



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique



UNIVERSITE ABBES LAGHROUR KHENCHELA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES BIOLOGIQUES

MEMOIRE
Présenté pour l'obtention du diplôme de
MASTER ACADEMIQUE
FILIERE : Sciences Biologiques
OPTION : Biochimie Appliquée

Thème

Effet du coagulant végétal (fleurs de chardon) et de la présure de veau sur les paramètres physico-chimiques et biochimiques d'un fromage traditionnel frais (*Jben*) du lait de vache

Présenté par :

- Azizi Hasna
- Laabadi Rana Lamisse
- Bait Sara

Soutenu le : 23/06/2024

Mémoire de Master académique soutenu devant le jury composé de :

Présidente : M^{me}. DOUAOUYA. L	M.C.A	U. Abbes Laghrou –Khenchela
Rapporteur : Mr. TABET. R	M.C.B	U. Abbes Laghrou –Khenchela
Examineur : Mr. ABAIDIA. A	M.C.B	U. Abbes Laghrou –Khenchela

Année universitaire 2023/2024

Remerciement

Nous remercions tout d'abord "Allah" le tout puissant et miséricordieux de nous avoir donné courage, force et volonté pour réaliser ce travail.

*Nous souhaitons exprimer toute notre gratitude à notre encadrent, **Mr. Tabet Rachid** pour avoir encadré ce travail. Votre patience, disponibilité et vos précieux conseils ont été d'une aide inestimable pour mener à bien cette étude.*

Nous vous adressons nos plus sincères remerciements.

Nous tenons à remercier les membres du jury pour avoir accepté d'évaluer et d'examiner ce travail. Leurs remarques, reconnues et judicieuses, ne feront que rehausser la qualité de notre travail. Merci sincèrement pour leur contribution précieuse.

*Nous tenons également à exprimer notre gratitude envers tous les membres du laboratoire pédagogique pour leur assistance et les installations mises à notre disposition. Un merci particulier à **M^{me} Bahia, M^{me} Saaida, Mr. Abd Nour**, et surtout à **M^{me} Sara**.*

Nous remercions également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à ce travail.

Dédicaces

A mes côtés fidèles, mes parents bien-aimés :

*Chère papa, Tu es bien plus qu'un père pour moi, tu es mon héros, mon modèle,
et ma source d'inspiration infinie.*

*Chère maman, mon paradis, ma source de joie et ma force, Tu as toujours cru
en moi, même lorsque j'ai douté de moi-même.*

*Je tiens à vous remercier du plus profond de mon cœur, car vous avez toujours
été des piliers solides dans ma vie, sur lesquelles j'ai pu m'accrocher à chaque
étape de ma vie, aussi bien dans les meilleurs moments que dans les plus dures.*

Que "Allah" vous garde et vous protège.

A les plus chers à mon cœur :

*Mon super frère Oussama, Le meilleur frère au monde, Merci d'être
toujours à mes côtés.*

A mes adorables sœurs Ahlem, Zina et Samya

*Je n'oublierai jamais vos encouragements et vos soutiens tout au long de
mes études. Merci pour votre amour infini et votre présence inestimable dans
ma vie. Je suis infiniment reconnaissante de vous avoir comme sœurs.*

À mon beau-frère Fouzi, pour ton soutien et ta générosité

*A mon oncle Abd'Elatif, merci pour tout. Ta gentillesse et ton soutien
sont inestimables.*

A mes petits princes, Sadjed et Abd'El Matine, je vous aime énormément

Hasna

Dédicaces

Avec l'expression de ma reconnaissance, je dédie ce modeste travail à Ceux qui, quels que soient les termes j'embrassés, je n'arriverais jamais à leur exprimer mon amour sincère.

À ma très chère mère :

Pour son soutien et ses encouragements durant ces années d'étude. Qu'elle trouve ici le témoignage de ma profonde reconnaissance. Quoi que je fasse ou que je dise, je ne saurai point remercier comme il se doit. Ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles, je t'aime maman.

