignants de la faculté SNVT de l'Université de Bouira, pour leurs enseignements et leurs conseils qui ont considérablement contribué à notre formation académique et scientifique durant tout notre cursus universitaire.

Nos vifs remerciements s'adressent également à tout le personnel de la Laiterie-Fromagerie de BOUDOUAOU, qui nous a permis de réaliser ce mémoire dans des conditions appropriées. Nous leur souhaitons beaucoup de prospérité.

Nos remercions aussi, tous ceux et toutes celles qui nous ont aidé ou encouragé, à quelque titre ou degré que ce soit, à entreprendre et achever ce mémoire.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère,

Faiza, le symbole de tendresse,

*À mon père, Mohammed, école de ma vie, qui a été mon ombre
durant toutes mes années d'études*

Que dieu me le garde et me le protège,

*À Mes très chers frères et sœurs et mes amis sans exception
surtout Rym et Ibtissem.*

Imad Eddine Betraoui



Dédicaces

"Etudiez comme si vous deviez vivre toujours, vivez comme si vous deviez mourir demain"

A dieu le Tout Miséricordieux, ton amour, ta miséricorde et ta grâce m'ont fortifié pour avancer dans ma vie avec persévérance et ardeur au travail.

Je dédie ce mémoire

A mes très chers parents "Hassina" et "Mohamed" qui ont toujours été là pour moi tout au long de mes études et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. J'espère qu'ils trouveront dans ce travail toute ma reconnaissance et tout mon amour.

A Mes frères RABAH, SID ALI et ma sœur Wafaa

A mes grand-mères "Zohra" et "Aïcha" je vous dédie ce modeste travail abouti grâce à vos prières et votre amour inconditionnel. Merci pour tout et que dieu vous donne bonne santé et longue vie.

A mes oncles, Mhamed, Momoh, Ramdhan, Hocine, Rachid, Aziz, mes tantes Djamila, Djahida, Karima, Widad, Louiza, Fadhila et Houria. Et mes cousines Nedjma, Hanaa et Mériem

A mon ami Ramzi, tu m'as toujours encouragé, incité à faire de mon mieux, ton soutien m'a permis de réaliser le rêve tant attendu. Je te dédie ce travail avec mes vœux de réussite.

A mes chères amis Ibtissem, Rym, Amina, Liza, Khadidja, Houda, Manel, Rahim, Sidou, Houria, Sabrina, merci pour votre soutien et votre motivation, merci pour tous ces moments simples qui sont devenus inoubliables grâce à vous.

SELLAM Nedjma



Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Liste des abréviations

Introduction.....1

Synthèse bibliographique

I. Généralité sur le figuier.....	3
I.1 Définition du figuier.....	3
I.2 Caractéristique morphologique	4
I.2.1 Rameaux fructifères	4
I.2.2 Bourgeon	4
I.2.3 Feuille.....	4
I.2.4 Inflorescence et la fleur	5
I.2.6 Latex.....	5
I.3 Production du figuier	5
I.3.1 Dans le monde.....	5
I.3.2 En Algérie	6
I.4 Composition phytochimique	6
I.5 Système Enzymatique	6
II. Ficine	7
II.1 Utilisation de la ficine.....	8
II.2 Mécanisme d'action de la Ficine	8
III. Lait et fabrication du fromage frais	9
III.1 Définition du lait cru	9
III.2 Composition chimique	9
III.4.1 Eau.....	10
III.4.2 Matière grasse.....	10
III.4.3 Glucides.....	10
III.4.4 Vitamines.....	11
III.4.5 Minéraux	11
III.4.6 Protéines	11
III.3 Fromage.....	12

Table de matière

III.3.1 Définition.....	12
III.3.2 Généralité sur le fromage frais	12
III.3.3 Fabrication du fromage frais	13
Matériels et méthodes	
1. Objectif.....	16
2. Lieu d'étude	16
3. Matières premières	18
3.1 Lait	18
3.2 Récupération du latex.....	18
3.3 Procédé d'extraction de la ficine.....	19
4. Caractérisation physico-chimique du lait cru	20
5. Caractérisation de l'extrait brut de la ficine.....	22
5.1 Mesure du pH.....	22
5.2 Mesure de la teneur en matière sèche.....	22
6. Essai de fabrication d'un fromage frais	22
6.1 Préparation du lait	22
6.2 emprésurage – coagulation	23
6.3 Egouttage et salage.....	23
6.4 Conservation.....	23
7. Caractérisation physico-chimiques du fromage frais	24
7.1 Détermination du poids	24
7.2 Rendement fromager	24
7.3 Détermination du pH.....	24
7.4 Détermination du taux de matière grasse	24
7.5 Détermination du taux de matière sèche	24
7.6 Détermination de l'acidité titrable	24
7.7 Détermination du taux d'humidité	25
8. Analyse sensorielle du fromage frais	25

Résultats et discussion

1. Caractéristiques physico-chimiques du lait cru de vache.....	26
2. Caractéristiques physicochimiques de l'extrait enzymatique.....	26
3. Caractérisation physico-chimique des fromages frais	27
4. Résultats de l'analyse sensorielle du fromage fabriqué	30

Conclusion

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des tableaux

Tableau I :La production des figues en tonnes des principaux pays dans le monde.	6
Tableau II :Composition moyenne du lait de vache (g/l)	10
Tableau III: Composition moyenne d'un fromage frais pour 100g.	13
Tableau IV: Les opérations appliquées pour le traitement thermique.....	13
Tableau V :Différents ateliers de LFB	17
Tableau VI: Analyses physicochimiques du lait cru	21
Tableau VII:Caractéristiques physicochimiques du lait de vache.	26
Tableau VIII: Caractéristiques de l'extrait brut du latex de Ficus carica.	27
Tableau IX: Rendement fromager.	27
Tableau X : Résultats du pH des fromagesfabriqués.	28
Tableau XI: Résultats de l'EST des fromages fabriqués.	29
Tableau XII: Résultats de MG des fromages fabriqués.	30

Figure 01: photo d'un figuier (photo prise à Lakhdaria, Bouira)	3
Figure 02: Micelle et submicelles de caséine (Vignola., 2002).	12
Figure 03: logo du laLAITERIE FROMAGERIE BOUDOUAOU.....	17
Figure 04 : Organigramme de l'unité LFB.....	16
Figure 05: collecte du latex (photo prise à Lakhdaria Bouira).....	19
Figure 06: Diagramme de l'extraction de l'extrait brut de la ficine.....	19
Figure 07: Diagramme de la fabrication du fromage frais	23
Figure 08: Variation du pH des fromages fabriqués.	28
Figure 09: variation de l'extrait sec total des fromages fabriqués.....	29
Figure 10: variation de matière grasse des fromages fabriqués.	30
Figure 11: profile sensorielle des deux fromages fabriqués.....	31

Liste des annexes

Annexe 01 : Récupération du latex du figuier <i>Ficus carica</i> L.....	42
Annexe 02 : Extraction de ficine par la méthode de centrifugation.....	42
Annexe 03 : Les analyses physico-chimiques du lait cru.....	43
Annexe 04 : Les étapes de fabrication du fromage frais j'ben à base de lait cru coagulé par l'extrait brut de la ficine.....	46
Annexe 05 : Les analyses physico-chimiques du fromage fabriqué.....	46
Annexe 06 : Fiche de dégustation.....	48
Annexe 07 : Présentation des produits (fromage A et B).....	51
Annexe 08 : Résultats statistiques des fromages fabriqués.....	51
Annexe 09 : Résultats du choix préférentiel des fromages produits.....	59

Liste des abréviations

AFNOR: Association Française de Normalisation.

Cys: cystéine.

D°: Degré Dornic.

DSA: Direction des Services Agricole.

EST: Extrait sec total.

FAO: organization des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.

g: gramme

H (%): Humidité

His: Histidine.

KDa: Kilo dalton.

LFB: Laiterie Fromagerie De Boudouaou.

MG: Matière grasse.

ml: milli litre.

MS: Matière sèche.

ONALAIT: Office national du lait.

ORLAC: Office régional du lait et des produits laitiers du centre.

Rdt: Rendement.

pH : Potentiel hydrogène.

T: Température

La fabrication du fromage est apparue il y a 8000 ans, peu après la domestication des animaux. L'intérêt majeur de la transformation du lait en fromage était de conserver les principaux constituants du lait. Aujourd'hui, il s'agit plutôt d'un aliment, possédant des qualités nutritionnelles indéniables (**Jeantet et al., 2017**).

La coagulation du lait est l'étape clé de la réussite des préparations fromagères, il apporte des modifications physico-chimiques intervenant sur les micelles des caséines, d'où la formation d'un gel qui diffère selon la nature de l'agent coagulant et le type de fromage fabriqué (**Muehlhoff et al., 2013, Dahou et al., 2021**).

Concernant les agents coagulants, la quantité de présure de veau disponible est devenue insuffisante du fait de l'augmentation de la production mondiale de fromage : le besoin des coagulants de remplacement s'est fait sentir dès le début des années 1990. De nombreux substituts d'origine variable ont été proposés, animale, microbienne ou végétale tel que la ficine (**Ernesrom, 1997**).

La Ficine, est le nom donné pour l'enzyme protéolytique, isolée à partir de latex du figuier *Ficus carica* L. elle appartient à la famille des protéases à cystéine et considérée parmi les succédanés de présures (**Azarkan et al., 2011**).

L'usage de la ficine est très diversifié. En effet, elle est employée depuis les périodes antiques pour la fabrication des fromages ou comme un antihelminthique (**Feijoo-siota et al., 2011**). La ficine est aussi utilisée dans l'industrie agroalimentaire pour l'attendrissement des viandes (**Grzonka et al., 2007**). Traditionnellement, dans les montagnes d'Algérie, particulièrement en Kabylie, la protéase du figuier (ficine brute) est utilisée comme agent coagulant pour la préparation d'un fromage connu sous le nom *AGUGLI*.

Plusieurs travaux de recherche ont été réalisés pour la caractérisation de protéase à cystéine « la ficine » de l'espèce *Ficus carica* L. pour l'étude de la possibilité de son emploi comme succédané de la présure dans l'industrie fromagère. Parmi ces travaux on cite "Caractérisation d'un fromage frais "Agougli" fabriqué à partir du lait de chèvre coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L. " de **Hamer Lain et Zoubiri, (2018)** qui explique la possibilité de son emploi comme succédané de présure dans l'industrie fromagère pour fabriquer le fromage frais "Agougli. Le travail de **Bouacherine et Ouchene, (2017)** sur la " Valorisation d'un savoir-faire Kabyle pour son application industriel: Caractérisation d'un fromage à pâte molle fabriqué à partir du lait de vache coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L." qui a pour but la valorisation du savoir-faire ancestrale comme pratiques traditionnelles des pasteurs Kabyles qui fabriquaient leur fromage frais sur place durant le pâturage en utilisant le lait de vache.

Dans ce travail nous avons réalisé un essai de fabrication et caractérisation d'un fromage frais type « j'ben » de la laiterie de Boudouaou, à base du lait de vache coagulé avec la protéase de la variété bifère type ' Bakkour' du figuier *Ficus carica L.* afin d'élargir le spectre de l'utilisation de la ficine comme succédané de la présure.

Ce travail est divisé en deux parties. La première porte sur une synthèse bibliographique sur la problématique de notre thème et la seconde partie est de l'ordre pratique, elle se divise en deux sections, à savoir matériel et méthodes et discussion des résultats aboutissant à une conclusion et des perspectives pour de futurs travaux sur la thématique.

Dans la partie bibliographie, nous avons apporté des informations sur l'aspect général du figuier, la ficine et son mode d'action, et la technologie de fabrication de fromages frais j'ben.

Pour la partie pratique, nous avons expliqué le procédé de la collecte des matières premières (latex de figuier) et l'extraction de la ficine, et les étapes suivies pour l'élaboration d'un fromage frais a base du lait de vache coagulé avec l'enzyme de *Ficus carica L.* suivi de sa caractérisation physico-chimiques et sensorielle sous forme de résultats obtenus et discussion. L'étude est finalisée par une conclusion générale avec et les perspectives.

I. Généralités sur le figuier

I.1 Définition du figuier

Le figuier appartient, à la famille des Moracées, caractérisé par la présence du latex blanc comme sève élaborée sur toutes ses parties. Parmi les 700 espèces que compte le genre *Ficus*, le figuier (*Ficus carica* L.).

Le seul qui soit cultivé en zone tempérée, tous les autres *Ficus* poussent en zones tropicale ou subtropicales (*Baud, 2008*).



Figure 01: photo d'un figuier (photo prise à Lakhdaria, Bouira).

Du point de vue systématique, La classification botanique du figuier selon **Gaussen et al, (1982)** est comme suit :

- ♣ Règne : végétal.
- ♣ Embranchement : Phanérogames.
- ♣ Sous embranchement : Angiospermes.
- ♣ Classe : Dicotylédones.
- ♣ Sous classe : Hamamélidées.
- ♣ Série : Apétales unisexuées.
- ♣ Ordre : Urticales.
- ♣ Famille : Moracées.
- ♣ Genre : *Ficus*.
- ♣ Espèce : *Ficus carica* L.