À mon très cher père :

Qui a été ma source constante d'inspiration et mon rock inébranlable. Vos sacrifices, votre patience et votre amour sans fin ont illuminé chaque étape de ce voyage. Je t'aime papa, et je t'en serai éternellement reconnaissant.

À mes chers frères, Alla, Akram et Haytham

Pour leur soutien et leurs encouragements infinis, je vous aime et vous souhaite toujours le meilleur.

À ma grand-mère décédée Fatma :

Même si ton absence me pèse, tu resteras toujours dans mon cœur et dans mes pensées en ce jour important. J'ai beaucoup appris de toi et je porterai toujours tes valeurs et ta sagesse avec moi dans mon voyage à venir.

À ma chère amie et compagnon Aya :

Qui m'accompagne dans les péripéties de ma vie, J'espère de tout mon cœur que notre amitié durera pour toujours.

À mes chères amies Assia et Karima:

Pour tous les beaux jours que nous avons passés ensemble.

A tous ma famille, ceux que j'aime.

Lamisse

Dédicaces

Grâce à l'aide de dieu tout puissant

Je dédie ce travail à :

À mes chers parents pour tous leurs sacrifices,

Mon idéal, l'être le plus généreux, mon cher père qui a été mon premier supporter dans tous ma carrière scolaire et tout ma vie rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon éducation et mon bien être, source de respect, en témoignage de ma profonde reconnaissance pour tout l'effort et le soutien incessant qui m'a toujours apporté. Que Dieu la garde pour nous.

Et ma mère, dont la langue est incapable de décrire chaque mot qu'elle dit, chaque lettre qu'il prononce et chaque sentiment qu'il décrit.

À mes chers frères et sœurs abdallah, mouhamed, hadjer et aya

À ma meilleure amie Abeer, pour sa motivation

À ma grand-mère

À toute la famille Bait

A mon binôme Hasna et Lamisse

*« Il y a des êtres ainsi qui laissent en nous comme une poussière d'étoiles
qui brillera toujours dans nos âmes »*

Sara

Table des matières

Remerciement

Dédicaces

Liste des tableaux	I
Liste des figures	II
Liste des abréviations	III
Introduction	1

Revue Bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait de vache

1. Définition de lait	3
2. La composition de lait	3
2.1. L'eau	3
2.2. Les lipides	3
2.3. Glucides	5
2.4. Matières azotées	5
2.4.1. Azote non protéique	6
2.4.2. Azote protéique	6
2.5. Les protéines de lactosérum	6
2.6. Les caséines	7
2.7. Les minéraux et les vitamines	8
3. Principaux facteurs de variation de la composition du lait	10
3.1. La race	10
3.2. Stade de lactation	10
3.3. L'alimentation	11
3.4. Saison	11
3.5. Age et numéro de lactation	12
3.6. État sanitaire	12

Chapitre II : Les fromages traditionnels

1. Historique et origine du fromage	13
2. Définition du fromage	13
3. Technologie fromagère	14
3.1. Coagulation	14
3.1.1. Type de coagulation	15

3.1.1.1.	Coagulation acide	15
3.1.1.2.	Coagulation mixte	15
3.1.1.3.	Coagulation enzymatique	15
3.2.	Égouttage	19
3.3.	Salage	19
3.4.	Affinage	20
4.	Fromages traditionnels Algériens	21
4.1.	Fromage fondu	22
4.1.1.	<i>Medghissa</i>	22
4.2.	Fromage affiné	22
4.2.1.	<i>Bouhazza</i>	22
4.3.	Fromages durs	23
4.3.1.	<i>Klila</i>	23
4.3.2.	<i>Takemmart</i>	23
4.4.	Fromages frais	23
4.4.1.	<i>Ighounane</i>	23
4.4.2.	<i>Méchouna</i>	23
4.4.4.	<i>Jben</i>	24