Le figuier existait déjà aux ères tertiaire et au quaternaire, né dans l'est du bassin méditerranéen, dont il en a colonisé le pourtour, de la mer Caspienne jusqu'aux îles Canaries avant d'être domestiqué il y a plus de 10 000 ans. La récente découverte, en 2006, de fruits dans les couches fossilifères de plusieurs sites du Néolithique, dans la vallée de Jourdain, au Proche-Orient, fait du figuier le premier arbre domestiqué par l'homme avant les céréales et les premiers légumes (**Baud, 2008**).

I.2 Caractéristique morphologique

Le figuier possède une grande capacité d'adaptation à différents climats ce qui a permis d'engendrer plusieurs types de variétés avec des aspects et des morphologies différentes. Dans nos conditions, le figuier est un arbre à feuilles caduques qui tombent en hiver, période de repos végétatif. Il possède des rameaux couverts d'écorce fine non rugueuse qui tourne avec l'âge de vert à blanc ou gris pâle (**Giraldo, 2009**). L'arbre contient un jus laiteux, aigre et gommeux nommé le latex, qui contient des enzymes protéolytiques comme la Ficine et qui provoque une irritation au contact de la peau. Le latex est considéré comme un métabolite secondaire et jouerait un rôle de défense contre les agressions externes. Le système racinaire est peu profond et très dispersé, 80% se rencontre à 45 cm de profondeur (**Flores, 1990**) et peut atteindre 11 à 15 mètres de largeur. A partir de 3 ans, l'arbre présente une excroissance ou une protubérance sphérique ou allongée formée à partir de jeunes bourgeons au repos et situés près des cicatrices nodales (**Ferguson, 1990**).

I.2.1 Rameaux fructifères

Le rameau est constitué d'un ensemble d'entre nœuds. Chaque nœud constitue le point d'insertion d'une feuille et des bourgeons axillaires. Leur disposition alternée, rarement opposée sur le rameau, est une spécificité de la famille des Moracées (**Vidaud, 1997**).

I.2.2 Bourgeon

Le figuier est constitué d'un bourgeon terminal, ce dernier est constitué de deux stipules correspondant à la dernière feuille mise en place, dans ce bourgeon se trouve entre 9 et 11 ébauches de feuilles avec leurs stipules (**Vidaud, 1997**).

I.2.3 Feuille

Les feuilles du figuier sont caduques, alternes, palmatilobées, avec 3 à 7 lobes sinués-dentés, elles sont vert-clair à vert foncé, épaisses, dotées d'un solide pétiole et son parfum particulier. Leur face supérieure est sombre et rugueuse au toucher, alors que leur face

inférieure est claire, pubescente et à nervation plus apparente. Les poils sont crochus, éparses ou denses; les feuilles, les rameaux et les fruits immatures renferment un suc laiteux caustique, allergisant et riche en ficine, appelé le latex (**Gerber, 2010**).

I.2.4 Inflorescence et la fleur

L'inflorescence du figuier est appelée sycone, elle renferme des fleurs unisexuelles hors de vue et groupées à l'intérieur qui, après caprification dans le cas des fleurs femelles vont devenir des akènes qui représentent les fruits du figuier. Par contre les fleurs mâles hébergent l'insecte appelé le blastophage responsable de la pollinisation du figuier (**Mazri, 2001**).

I.2.5 Fruit

La figue appelée fruit n'est à vrai dire qu'une inflorescence qui renferme plusieurs fruits appelés akènes, dont la forme et le poids varient selon la variété. Elle est composée d'une peau externe colorée et une partie interne charnue qui contient des fleurs; dans le cas de figues non fécondées, un liquide appelé latex riche en protéase et lipase est retrouvé, ces deux constituants représentent 10 et 20 % du poids du fruit (**Ouaouich et al., 2005**).

I.2.6 Latex

Dans toutes les parties du figuier, circule une sève blanche laiteuse, le latex à caractère irritant pour la peau à cause de son contenu enzymatique essentiellement constitué d'une protéase appelée « ficine » (**Chawla et al., 2012**).

Le latex est constitué de caoutchouc, de résine, d'albumine, de sucre, d'acide malique, d'enzymes protéolytiques (diastase, estérase, lipase), de catalase et la peroxydase (**Baby et Raj, 2011**).

Traditionnellement, il est utilisé dans le traitement de la goutte, des ulcères et des verrues (**Oliveir et al., 2010**).

I.3 Production du figuier

I.3.1 Dans le monde

L'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (**FAO**) en 2016 a estimé la superficie figuicole totale dans le monde à 308.460 ha, avec une production de 1.050.459 t (**FAO STAT, 2018**).

Les producteurs majeurs sont la Turquie avec 29,16% de la production mondiale, suivie par l'Egypte avec 16% et l'Algérie avec 12,58% (**FAO, 2016**).

Tableau I: La production de figes en tonnes des principaux pays producteurs dans le monde.

Pays	Production (tonnes)
Turquie	305 450
Egypte	167 622
Algérie	131 798
Iran	70 178
Maroc	59 881
Syrie	43 098
USA	31 600
Brésil	26 910
Espagne	25 224
Tunisie	22 500

FAO, (2016)

I.3.2 En Algérie

La production de la figue en Algérie (troisième producteur mondial) se réduit principalement à la région du nord, en particulier la wilaya de Bejaia et Tizi-Ouzou (DSA, 2017).

I.4 Composition phytochimique

La recherche phytochimique menée sur *Ficus carica* L. a conduit à l'isolement des phytostérols, des anthocyanes, des acides aminés, des acides organiques, des acides gras, de composants phénoliques, d'hydrocarbures, d'alcools aliphatiques, de composants volatils.

La plupart de ces substances phytochimiques se trouvent dans le latex suivi des feuilles, fruits et racines. Certains phytoconstituants de *Ficus carica* sont utilisés dans la production de crème solaire et de colorants (Chawla *et al.*, 2012). En plus de ceux-ci, *Ficus carica* a également des propriétés pharmacologiques remarquables grâce à ses antioxydants qui ont des effets anticancéreux, cytotoxiques, anti-inflammatoires et hypolipidémiants (Badgujar *et al.*, 2014)

I.5 Système enzymatique

Le latex de figuier est une source riche en enzymes hydrolytiques. Dix composants enzymatiques protéolytiques ont été rapportés à partir du latex, (Sgariberi *et al.*, 1964). Deux

composants enzymatique protéolytiques sont caractérisés et désignés par C et D (**Kramer et Whitaker, 1969**). La ficine S est un exemple d'une protéinase contenant du sucre qui a été bien caractérisé à partir du latex de *Ficus carica* (**Sugiura et Sasaki, 1974**). Le latex du figuier *Ficus carica* est composé de plusieurs autres enzymes à savoir la rénine, la protéase, la catalase, la diastase, l'estérase et peroxydase (**Khare, 2004**).

En outre, le figuier contient des quantités importantes d'enzymes et d'antioxydants telles que polyphénols oxydase, catalase, peroxydase, superoxyde dismutase, glutathion-S transférase, glutathion peroxydase et glutathion réductase (**Hossein et Ilghar, 2011; Vijayakumari et al., 2012**).

II. Ficine

La Ficine ou ficain est l'une des protéases d'origine végétale les plus prometteuses avec un poids moléculaire de 23,1 kDa, qui se trouve dans le latex des figuiers (*Ficus carica* L.). Elle appartient au groupe des endopeptidases à cystéine (Cys), elle est composée de 210 résidus d'acides aminés avec deux typique de son action sur les caséines de lait ; la cystéine (Cys-25) et l'histidine (His-159), bromélaïne, calpaïne, cathepsine B et chymopapaïne. Sa concentration dans une figue verte pesant 10-15 g est de l'ordre de 100 à 150 mg (**Singleton et Butt, 2013 ; Gagaoua et al., 2014 ; Katsaros et al., 2009**).

Actuellement, seulement trois fragments de ficine ont été étudiés : un fragment autour du site catalytique Cys, un fragment catalytique autour de His et le fragment N-terminal.

La séquence d'acides aminés déterminée pour les résidus du site actif ressemble de près à la séquence correspondante dans la papaïne (**Milošević et al., 2019**).

Cette protéase végétale peut être utilisée pour la coagulation du lait et l'hydrolyse des protéines (**Siar et al., 2020**).

Plusieurs études ont été menées sur la purification et la caractérisation biochimique de la ficine, cependant, très peu de références sont disponibles sur les aspects structurels de la ficine jusqu'à ce jour par rapport à la papaïne, ainsi que d'autres protéases à cystéine.

L'activité optimale de la ficine est à pH 7 et son inactivation complète à pH 3, ceci implique qu'il est sans danger pour le tractus gastro-intestinal humain; de plus, il est métabolisé avec d'autres protéines dans les aliments après avoir été hydrolysé. Parmi les protéases similaires, la ficine a la température d'inactivation la plus basse (70°C) (**Devaraj et al., 2008**).

II.1 Utilisation de la ficine

Les protéases végétales ont été employées depuis les périodes antiques, il est indiqué que le latex du figuier est utilisé pour la fabrication du fromage, dans le secteur de la brasserie afin d'obtenir de bonnes propriétés colloïdales à de basses températures, ou dans le domaine pharmaceutique. La ficine est aussi utilisée pour l'attendrissement de la viande (**Gaussen et al., 1982**).

Les enzymes protéolytiques sont connus pour augmenter la tendreté de la viande lorsqu'ils sont correctement utilisés, la tendreté produite par ces enzymes est sans aucun doute le résultat de dégradation des protéines; pourtant il y a relativement peu d'informations disponibles concernant la fraction de viande changée pendant l'attendrissement enzymatique (**Wangetal, 1957**).

En Italie, la ficine est utilisée pour la fabrication d'un fromage traditionnel *Le Cacioricotta* (**Siar, 2014**).

Selon **Oner et Akar, (1993)**, la ficine peut remplacer avec succès la chymosine dans la fabrication de fromage Gaziantep. Traditionnellement, dans les montagnes d'Algérie, particulièrement en Kabylie, le latex de figuier est utilisé comme agent coagulant pour la préparation d'un fromage connu sous le nom *AGUGLI* ou *IGUISSI* selon la région.

II.2 Mécanisme d'action de la Ficine

La ficine a une large spécificité pour l'hydrolyse des liaisons contenant des acides aminés non chargés, aromatiques et/ou hydrophobes, le mécanisme d'action de la ficine est similaire à celui de la chymosine, la phase primaire ou enzymatique correspond à une attaque de l'enzyme sur la composante qui stabilise la micelle, c'est-à-dire que l'enzyme hydrolyse la caséine- κ au niveau de la liaison Phe105-Met106, la chaîne peptidique se trouve ainsi coupée en deux segments inégaux : le segment 1-105 est la Para-Caséine-Kappa ou PCK et le segment 106-169, le Caséino macro peptide ou CMP. La PCK liée aux caséines α et β reste intégrée à la micelle hydrophobe et le CMP contenant tous les glucides est libéré et passe dans le lactosérum. Lors de la libération du CMP, il se produit une diminution importante de la charge électrique des micelles et de leur degré d'hydratation : deux facteurs de stabilité se trouvent ainsi atteints.

Lors de la phase secondaire dite "agglomération", les micelles déstabilisées peuvent se rapprocher et former des liens hydrophobes. Les ions calcium s'unissent à la partie chargée

négalement des micelles, diminuant ainsi les répulsions électrostatiques auxquelles elles sont soumises et favoriseraient ainsi leur agrégation (Maamar et Zaidi, 2019).

III. Lait et fabrication du fromage frais

III.1 Définition du lait cru

Le lait est un liquide blanc, opaque, de saveur légèrement sucrée, constituant un aliment complet et équilibré, sécrété par les glandes mammaires de la femme et par celles des mammifères femelles pour la nutrition des nouveaux nés.

Le lait cru est un lait qui n'a subi aucun traitement de conservation sauf la réfrigération à la ferme, la date limite de vente correspond au lendemain du jour de la traite, il doit être porté à ébullition avant consommation (car il contient des germes pathogènes) (Alais, 1984).

III.2 Composition chimique

Le lait est un aliment complet des mammifères, il constitue une source nutritionnelle et énergétique importante. En effet, il contient des protéines de haute qualité et des matières grasses. L'eau est la composante majeure (88%) du lait. Le tableau II résume les différents constituants du lait de vache.

Tableau II : Composition moyenne du lait de vache (g/l).

Constituant du lait	Teneur en g/l
Eau	90,2
Sels	9
Glucides (Lactose)	49
Matière grasse	39
Lipides	38
Phospholipides	0,5
Composés liposolubles	0,5
Protéines	32,7
Caséines	28
Protéines dites solubles	4,7
Constituants azotés non protéique	0,3
Autres constituants (Vitamine, gaz dissous, enzymes)	Traces

Mathieu, (1998).

III.4.1 Eau

L'eau représente environ 81 à 87% du volume du lait selon la race de l'animale. Elle se trouve sous deux formes : libre (96 % de la totalité) et liée à la matière sèche (4 % de la totalité) (**Ramet, 1985**).

III.4.2 Matière grasse

Elle est présente dans le lait sous forme de globules gras de dimension de 0,1 à 10 μm . Essentiellement constituée de triglycérides (98%), phospholipides (1%) et d'une fraction insaponifiable (1%) composée en grande partie de cholestérol et de β -carotène. Elle est constituée de 65% d'acides gras saturés et de 35% d'acide gras insaturés (3% d'acides gras polyinsaturés) (**Vignola, 2002**).

III.4.3 Glucides

Le sucre le plus abondant du lait est le lactose. C'est le constituant majeur de la matière sèche du lait (environ 40 %). C'est un disaccharide qui joue un rôle important, car il est fermenté lors de fabrication de divers produits laitiers (**Mahaut et al., 2000**).

III.4.4 Vitamines

Le lait ne permet pas de satisfaire tous les besoins vitaminiques, ce sont surtout les vitamines A, B1 et B2 qui constituent leur valeur nutritive (**Huppertz et al., 2006**).

III.4.5 Minéraux

Le lait contient des quantités importantes de différents minéraux. Les principaux sont : calcium, magnésium, sodium et potassium pour les cations et le phosphate (**Gaucheron, 2004**).

III.4.6 Protéines

Selon **Jeantet et al., (2007)**, le lait de vache contient 3,2 à 3,5 % de protéines réparties en deux fractions distinctes :

- ♣ Les caséines qui précipitent à pH 4,6, représentent 80 % des protéines totales.
- ♣ Les protéines sériques solubles à pH 4,6, représentent 20 % des protéines totales.

III.4.6.1 Protéines de sérum

Les protéines de sérum représentent environ 20 % des protéines totales. Elles se trouvent sous forme de solution colloïdale. Les deux principales sont la β -lactoglobuline et l' α -lacto globuline les autres protéines du sérum sont des immunoglobulines. En plus de ces protéines, des enzymes sont présentes dans le sérum (**Huppertz et al., 2006**).

III.4.6.2 Caséines

Jean Et Dijon, (1993) rapportent que la caséine est un polypeptide complexe, résultat de la polycondensation de différents aminoacides, dont les principaux sont la leucine, la proline, l'acide glutamique et la sérine. Le caséinate de calcium, de masse molaire qui peut atteindre 56000 g/mol, forme une dispersion colloïdale dans le lait.

La phase micellaire de la caséine a un diamètre de l'ordre de 0,1 μm (**Figure 02**).

Elle contient environ 92 à 93% de protéines et 8% de minéraux, la partie minérale de la micelle comporte 90% de phosphate de calcium et 10% d'ions citrate et de magnésium (2,9 % de Ca, 0,1% de Mg, 4,3% d'ions phosphate, 0,5% d'ions citrate) (**Cayot Et Lorient, 1998**).

La présence de phosphate de calcium lié à la caséine est l'une des forces responsables de la stabilité de la structure des micelles de caséine (**Marchin, 2007**).

Une propriété importante des micelles est de pouvoir être déstabilisé par voie acide ou par voie enzymatique et de permettre la coagulation. Elle constitue le fondement de la transformation du lait en fromage et en laits fermentés (Ramet, 1985).

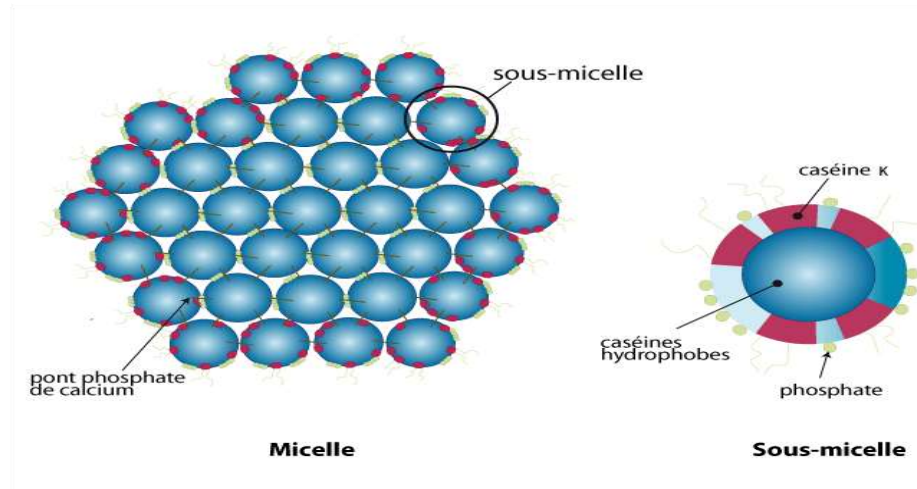


Figure 02: Micelle et submicelles de caséine (Vignola., 2002).

III.3 Fromage

III.3.1 Définition

Le fromage est le produit affiné ou non, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dont le ratio protéines sériques/caséines n'est pas supérieur à celui du lait, selon la norme (Codex STAN 283 -1978). Il est obtenu par :

- ♣ La coagulation totale ou partielle de la protéine du lait par l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés.
- ♣ Les techniques de traitement impliquant la coagulation de la protéine du lait et / ou les produits obtenus à partir de lait qui donnent un produit final ayant des propriétés physiques, des caractéristiques chimiques et organoleptiques du produit obtenu par la coagulation (Muehlhoff *et al.*, 2013).

III.3.2 Généralité sur le fromage frais

Les fromages frais sont des fromages à égouttage lent, fabriqués à partir de laits ou de crèmes propres à la consommation humaine. Ils résultent de la coagulation à prédominance lactique du lait, combinant souvent l'action des ferments lactiques à celle de la présure.

Ces fromages se caractérisent par l'absence d'affinage après les étapes d'égouttage et de moulage. Tous les fromages frais ont une DLC de 24 jours (**Mahaut *et al.*, 2000 ; Luquet et Corrieu, 2005**).

Les fromages frais sont très riches en eau environ 80% d'eau. Ils bénéficient d'une composition assez proche de celle du lait, mais l'égouttage modifie leur contenance en nutriments. Le tableau III, représente la composition moyenne d'un fromage frais pour 100 g.

Tableau III: Composition moyenne d'un fromage frais pour 100g.

Constituants	Fromage frais
Eau (g)	80
Glucides (g)	4
Lipides (g)	7.5
Protéines (g)	8.5
Calcium (mg)	100
Sodium (mg)	40
Vitamines A (UI)	170

(**Eck et Gillis, 2006**).

III.3.3 Fabrication du fromage frais

III.3.3.1 Préparation du lait

Avant d'utiliser du lait de vache dans la fabrication de fromage frais, le lait suit un parcours bien précis. Le tableau IV présente les opérations pour le traitement thermique du lait.

Tableau IV: Les opérations appliquées pour le traitement thermique du lait de vache.

Les opérations	L'application
Filtration et refroidissement	Le lait est filtré par un filtre qui retient les impuretés du lait, puis refroidi à 4°C pour maintenir la qualité du lait et ralentir la prolifération d'espèces bactériennes. le lait est stocké au maximum pendant 18 à 24 heures/4°C (Dossou <i>et al.</i>, 2006).
Chauffage	Le lait est chauffé à une température de 60 à 65°C pour réduire le nombre des germes totaux (Vignola, 2002).

Pasteurisation	Traitement thermique à 95 °C pendant 1 à 5 mn, afin d'améliorer la qualité technologique et hygiénique du lait par la destruction des germes hétéro fermentaires indésirables et pathogènes (Mahaut et al., 2000).
-----------------------	---

III.3.3.2 Coagulation

Est l'étape durant laquelle le lait passe de l'état liquide à l'état solide en formant un gel. La coagulation du lait peut se faire selon deux voies :

a. Coagulation par voie acide

Elle consiste à précipiter les caséines à leur point isoélectrique ($pH_i=4,6$) par acidification biologique à l'aide de bactéries productrices d'acide lactique (bactéries lactique contaminant à l'état naturel le lait ou apportées sous forme de levains) (**Mahaut et al., 2005**).

b. Coagulation enzymatique

Elle est obtenue par l'hydrolyse des caséines par des enzymes protéolytiques de diverses origines. Certaines sont d'origine animale comme la présure (composée de 80% de chymosine et 20% de pepsine), d'origine végétale (*ficine, papaïne*), ou microbienne (*Mucor pusillus, d'Endothia parasitica*) (**Bendimerad, 2013**).

III.3.3.3 Egouttage

Se traduit par une élimination progressive du lactosérum qui s'accompagne d'une rétraction et d'un durcissement corrélatif du gel. Il s'agit donc d'une phase essentielle qui conditionne directement la composition du fromage (**Eck et Gillis, 1997**).

III.3.3.4 Salage

Le fromage frais est salé par immersion dans un bain de saumures (eau+sel) à 22% (**Tunick, 2014**).

Le sel règle l'activité de l'eau et favorise ou freine le développement des microorganismes tout en régulant les activités enzymatiques, ainsi il révèle la saveur propre du fromage en influençant le goût et en renforçant les arômes (**Fredot, 2005**).

III.3.3.5 Conservation

La conservation du fromage se fait avec l'utilisation normale du froid qui consiste à limiter et même si possible annuler l'évolution des produits, en les maintenant à généralement des températures comprises entre 0°C et +2°C (**Dossou *et al.*, 2006**).

1. Objectif

L'objectif de ce travail consiste en l'exploitation de la ficine végétale de *Ficus carica* L. dans la transformation des produits laitiers en particulier la fabrication d'un fromage frais type j'ben de la laiterie de Boudouaou (Boumerdes) à base de lait de vache. Le produit obtenu a fait objet d'une étude comparative avec le j'ben obtenu avec la présure commerciale à travers des analyses physico-chimique et sensorielles. Pour parvenir à ces objectifs nous avons procédé comme suit :

- ♣ Récupération de la matière première : le latex.
- ♣ Extraction de la ficine de la variété Bakkour (bifère) de *Ficus carica* L. et l'étude de quelques caractéristiques physico-chimique de l'extrait.
- ♣ Utilisation de l'extrait enzymatique dans la fabrication de fromage frais j'ben.
- ♣ Caractérisation physicochimique des fromages fabriqués.
- ♣ Analyse sensorielle et détermination du profil sensoriel des fromages obtenus.

2.1 Lieu de l'étude

En premier lieu nous avons procédé à la récupération de la matière végétale à Bouderbala, (Lakhdaria) dans la wilaya de Bouira.

L'extraction de la ficine a été réalisée au niveau du laboratoire de la faculté des sciences de nature et de vie de l'université Akli Mohand Oulhadj de Bouira.

La fabrication de notre matrice alimentaire a été réalisée dans le laboratoire d'analyse et contrôle de qualité de la laiterie fromagerie de Boudouaou (LFB). Durant une période qui s'est étalée du mois de mars jusqu'au mois de mai. La laiterie fromagerie « LFB » est opérationnelle depuis l'année 1978 sous une ancienne appellation « ONALAIT », elle était connue depuis longtemps sous le nom « ORLAC ». Elle a été filialisée en 1997 avec un capital social de 200.000.000 DA. Elle appartient au groupe industriel de la production laitière Giplait. L'unité est localisée à environ 35 km à l'est d'Alger, sa surface totale est de 7,78 ha et la surface construite est de 2 ha. L'activité principale est la production et la commercialisation du lait et produits laitiers. L'unité possède plusieurs ateliers selon le type de production (tableau V) et ses ressources humaines travaillent sous la hiérarchie d'une administration selon la figure 4.



Figure 03: logo du la LAITERIE FROMAGERIE BOUDOUAOU.

Tableau V: Différents ateliers de LFB.

Les ateliers	Type de production
Laiterie	Lait pasteurisé L'BEN Lait recombinaé
Fromagerie	Fromage rouge Edam en bloc
Atelier de fromagerie fondu	16 portions 08 portions Boite en métal de 200 g
Poudre de lait	Poudre de lait écrémaé 250g Poudre de lait écrémaé 19 g

Organisation générales de l'unité

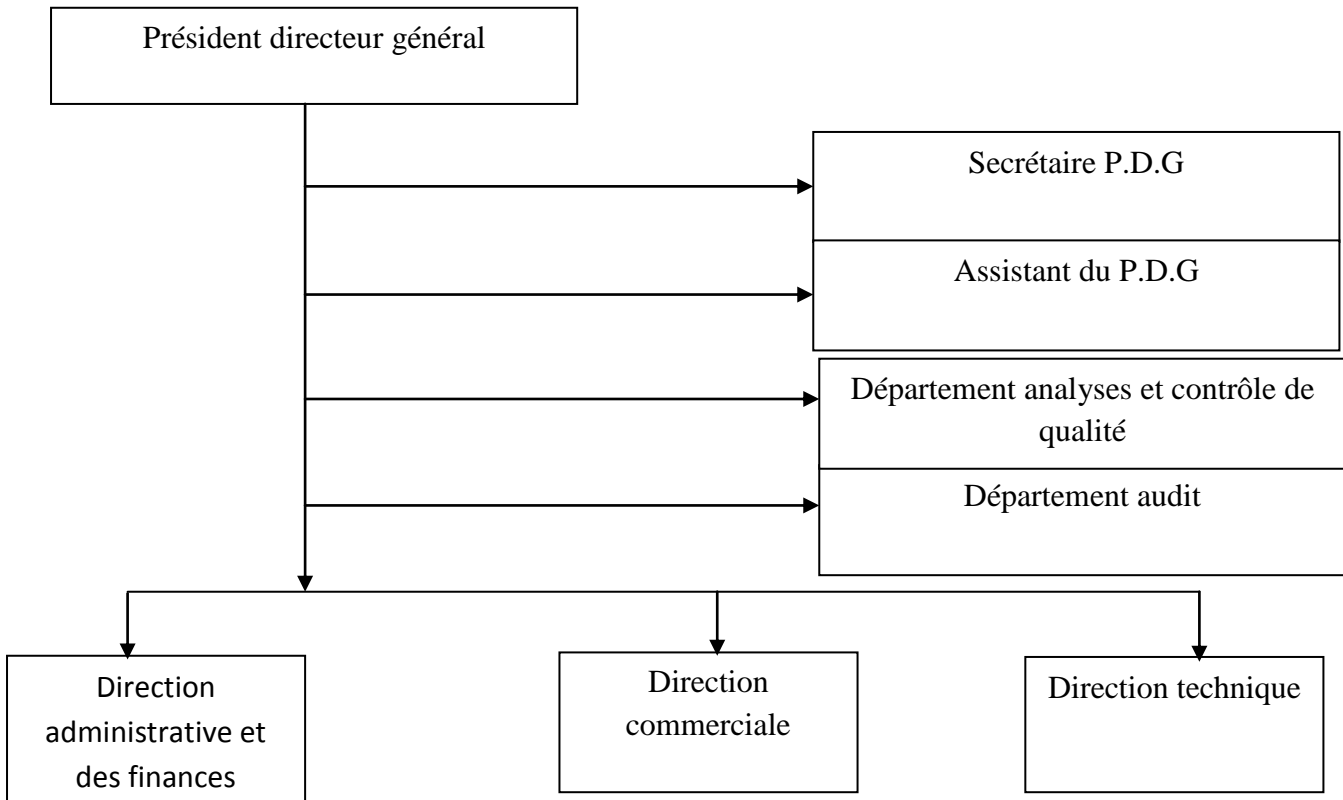


Figure 04 : Organigramme de l'unité LFB.

3. Matières premières

3.1 Lait

Pour cette étude le lait utilisé est le lait cru collecté dans la région de Médéa, pasteurisé à température 90 °C pendant 15 seconds, puis conditionné et stocké à 4°C dans les tanks.

3.2 Récupération du latex

La matière première végétale utilisée dans cette étude est le latex du figuier (*Ficus carica* L.) qui est le liquide blanc visqueux, il circule dans tout le figuier (sève végétale). Le latex est récupéré durant la période allant du 22 au 24 avril 2022 dans la région de Bouderbala Lakhdaria (wilaya de Bouira), sur les sycones de la variété Bakkour. Le latex a été récupéré dans des eppendorfs propres de 1.5 ml (figure 05), à raison de 20 ml environ de volume totale, il est protégé de l'air pour prévenir l'oxydation des constituants. Une fois le latex récupéré il est conservé à une température de -20 °C jusqu'à son utilisation. Pour préserver la fraîcheur du latex lors de son acheminement au lieu d'extraction nous avons utilisé une glacière.



Figure 05: collecte du latex (photo prise à Bouderbala, Lakhdaria).

3.3 Procédé d'extraction de la ficine

Selon la figure 6, le latex est soumis à une centrifugation de 3200 g pendant 15 min à une température de 4 °C, ce qui a donné deux phases, une phase liquide qui est le surnageant qui contient l'extrait brut de l'enzyme et une phase solide (la gomme). Le surnageant récupéré qui correspond au système enzymatique qui fait objet de notre étude, a été conservé à une température de -18°C jusqu'à son utilisation (Annexe 02). La détermination du rendement en ficine est faite avec la formule suivant:

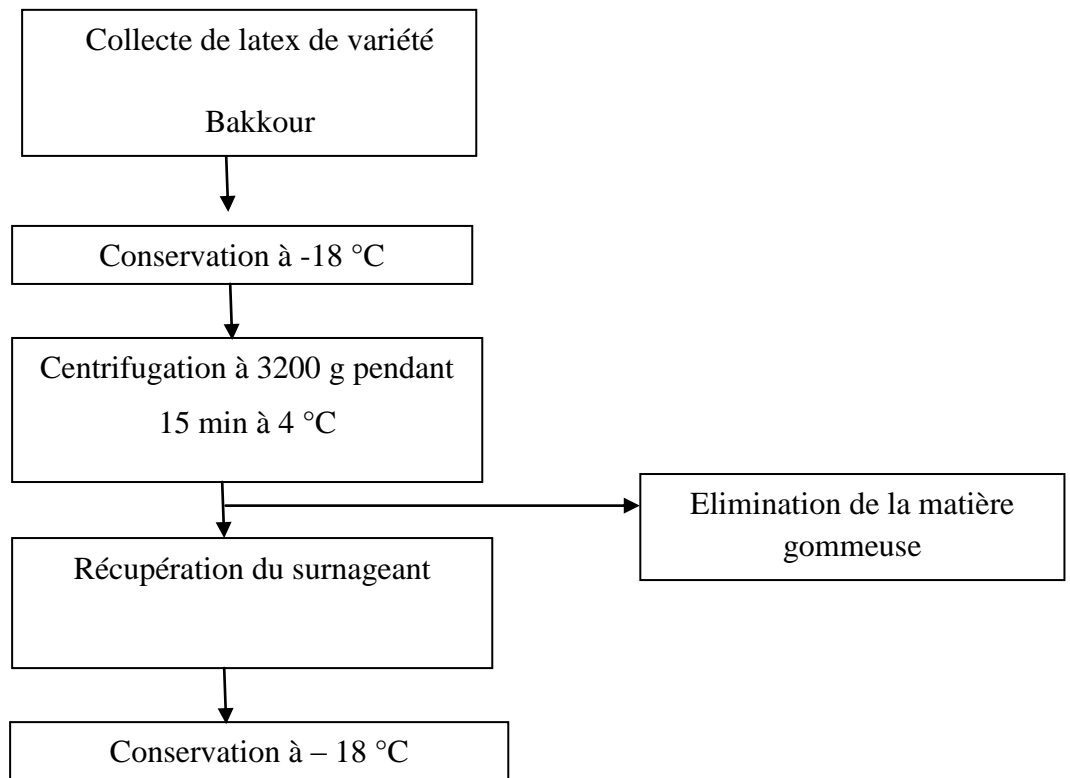


Figure 06: Diagramme de l'extraction de l'extrait brut de la ficine.

Pour calculer le rendement on utilise l'équation suivante :

$$\text{Rdt \%} = \frac{\text{extrait brute}}{\text{latex du figuier récupéré}} \times 100$$

4. Caractérisation physico-chimique du lait cru

Pour déterminer les caractéristiques physicochimiques du lait utilisé pour la fabrication des fromages de notre étude, nous avons recherchés les paramètres cités dans le tableau VI (Annexe 03).

Tableau VI: Analyses physicochimiques du lait cru.

Paramètre recherché	Méthode	Principe
pH	pH-mètre électronique	L'évolution de l'acidité ou l'alcalinité d'un lait ou encore l'activité des micro-organismes dans le lait se fait par l'introduction de la sonde du pH-mètre dans un bécher contenant l'échantillon de lait.
Densité (d)	Thermo-lactodensimètre	Immerger dans un volume de lait un lactodensimètre qui donne directement la densité du lait analysé, selon Mathieu (1998) , dans le cas où la température est différente de 20°C, la densité est ramenée à 20°C par la formule suivant: <ul style="list-style-type: none"> • Si la $T > 20^{\circ}\text{C} \rightarrow D = D^{\circ} + 0.2 (T - 20)$ • Si la $T < 20^{\circ}\text{C} \rightarrow D = D^{\circ} - 0.2 (T - 20)$
Acidité (D°)	Titrimétrie	Titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium (NaOH) en présence de phénolphaléine comme indicateur coloré (jusqu'au virage de la couleur en rose pâle)
Matière grasse (MG)	Acido-butyrométrique de Gerber (AFNOR, 1980)	Une attaque du lait par l'acide sulfurique et séparation par centrifugation en présence d'alcool isoamylique de la MG libérée (AFNOR, 1993)
Extrait sec total (EST)	Dessiccateur	La technique est basée sur l'évaporation de l'eau, sur une feuille d'aluminium à 95°C.
Extrait sec dégraissé (ESD)	$ESD = EST - MG$	
Les antibiotiques	Méta star combo	La détection des traces d'antibiotique se fait par l'utilisation de test méta star combo. On remplit le flacon par 1 ml de lait à analyser, qui est incubé à 47,5°C pendant 2 min puis on introduit la bandelette qui détecte trois types d'antibiotiques tétracycline, β-lactamine et un antibiotique témoin qui se manifeste par observation de trois traits rouge sur la bandelette.

5. Caractérisation de l'extrait brut de la ficine

5.1 Mesure du pH

Le potentiel hydrogène (pH) a été déterminé selon la méthode d'AFNOR (1980), directement en utilisant un pH-mètre électronique, qui affiche la valeur sur son écran après avoir plongé son électrode dans un bécher contenant la ficine. Cet appareil doit être étalonné avec deux solutions tampons à pH 7 et 4.

5.2 Mesure de la teneur en matière sèche

La détermination de la teneur en matière sèche se fait selon la norme AFNOR NF VO4-207. 1ml d'échantillon de variété de figuier est mis dans un verre de montre. Il est placé quelques minutes à l'étuve à 103°C pour que la masse obtenue soit constante et sèche. L'échantillon est ensuite séché dans un dessiccateur (Anonyme, 1993). Le pourcentage en matière sèche est alors déterminé par la relation :

$$MS (\%) = P \times 100 / P_i$$

P_i : poids initial en gramme, de la prise d'essai.

P : poids en gramme, de la prise d'essai séchée après passage dans l'étuve à 103°C ± 2°C.

A partir le taux de matières sèches, le taux d'humidité (H %) a été déterminé selon la formule suivante :

$$H (\%) = 100 - MS (\%)$$

6. Essai de fabrication d'un fromage frais

Nous avons utilisés 10 litres de lait de vache collectés dans la région de Médéa. 5 litres sont coagulés avec l'enzyme végétale du *Ficus carica L.* et les 5 autres sont coagulés avec la "présure" pour la fabrication de fromage frais j'ben (figure 07) (Annexe 04).

6.1 Préparation du lait

Le lait cru utilisé après la détermination de ses caractères physico-chimiques : pH, acidité, densité, matière grasse, extrait sec total, présence ou absence d'antibiotique. Ensuite, la pasteurisation du lait se fait à 90°C pendant 5min, ce traitement va permettre de réduire la flore banale et d'éliminer la flore pathogène, puis le laits est conditionné et stocké à 4°C dans des tanks.

Avant l'utilisation nous avons mis à chauffer ce lait dans un récipient jusqu'à 38°C pour la présure et à 45°C pour la ficine.

6.2 Emprésurage – coagulation

Pendant cette étape, le lait se coagule et se transforme en un gel homogène et lisse: le caillé, est obtenu avec l'ajout de 1 ml d'extrait brut de ficine et 0.1 g de présure, après une heure nous avons observé la coagulation complète du lait.

6.3 Egouttage et salage

Après la coagulation, le caillé a été transféré à l'aide d'une louche dans des passeroires couvertes d'un tissu perméable pendant 6 heures jusqu'à évacuation partielle du lactosérum, puis le sel est ajouté (5g de sel pour 400 g de fromage frais).

6.3 Conservation

Nous avons récupéré le fromage frais dans des boites en plastique, puis nous l'avons conservé au réfrigérateur à 4°C, jusqu'à son utilisation.

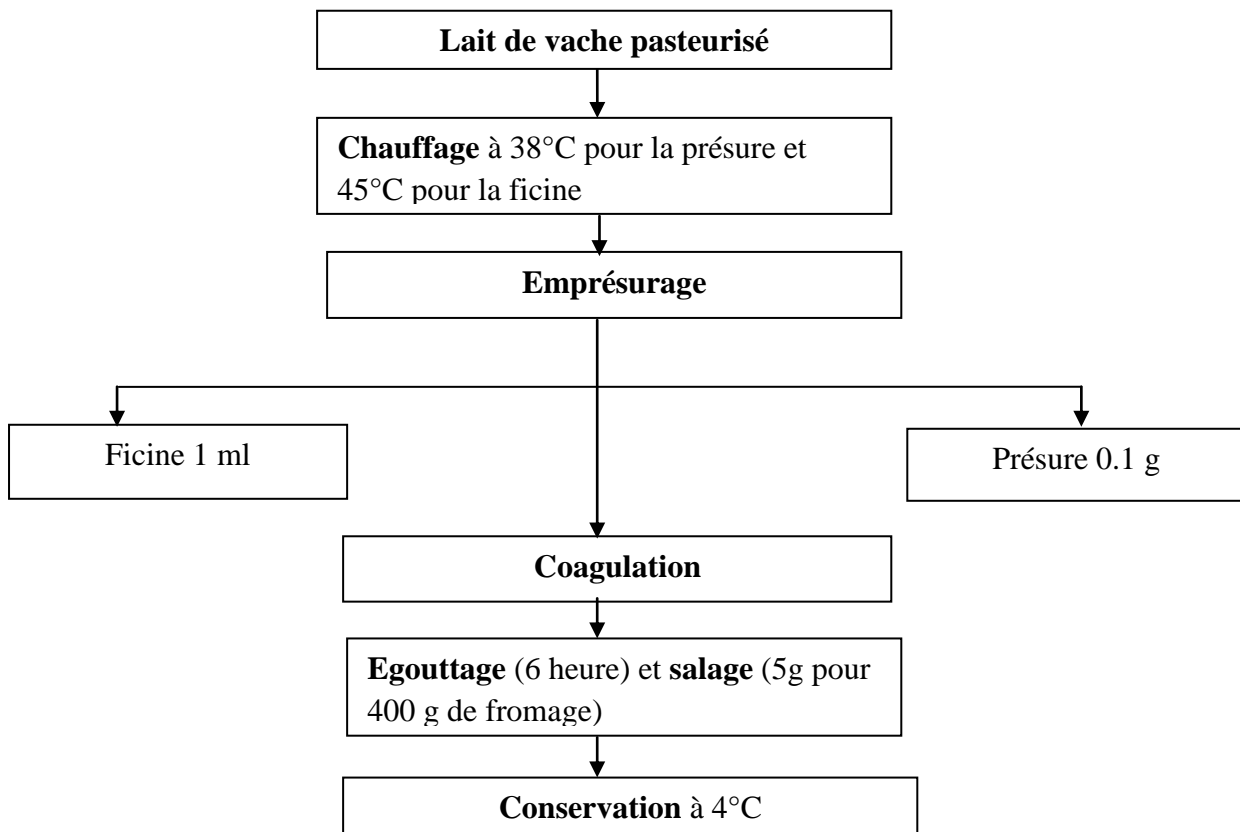


Figure 07: Diagramme de la fabrication du fromage frais.

7. Caractérisation physico-chimiques du fromage frais

7.1 Détermination du poids

Après égouttage, le fromage est mis dans des boîtes puis pesé à l'aide d'une balance électronique.

7.2 Rendement fromager

Le rendement fromager représente le pourcentage du poids total du fromage (kg) par rapport au poids initial du lait (kg) (**Libouga et al., 2006**).

Il est calculé comme suit:

$$R f (\%) = \frac{\text{Poids du fromage (kg)}}{\text{poids du lait (kg)}} \times 100$$

7.3 Détermination du pH

L'opération consiste à introduire directement l'électrode déjà étalonnée à l'aide de deux solutions tampons (pH 7 et pH 4), et on lit la valeur de pH stabilisée (Annexe 05).

7.4 Détermination du taux de matière grasse

On met dans le butyromètre 3g de fromage frais et on ajoute l'acide sulfurique de manière à ce qu'il couvre la masse de fromage, en faisant dissocier les protéines dans un bain marie à 70°C. Après dissociation complète, on ajoute 1 ml d'alcool isoamylique et on remplit la tige graduée par l'acide sulfurique; puis on centrifuge pendant 3 minutes. La lecture se fait directement sur butyromètre, le résultat est exprimé en g/l.

7.5 Détermination du taux de matière sèche

Avec une spatule, on étale 1.2 à 1.5 g de fromage sur une capsule d'aluminium et on le laisse évaporer dans un dessiccateur à 102°C, le résultat s'affiche sur l'appareil en pourcentage de l'extrait sec total.

7.6 Détermination de l'acidité titrable

250 ml d'eau distillée stérile chauffés à une température de 45°C sont ajoutés à 10 g de fromage. (Le mélange est bien homogénéisé). puis 10 ml de cette suspension est titrée par la soude N/9, en présence de phénolphtaléine. La phénolphtaléine indique la limite de la

neutralisation par changement de couleur (rose pâle). Le résultat est exprimé en degré Dornic par gramme de fromage (°D/g) (AFNOR, 1986).

7.7 Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité (Hm) est ensuite calculé selon la formule suivante (Quseam *et al.*, 2009).

$$\mathbf{Hm = 100 - EST}$$

8. Analyse sensorielle du fromage frais

Par définition, l'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens.

Les caractéristiques organoleptiques des fromages comportent : l'apparence, la texture, et l'ensemble des sensations olfacto-gustatives (soit les odeurs, les arômes, les saveurs et les sensations trigéminales).

L'aspect d'un fromage, sa couleur, son odeur, sa consistance, sa saveur, son arôme stimulant les sens ; de la vue, de l'ouïe, du toucher, de l'odorat et du goût et provoquent des réactions plus ou moins vives d'acceptation ou de rejet. Ce sont ces différentes propriétés des fromages qui ont été discutées pour une meilleure approche de la classification.

Les séances de dégustation de nos fromages frais j'ben ont été réalisées dans le but de comparer entre les deux fromages, dont le premier issu de la coagulation par la ficine et le second issu de la coagulation par la présure (témoin).

Les séances de dégustation se sont déroulées en deux fois, dans laboratoire d'analyse et contrôle de qualité à la laiterie fromagerie de Boudouaou LFB par des professeurs spécialistes, et dans laboratoire de FSNVST de l'université Akli Mohand Oulhadj de Bouira par des étudiants, le nombre total des dégustateurs est de 35.

Les fiches de dégustation sont reproduites en annexe 06.

1. Caractéristiques physico-chimiques du lait cru de vache

Les valeurs des paramètres physicochimiques du lait de vache utilisé dans notre travail ainsi que les normes AFNOR (1986), sont illustrées dans le tableau VII. Les résultats obtenus montrent que le lait est conforme aux normes utilisées par LFB, et sont proches de celles rapportées par d'autres sources (AFNOR, 1993, Siar, 2014, Vignola, 2002). Ce qui confirme que le lait cru de vache utilisé pour notre étude est d'une bonne qualité physico-chimique.

Tableau VII: Caractéristiques physicochimiques du lait de vache.

Paramètres physicochimique	Valeurs	Normes AFNOR,(1986)
pH	6,60	6,50-6,80
Acidité (D°)	16	15-18
Densité	1028,40	1028-1033
Matière grasse (g/l)	32	28-40
Extrait sec total (g/l)	116,24	115-130
Extrait sec dégraissé (g/l)	84,24	/
Antibiotique	Abs	Abs

2. Caractéristiques physicochimiques de l'extrait enzymatique

L'extraction de la ficine à partir du latex est réalisée par centrifugation à 3200 g pendant 15 min à 4 °C. Le rendement est d'environ 72,5 % (14.5 ml de la ficine brute pour 20 ml du latex), avec 27,5 % de matière gommeuse enlevée du latex après la centrifugation.

Ce résultat est proche de celui obtenu par **Siar (2014)**, estimé à 71,42 %. Ce dernier a signalé que le rendement en latex et sa composition sont influencés par les conditions climatiques et les caractéristiques du sol de la région de plantation du figuier.

Tableau VIII: Caractéristiques de l'extrait brut du latex de *Ficus carica*.

Caractéristiques	Ficine
Rendement (%)	72,5
MG (%)	20
pH	5,9
Couleur	Brune claire
Texture	Visqueux
Odeur	Prononcé fruitière
Disponibilité	Faible

Dans le tableau VIII, on représente les paramètres mesurés pour caractériser l'extrait enzymatique « la ficine » de figuier. On observe que l'enzyme végétale obtenus est une solution acide (pH=5,9), contenant 20% de matière grasse, visqueuse de couleur brune claire avec une odeur fruitière prononcée. Le rendement d'extraction du latex est faible en fonction de temps à cause de mode d'obtention manuel par incision du figuier. Nos résultats confirment ceux obtenus par **Nouani *et al.*, (2009)**.

3. Caractérisation physico-chimique des fromages frais

Les résultats des analyses physico-chimiques mesurées des fromages fabriqués (rendement, pH, extrait sec totale, matière grasse), sont présentés dans les tableaux IX, X, XI et XII

Le rendement de la transformation de lait en produits laitiers présente un grand intérêt en industrie fromagère, car il reflète globalement comment a été réalisée la répartition quantitative des constituants du lait lors de l'égouttage en fonction du type de coagulant (tableau IX).

Tableau IX: Rendement fromager.

Produit fini obtenu par l'utilisation de	Volume de lait (L)	Poids du fromage (kg)	Rendement %
Présure	5	0,86	17,2
Ficine		0,75	15

Il y'a une différence remarquable entre le rendement obtenu par l'utilisation de présure et l'extrait brut de ficine. Les rendements obtenus pour les deux essais réalisés sont de 17.2 % et 15 % respectivement.

Cette différence de rendement est due à l'agent coagulant "ficine" doté d'une activité protéolytique élevée conduisant à la perte des peptides de masse réduite dans le lactosérum. Le mode d'action enzymatique a probablement une influence car la concentration en β caséine est presque trois fois plus élevée par rapport à la k caséine. Ce résultat confirme de **Siar, (2014)**.

Pour le pH des fromages fabriqués, il est de 5,69 et 5,80 (tableau X) pour le fromage obtenu par l'extrait de ficine et de présure respectivement.

Tableau X: Résultats du pH des fromages fabriqués.

Paramètre	Essai par la ficine	Essai par la présure	Normes AFNOR;(1993)
pH	5,69	5,80	4,35-4,55

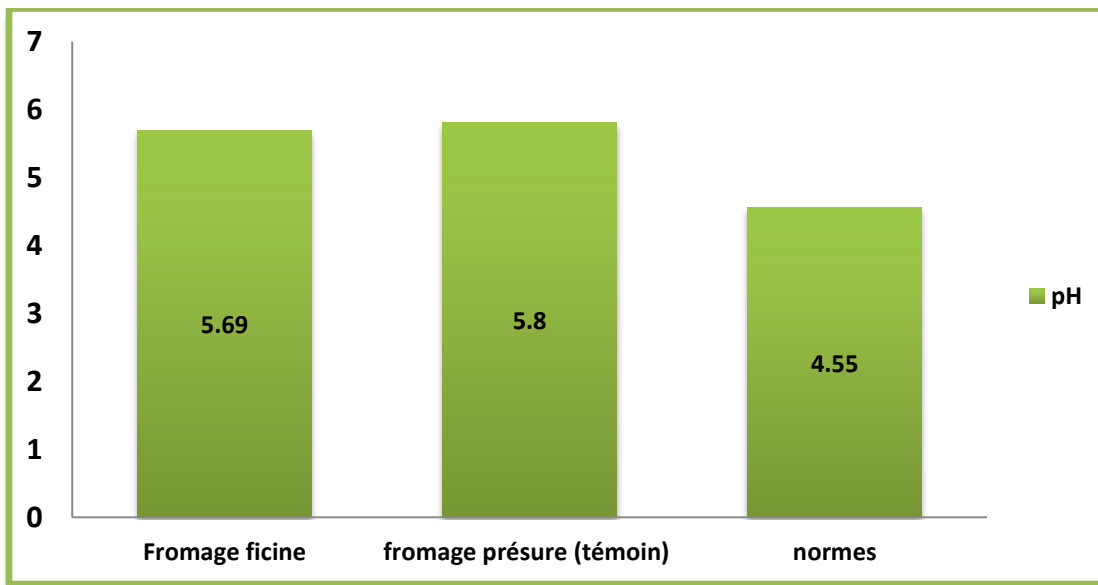


Figure 08: Variation du pH des fromages fabriqués par rapport aux normes ANFOR, (1993).

Nous avons remarqué que le pH des fromages est proche malgré le changement de l'agent coagulant cela est dû au fait que l'agent coagulant n'est pas influencé par le pH de fromage et que celui-ci est influencé seulement par la composition initiale du lait à l'instant de la coagulation.

Notre résultat du pH du fromage obtenu par la ficine est proche à celui de **Hamer laine et Zoubiri, (2018)** (5,67) pour un fromage frais à base du lait de chèvre. Nous avons également noté que le pH des deux fromages fabriqués est largement supérieur à celui trouvé par norme **AFNOR, (1993)**.

Concernent l'extrait sec total des fromages fabriqués, il est de 31 % et 28,23% (tableau XI) pour le fromage obtenu par la ficine et la présure respectivement.

Tableau XI: Résultats de l'EST des fromages fabriqués.

Paramètre	Essai par la ficine	Essai par la présure	Normes
EST (%)	31	28,23	28-45

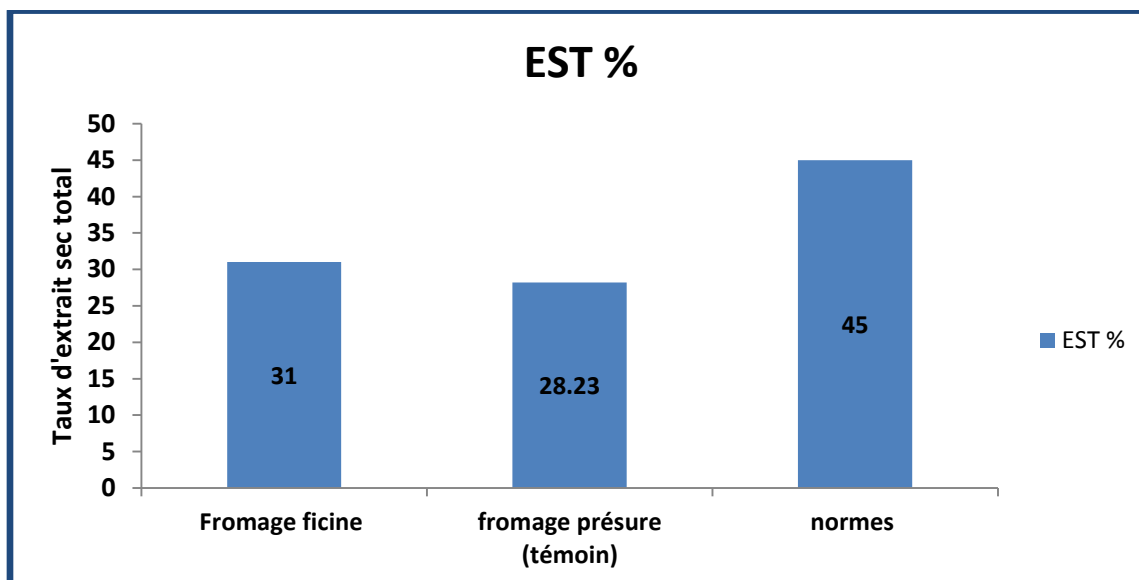


Figure 09: variation de l'extrait sec total des fromages fabriqués.

Cette différence du taux d'EST est due principalement aux types des caillés obtenus. En effet le caillé obtenu avec la ficine donne des grains de caillés réduits comparées aux grains obtenus dans le cas de présure qui rend l'égouttage facile et intensif.

Nos résultats sont en accord avec la norme. Ils sont proches de ceux rapportés par **Siar, (2014)**, et il est inférieur à celui de **Hamer Lain et Zoubiri, (2018)**.

Pour le taux de MG il est égal à 15 % pour le fromage fabriqué par la ficine et par la présure (tableau XII).

Tableau XII: Résultats du taux de MG des fromages fabriqués.

Paramètre	Essai par la ficine	Essai par la présure	Normes
MG (%)	15	15	≤ 20

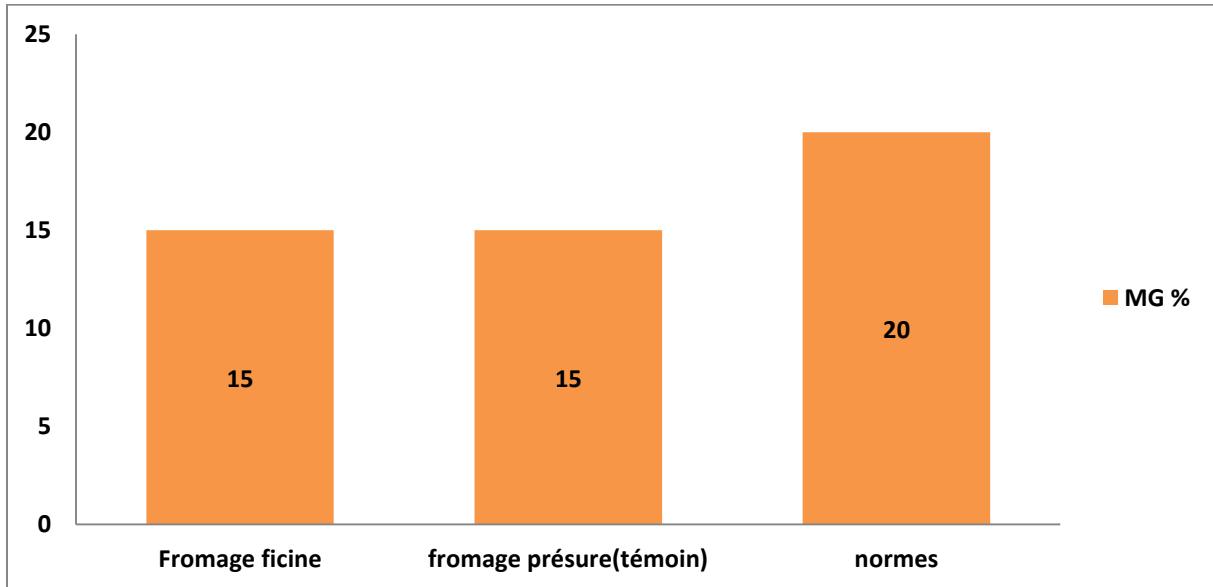


Figure 10: variation de matière grasse des fromages fabriqués.

Selon **Luquet, (1990)**, la teneur en matière grasse dans un fromage frais doit être inférieure ou égale à 20 g pour 100 g du fromage frais, ce qui concorde avec les résultats obtenus dans la présente étude (15%).

4. Résultats de l'analyse sensorielle du fromage fabriqué

Selon **Walstra et al., (2006)**, l'agent coagulant intervient dans la détermination des caractéristiques sensorielles finales des fromages. Donc pour déterminer les différences qui peuvent exister entre les deux fromages fabriqués par l'extrait de la ficine et la présure (témoin), nous avons réalisé une série d'analyses sensorielles basées sur l'évaluation des paramètres (couleur, odeur, goût et texture). Ce derniers sont notés sur une échelle de 0 à 10 par un jury composé de 35 dégustateurs qui ont remplis des fiches (Annexe 06). Les résultats sont représentés sous forme de toile d'araignée dans la figure 10.

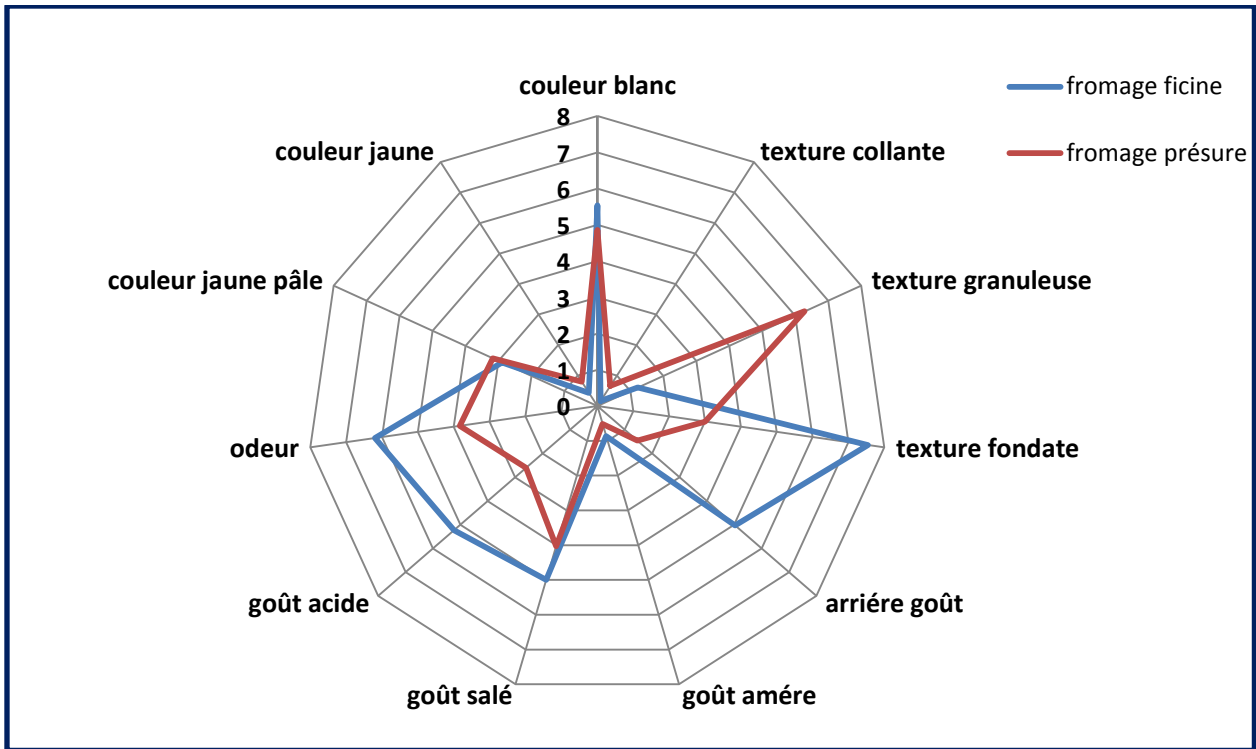


Figure 4: profil sensorielle des deux fromages fabriqués.

Le profil sensoriel obtenu pour les deux fromages analysés est illustré dans la figure 10, on observe que la couleur blanche un peu jaunâtre est attribuée par les dégustateurs aux produits, elle est probablement due à la transformation de bêta carotène en vitamine A (Tilahum *et al.*, 2014). Ces résultats sont similaires à ceux de Siar, (2014) et Dahmoune et Gouissem, (2018).

Les résultats montrés dans la figure indiquent que l'odeur du fromage issu de la coagulation par l'extrait de la ficine est forte, par rapport au fromage témoin issu de la coagulation par la présure, on suivant les observations collectées dans les fiches de dégustation, on peut dire que le fromage obtenu par l'extrait de la ficine est plus agréable que le fromage témoin obtenu par la présure.

Les dégustateurs ont jugé que le goût du fromage obtenu par l'extrait de ficine est très agréable, il est moyennement salé et acide avec une amertume faible et un arrière-goût typique.

Le fromage témoin obtenu par la présure présente un goût salé et acide et aucune amertume.

Pour la texture du fromage issu de la coagulation par l'extrait de la ficine elle est caractérisée par une texture fondante et peu granuleuse, cette texture peut être due à la nature

du caillé obtenu qui est caractérisé par des grains de taille réduite, par contre le fromage témoin est caractérisé par une texture fondante et plus granuleuse.

Ce résultat a été constaté par **Hamer laine et Zoubiri, (2018)** dans leur travail sur le fromage frais "Agougli" fabriqué à partir du lait de chèvre.

Au terme des résultats de l'étude sensorielle, il a été constaté que les deux fromages frais, présentent beaucoup de points en commun. Ce qui permet de croire à la possibilité de remplacer ou même de substituer la ficine par la présure dans la fabrication des fromages frais.

Conclusion

Nous avons réalisé ce travail dans le but de tester la possibilité d'utiliser la ficine de la variété Bakkour, enzyme végétale comme succédané de la présure dans la fabrication du fromage frais j'ben a base du lait de vache. Pour atteindre l'objectif de notre étude, notre démarche a comporté trois étapes:

En premier lieu, la récupération de la matière première renfermant le système enzymatique recherché, ainsi que l'extraction de la ficine.

En second lieu, la réalisation des essais de fabrication du fromage frais au sein de la fromagerie de "LFB Boudouaou", en substituant l'agent utilisé par l'industrie (présure) par l'extrait de la ficine, en suivant le même diagramme de fabrication.

En dernier lieu, la caractérisation physico-chimique et organoleptique du fromage frais avec la ficine et sa comparaison avec le fromage témoin à base de présure.

Sur la base des résultats obtenus, nous avons conclu que :

L'enzyme végétale obtenue est une solution acide (pH=5,9), avec un rendement estimé à 72.5 % et contenant 20% de matière grasse.

L'essai de la fabrication d'un fromage frais par l'utilisation de l'extrait brut de ficine a donné un fromage de bonne qualité physico-chimique et organoleptique avec une texture fondante, un goût agréable et une odeur caractéristique et typique du fromage frais. Le fromage à l'extrait de la ficine a même été préféré au fromage à la présure témoin.

Ces résultats confirment la possibilité d'utilisation de cet extrait enzymatique dans l'industrie fromagère comme agent coagulant pour remplacer la présure surtout que cette enzyme est disponible dans notre pays, et pourrait apporter un plus à l'économie nationale.

A l'avenir, il serait opportun d'approfondir cette étude par :

- L'utilisation de la ficine en poudre en développant un procédé de lyophilisation afin de prolonger sa conservation et éviter toutes sources de contamination et évaluer son effet sur le rendement du fromage et ses caractéristiques organoleptiques.
- L'utilisation de la ficine pour d'autres types de produits laitiers.



A

AFNOR. (1980). Recueil Des Normes Françaises. Lait Et Produits Laitiers.

AFNOR. (1986). Méthode D'analyse Du Lait Et Ses Sous-produits Laitiers. Recueil De La Normalisation Française, 2^{ème} Edition.

AFNOR. (1993). Contrôle De La Qualité Des Produits Alimentaires : Lait Et Produits Laitiers : Analyses Physicochimiques. Paris La Défense : AFNOR, 4^{ème} Edition, 581 P.

Alais, C. (1984). Science Du Lait. Principes Des Techniques Laitières. Ed. SEPAIC, Paris, 4^{ème} Edition : 818p.

Anonyme. (1993). Recueil De Normes Françaises AFNOR-DGCCRF. Contrôle De La Qualité Des Produits Alimentaires. Lait ET Produits Laitiers, Analyse Physicochimiques, 4^{ème} Edition, and 561 P.

Azarkan, M., Matagn, A., Wattiez, R., Bolle, L., Vandenameele, J., Baeyens-Volant, D., (2011). Selective and reversible thiol-pegylation, an effective approach for purification, and characterization of five fully active ficin (iso) forms from Ficus carica latex. Phytochemistry 72, 1718–1731.



B

Baby, J et Raj S, J. (2011). Pharmacognostic and Phytochemical Properties of Ficus Carica Linn–An Overview. International Journal of Pharmtech Research. 3:08-12 P.

Badgujar, S.b., Mahajan, R.t. (2009). Proteolytic Enzymes of Some Laticiferous Plants Belonging To Khandesh Region of Maharashtra, India. J Pharm Res 2:1434–7.

Badgujar, S. B., Patel, V. V., Bandivdekar, A. H., Mahajan, R. T. (2014). Traditional Uses, Phytochemistry and Pharmacology of *Ficus Carica*: A Review. *Pharmaceutical Biology*, 52(11),1487-1503.

DOI: 10.3109/13880209.2014.892515

Baud, Pierre. (2008). Le figuier pas à pas. Edition d'EDISUD. Lesse. P 4-15.

Bendimerad, Nahida. (2013). Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactique de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type "Jben". Thèse de doctorat. Microbiologie alimentaire. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen Algérie, 255p.

Bouacherine, M. et Ouchene, Z. (2017). Valorisation d'un savoir-faire Kabyle pour son application industrielle: Caractérisation d'un fromage à pâte molle fabriqué à partir du lait de vache coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L. Mémoire de Master 2. TAACQ. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 91p.



Cayot, Philippe., Et Lorient, Denis. (1998). Structures Et Techno fonctions Des Protéines Du Lait. Edition Tec Et Doc Lavoisier. New York, Paris.

Chawla, A., Kaur, R., Et Sharma, A. K. (2012). *Ficus Carica* Linn: A Review on Its Pharmacognostic, Phytochemical and Pharmacological Aspects. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research*, 1(4), 215-232p.

CODEX STAN 283-1978. Norme générale codex pour le fromage..



Dahmoune, Faiza et Gouissem, Cylia. (2018). Caractérisation organoleptique rhéologique d'un fromage à pâte molle fabriqué à partir du lait de vache coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L. Mémoire de Master. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira.56p.

Dahou, A, Medjahed, M, Aissaoui, C, Homrani, A. (2021). Approche préliminaire sur le fromage habilité des laits collectés au niveau d'une fromagerie industrielle. Revue Algérienne des Sciences. ISSN : 2661-7064. Volume 6, Issue 1 : 34-39p.

<http://univ-eltarf.dz/fr/>

Devaraj, K. B., Kumar, P.R Et Prakash, V.(2008). Purification, characterization, and solvent-induced thermal stabilization of ficin from *Ficus carica*. Agric. Food Chem. 56:11417–11423.

Dossou, J.; Hounzangbe, A.S., Soule H., (2006). Production et transformation du lait frais en fromage peulh au Benin, guide de bonnes pratiques, Manuel de transformation du lait. 33p. <https://doi.org/10.1021/jf802205a>.

DSASI. (2017). Direction des services agricole statistiques information depuis monographie décembre 2017.



Eck, A Et Gillis, J.c. (2006). Le fromage. Techniques et Documentation, Lavoisier, Paris, 3^{ème} édition, Paris. 891p.

Ernesrom, C.(1997). Les agents de transformation du lait dans le fromage de la science de l'assurance qualité, Edition Lavoisier technique.



FAO. (2016). Organisation des nations unis pour l'alimentation et l'Agriculture

FAOSTAT. (2018). Statistical Databases of Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome. <http://faostat.fao.org>.

Ferguson, L., Michailides, T. J., Shorey, H. H. (1990). The California fig industry. Horticultural Reviews, 12, 409-490.

Flores, Domingues. A. (1990). La Higuera. Ed. Mundi Prensa, Spain.

Fredot, E. (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Tec et Doc, Lavoisier:10-14. 424p.

Feijoo-Siota, (2011). La Villa, T.G. Native And Biotechnologically Engineered Plant Proteases With Industrial Applications. Food Bioprocess Technol., V.4, N.6, P.1066- 1088,



G

Gagaoua, M., Boucherba, N., Bouanane-Darenfed, A., Ziane, F., Nait-Rabah, S., Hafid K and Boudechicha H-R (2014) Three-phase partitioning as an efficient method for the purification and recovery of ficin from Mediterranean fig (*Ficus carica* L.) latex. Separation and Purification Technology 132:461-467.

Gaucheron, F. (2004). Minéraux et produits laitiers. Éditions Lavoisier, Paris

Gausсен, H.; Leroy, J.F. Et Ozenda, P. (1982) : Précis de botanique, tome II : végétaux supérieure. Masson: 558-560 p.

Gerber, H.J., (2010). Tree Training and Managing Complexity and Yield in Fig (*Ficus carica* L.). Master of Science in Agriculture (Horticultural Science) at the University of Stellenbosch, 104 p.

Giraldo, E., López-Corrales, M., Hormaza, J. I. (2010). Sélection of the most discriminating morphological qualitative variables for characterisation of fig germplasm. J Am Hortic Sci. 135 (3), 240-249.

Gouedranche, H., Benedicte, C. (2001). Filière de production : produits d'origine animale, procédés de transformation fromagère.

Grzonka, Z., Kasprzykowski, F., Wiczak, W. (2007). Cystéine protéases. Chapitre 11. J. Polaina and A.P. Maccabe (eds.), Industrial Enzymes, 181-195p.



H

Hamer Laine, S et Zoubiri, A (2018). Caractérisation d'un fromage frais "Agougli" fabriqué à partir du lait de chèvre coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L. Mémoire de Master. TAACQ. Université Akli Mohand Oulhadj Bouira, 44p.

Hossein, T., Ilghar, J. (2011). Study of some biochemical properties and kinetic parameters of polyphénols oxidase from *Ficus carica*. Clin Biochem 44:S251–2.

Huppertz, T., Upadhyay, V.K., Kelly, A.L et Tamime, A.Y. (2006). Constituents and Properties of Milk from Different Species. Brined Cheeses. Edited by Dr Adnan Tamime. Copyright © 2006 by Blackwell Publishing Ltd. 1-34p.



J

Jean, C et Dijon, c. (1993). Au fil du lait, ISBN 2-86621-172-3.

Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., Brule, G. (2007). Science des aliments-technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17,456p.

Jeantet, R., Croguennec, T., Garric, G et Brulé, G. (2017). Initiation à la technologie fromgière, 2^{ème} Education, 224p.



K

Katsaros, G., Katapodis, P et Taoukis. (2009). High hydrostatic pressure inactivation kinetics of the plant proteases ficin and papain. Journal of Food Engineering, 91:42-48p.

Khare, C. P. (2004). Indian Herbal Remedies, Rational Western Therapy, Ayurvedic and Other Traditional Usage Botany. New York, USA: Springer Science.

Kramer, D. E, Whitaker, J. R. (1969). Multiple molecular forms of ficin évidence against analysis as explanation. Plant Physiol 44:1560-5.



L

Libouga., Vercaigne-marko, D., Djangal, S., Choukambou, E., Beka, R., Aboubakar, T et Guillochon, D. (2006). Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *balanites aegyptiaca*. Tropicultura, 24:229-238.

Luquet, F.M. (1990) : Lait et produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Transformation et technologie. Edition technique et documentation. Lavoisier. 2^{ème} Edition. 26-633p.

Luquet, F.M. et Corrieu, G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Edition Lavoisier, Paris. 307p.



M

MAAMAR, H et ZAIDI, M (2019).Extraction et caractérisation des paramètres influençant la coagulation du lait par la ficine: Elaboration d'un fromage camembert, Université de Béjaia.

Mahaut, M., Jeantet, R., et Brule, G. (2005). Initiation à la technologie fromagère. Tec &Doc, Paris, France. 1-21p.

MAHAUT, M., ROMAIN, J., BRULE, G et PIERRE, S.(2000). Les produits industriels laitiers. Technique et documentation Lavoisier. Paris, 34-45p.

MARCHIN, S. (2007). Dynamique de la micelle de caséines : caractérisation structurale. Thèse INRA/ Agrocampus Rennes.

MATHIEU, J. (1998). Initiation à la physicochimie du lait. Guides Technologiques des IAA. Edition Lavoisier Tec et Doc, Paris: 220p.

Mazri, Chafiaa. (2001).Etude phénologique et socioéconomique de trois variétés du figuier Ficus carica de la Kabylie. Mémoire d'Ingéniorat en Agronomie, Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.

Milošević, J., Jankovic,B ., Prodanovic, R et Polovic, N. (2019).Comparative stability of ficin and papain in acidic conditions and the présence of ethanol. Amino Acids 51:829–838. <https://doi.org/10.1007/s00726-019-02724-3>.

Muehlhoff, E., Bennett, A et McMahon, D. (2013). Milk and dairy products in human nutrition, Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO).



N

Nouani, A., Dako, E., Morsli, A., Belhamiche, N., Belbraouet, S., Bellal,M.M et Dadie, A. (2009).Characterization of the purified coagulant extracts derived from artichoke flowers (Cynara scolymus) and from the fig tree latex (Ficus carica) in light of their use in the manufacture of traditional cheeses in Algeria. J. Food Technology. 7: 20-29 p.



O

Oliveira, A. P., Silva, L. R., De-Pinho, P. G., Gil-Izquierdo, A., Valentão, P., Silva, B. M., et al. (2010). Volatile profiling of *Ficus carica* varieties by HS-SPME and GC-ITMS. *Food Chemistry*, 123: 548–557 p.

Oner, M.D et Akar, B. (1993). Separation of the proteolytic enzymes from fig tree latex and its utilization in Gaziantep cheese production. *Lebensm-Wiss.Und Technology*, 26: 318-321p.

Ouaouich, A et Chimi, H. (2005). Guide du sécheur de figues. 1ère édition. Organisation des Nations Unies pour le développement industriel, Maroc, 10, 28.



Quasem, J. M., Mazahreh, A. S., et Abu-Alruz, K., (2009). Development of vegetable based milk from decorticated sesame (*Sesamum indicum*). *American Journal of Applied Sciences*, 6(5), 888p.



Ramet, J.P. (1985). La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. Etude FAO, Production et santé animales Tec et Doc. – Lavoisier, n°48 26-40p.



Siar, H. (2014). Utilisation de la pepsine de poulet et de la ficine du figuier comme agents coagulants du lait. Mémoire de Magister. Sciences Alimentaires. I.N.A.T.A.A. Université de Constantine 1, 93p.

Siar, E.H., Morellon-Sterling, R., Zidoune, M.Net Fernandez-Lafuente, R. (2020). Use of glyoxyl-agarose immobilized ficin extract in milk coagulation: Unexpected importance of the ficin loading on the biocatalysts. *Int.J. Biol. Macromol.* 144:419–426. <https://doi.org/10.1016/j.ijbiomac.2019.12.140>.

Singleton, A., et Buttle, D.J. (2013). Ficin. In *Handbook of Proteolytic Enzymes*. 3rd ed. N. D. Rawlings and G. Salvesen, ed. Academic Press. Pages 1877–1879

Sgariberi, V.C., Gupte, S.M., Karmer, D.E, Whitakar, J.R. (1964). Ficus enzymes, I. Séparation of the proteolytic enzymes of *Ficus carica* and *Ficus glabrata* lattices. *J Biol Chem* 239:2170–7.

Sugiura, M et Sasaki, M. (1974). Studies on proteinases from *Ficus carica* var. Horaishi. V. purification and properties of a sugar containing proteinase (Ficin S). *Biochim Biophys Acta* 350:38–47.



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



V

Vidaud, J. (1997).Le Figuier : Monographie. Edition Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Paris.335p.

Vignola, C.L. (2002). Science et technologie du lait –Transformation du lait, École polytechnique de Montréal, ISBN: 29-34.600 p.

Vijayakumari., Yadav, H.R et Parimaladevi, R. (2012). Enzymatic antioxidant of *Ficus carica*, *Emblca officinalis*, *Cephalandra indica* and *Terminalia chebula*. *Int J Pharm Biol Sci* 3:426–30.



W

Walstra, Pieter., Wouters, Jan.T.M. Et Geurts, Tom.J. (2006). Dairy Science and Technology. ED Taylor & Francis Group, LLC. 2^{ème} Edition. 756p.

Wang, H., Weir, C.E., Birkner, M.L. et Ginger, B. (1957). The influence of enzyme tenderizers on the structure and tenderness of beef. Proc. Ninth Research Conference, American Meat Institute Foundation, 72p.

Annexe 01: récupération du latex du figuier *ficus carica* L.**Annexe 02 :** extraction de la ficine par la méthode de centrifugation.



Annexe 03: les analyses physico-chimiques du lait cru.

- Densité

- EST



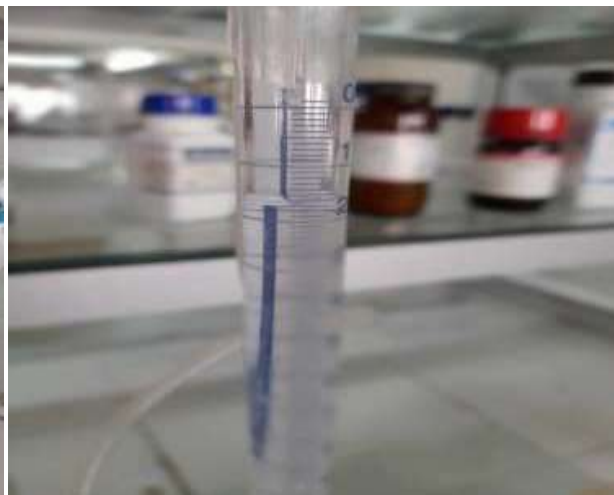
- pH



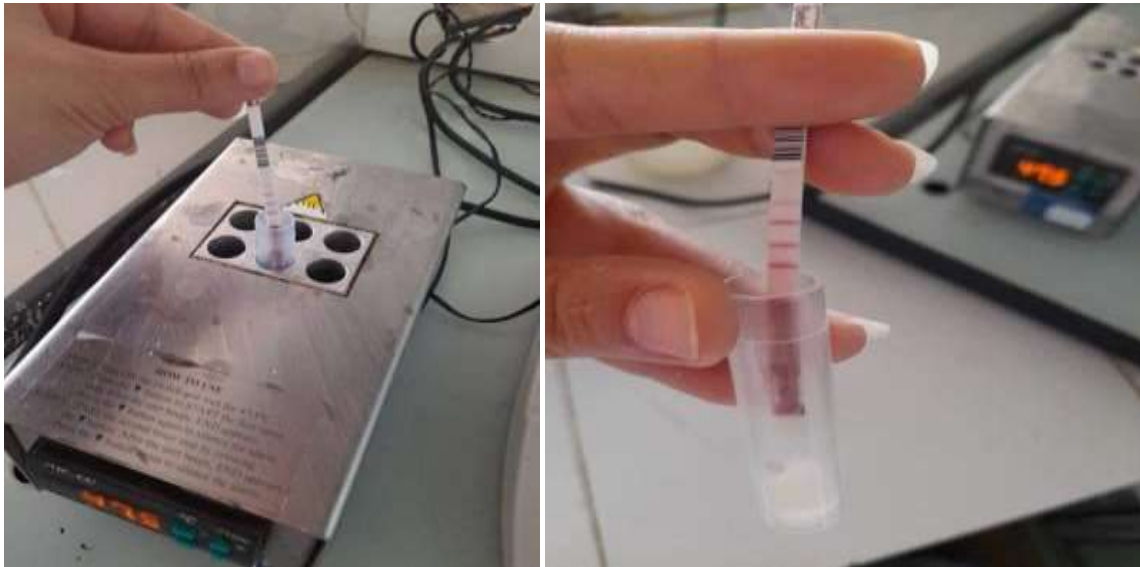
- MG



- L'acidité



- Test d'antibiotique

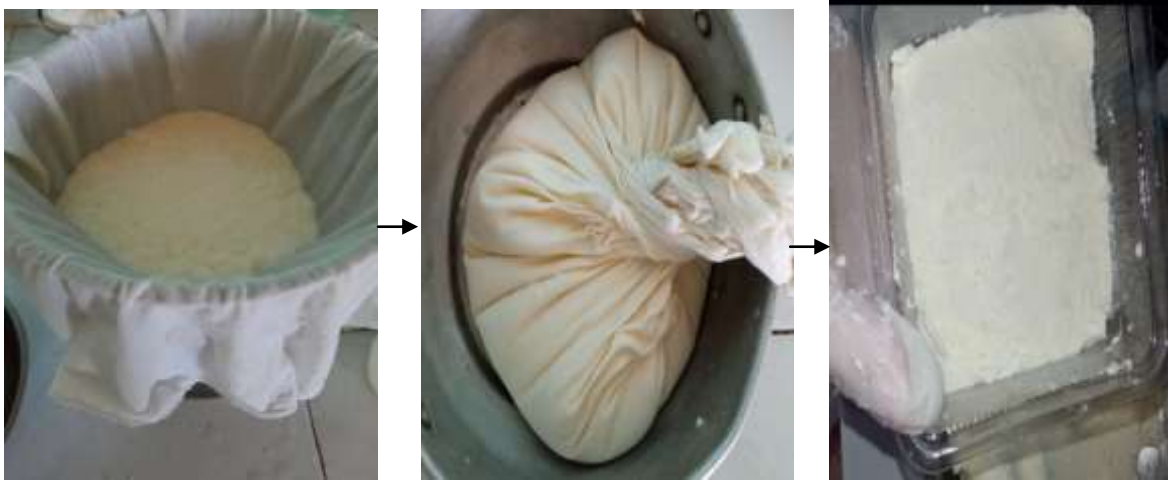


Annexe 04 : les étapes de fabrication du fromage frais j'ben a base du lait cru coaguler par l'extrait brut de la ficine.



a. Préparation du lait (chauffage)

b. Coagulation



c. Egouttage+ salage



d. Conservation

Annexe 05: les analyses physico-chimiques du fromage fabriqué.

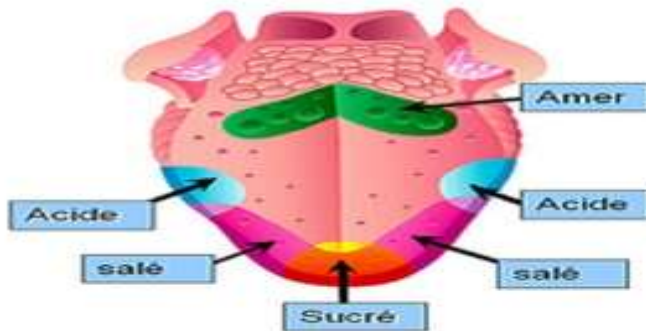




Annexe 06: Fiche de dégustation.**Fiche technique pour l'analyse sensorielle du fromage frais fabriqué à base du lait de vache coagulé avec l'enzyme du *Ficus carica* L.**

Age:

Date & heure:

Sexe: Féminin Masculin **Figure 1:** les papilles gustative de la langue.

Deux échantillons de fromage frais "j'ben" fabriqués à base de lait de vache coagulé avec l'enzyme végétale du ficus carica L et l'autre avec d'enzyme animale présure codés A et B vous sont présentés.

Après la dégustation, veuillez :

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

Nb: Le juré de dégustation pour réaliser la dégustation doit respecter 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 de l'eau à chaque dégustation d'un échantillon.

1- Couleur

	Produit A	Produit B
1- Blanc	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2- Jaune	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3- Jaune pâle	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

2- Odeur

	Produit A	Produit B
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

3- Goût

	Produit A	Produit B
1- Acide	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2- Salé	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3- Amère	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

4- Arrière-Goût

	Produit A	Produit B
	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

5-Texture

Produit A

Produit B

1- Fondante	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
2- Granuleuse	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10
3- Collante	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10	0 1 2 3 4 5 6 7 8 9 10

Classement :

1-

2-

Observation:

Merci de votre participation

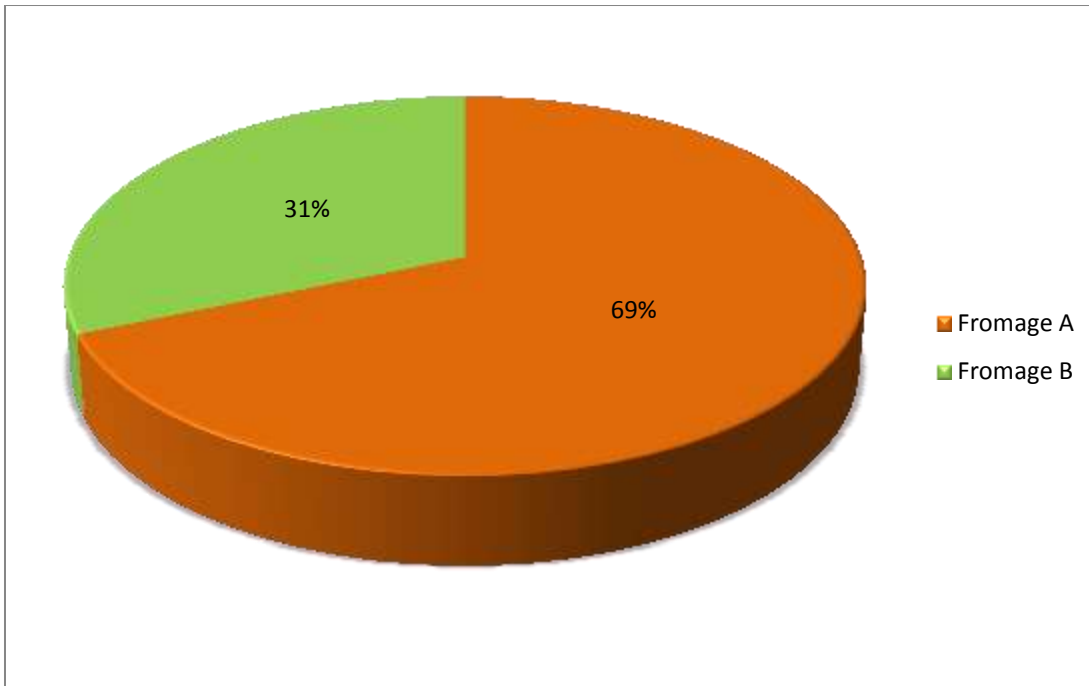
Annexe 07: Présentation du produit (fromage A et fromage B).



Annexe 08: résultats statistiques des fromages fabriqué.

Les paramètres	fromage ficine	fromage présure
Couleur blanc	5,54	4,86
Couleur jaune	0,43	0,8
Couleur jaune pâle	2,89	3,17
Odeur	6,20	3,83
Goût acide	5,23	2,6
Goût salé	5	4,03
Goût amère	0,86	0,51
Arrière-goût	5,03	1,46
Texture fondante	7,54	3
Texture granuleuse	1,23	6,29
Texture collante	0,17	0,66

Annexe 09 : résultats de choix préférentiel des fromages produits



Résumé

L'objectif du présent travail, est d'étudier la possibilité de substituer la présure par la ficine comme agent coagulant végétal du lait. Cette enzyme est obtenue par l'extraction à partir de latex du figuier *Ficus carica* L. de la variété bifère type "Bakkour".

D'autre part, un essai de fabrication d'un fromage frais j'ben en utilisant la ficine en tant que succédané de présure commerciale a été réalisé au sein de la fromagerie Boudouaou.

Les résultats obtenus de l'analyse sensorielle, ont montré que ce fromage possède une qualité organoleptique meilleure que celle de fromage témoin, caractérisé par une texture fondante avec un goût agréable et odeur caractéristique et typique du fromage frais. Les résultats de l'étude ont démontré que l'extrait de la ficine peut remplacer la présure dans la fabrication fromagère et cette étude mérite d'être élargie dans la fabrication de différents types de produit laitier tout en testant la ficine en poudre après lyophilisation.

Mots clés: *Ficus carica* L.Ficine, succédané, Fromage frais.

Summary

The objective of the present work is to study the possibility of substituting rennet by ficin as a vegetable coagulant agent for milk. This enzyme is obtained by extracting from latex of the fig tree *Ficus carica* L. of the bifère variety type "Bakkour".

On the other hand, a trial of manufacturing a fresh cheese j'ben using the ficin as a substitute for commercial rennet was conducted within the cheese factory of Boudouaou.

The results obtained from the sensory analysis, showed that this cheese has an organoleptic quality better than that of control cheese, characterized by melting texture with a pleasant taste and characteristic smell typical of fresh cheese. The results of the study showed that the extract of the ficin can replace the rennet in the manufacture of cheese and this study deserves to be expanded in the manufacture of different types of milk products and test powder ficin after lyophilisation.

Key words: *Ficus carica* L.Ficin, substitute, Fresh cheese.

ملخص

الهدف من هذا العمل هو دراسة امكانية استبدال المنفخة بالفيسين كمخثر نباتي للحليب، يتم الحصول على هذا الإنزيم عن طريق استخراجها من لاتكس شجرة التين *Ficus carica* L. للتشكيلة الثنائية نوع باكور. من جهة اخرى، محاولة لصنع جبنة طازجة باستخدام فيسين كبديل للمنفخة التجارية. تم صنعه في مجبنة بودواو. النتائج التي تم الحصول عليها من التحليل الحسي تبين أن هذا الجبن ذات جودة حسية أفضل من الجبن الشاهد، يتميز بقوامه الذائب بطعم لطيف ورائحة مميزة ونموذجية للجبن الطازج. أظهرت نتائج الدراسة أن مستخلص الفيسين يمكن أن يحل محل المنفخة في صناعة الجبن وتستحق هذه الدراسة التوسع في تصنيع أنواع مختلفة من منتجات الألبان أثناء اختبار مسحوق الفيسين بعد التجفيف.

الكلمات المفتاحية: *Ficus carica* L., فيسين, بديلا, جبن طازج.