Revue expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.	Matériel et méthodes	25
I.1.	Matériel	25
I.1.1.	Matériel non biologique	25
I.1.2.	Matériel biologique	25
I.2.	Méthodes	26
I.2.1.	Fabrication du fromage traditionnel frais (<i>Jben</i>)	26
I.2.2.	Analyses	28
I.2.3.	Analyses physico-chimiques	28
I.2.3.1.	Détermination du pH	28
I.2.3.2.	Détermination de l'acidité titrable	28
I.2.4.	Analyses biochimiques	28
I.2.4.1.	Détermination de la matière sèche	28
I.2.4.2.	Détermination de la teneur en cendres	29
I.2.4.3.	Détermination de la matière grasse	29

I.2.4.4. Détermination de l'azote total et du taux de protéines	30
I.2.4.5. Détermination du rendement fromager	31
I.2.4.6. Détermination de l'activité antioxydante	31
I.3. Analyse statistique.....	32

Chapitre II : Résultats et discussion

I. Résultats et discussion	33
I.1. Analyses physico-chimiques	33
I.1.1. pH	33
I.1.2. L'acidité	34
I.2. Analyses biochimiques.....	36
I.2.1. Matière sèche	36
I.2.2. Cendres	37
I.2.3. Matière grasse	38
I.2.4. Les protéines	39
I.2.5. Rendement fromager	40
I.2.6. Activité antioxydante.....	41
Conclusion	44
Références bibliographiques	46

Résumé

Abstract

ملخص

Liste des tableaux

Tableau 01 : Proportions relatives des principaux acides gras de la matière grasse du lait de vache	5
Tableau 02 : Composition minérale du lait de vache	9
Tableau 03 : Teneur du lait de vache en différents nutriments et leurs effets bénéfiques sur la santé	9
Tableau 04 : Types et sources des protéases végétales coagulantes du lait	18
Tableau 05 : Caractéristiques de la présure de veau	26
Tableau 06 : Résultats des caractéristiques physico-chimiques du <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal	33
Tableau 07 : Résultats des caractéristiques biochimiques du <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal	36

Liste des figures

Figure 01 : Composition générale du lait de vache	7
Figure 02 : Représentation schématique des micelles de caséine composées de sous-micelles maintenues ensemble par du phosphate de calcium	8
Figure 03 : Phase primaire enzymatique	16
Figure 04 : Les mécanismes de coagulation acide et enzymatique	19
Figure 05 : Les étapes de fabrication du fromage.....	20
Figure 06 : Les différentes catégories des fromages traditionnels algériens	21
Figure 07 : Schéma de fabrication traditionnelle du fromage <i>Jben</i>	27
Figure 08 : Variation de pH du <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal ...	34
Figure 09 : Variation de l'acidité titrable du <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal.....	35
Figure 10 : Variation de matière sèche du <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal.....	37
Figure 11 : La teneur des cendres du fromage <i>Jben</i> à base de la présure animale et du coagulant végétal.....	38
Figure 12 : La teneur en matière grasse (g/100g) du FPA et FCV	39
Figure 13 : La teneur en protéine (g/100g) du FPA et FCV.....	40
Figure 14 : Le rendement en % du FPA et FCV.....	41
Figure 15 : Le taux de l'activité antioxydant en % du FPA et FCV	43

Liste des abréviations

% : Pour cent

°C : Degré Celsius

°D : Degré Dornic

AG : Acides gras

AGI : acide gras insaturé

AGS : Acide gras saturé

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

CMP : Caséine macropéptide

CuSO₄ : Sulfate de cuivre

DPPH: 2,2diphényl-1-picrylhydrazyl

E: Échantillon

FAO: Food and Agriculture Organisation

FCV : Fromage à base du coagulant végétal

FPA : Fromage à base de la présure animale

g: Gramme

GDL: Glucono-delta-lactone (δ -Gluconolactone)

IDF: International Dairy Federation

ISO: International Standardization Organization

K₂SO₄ : Sulfate de potassium

L : litre

MG : Matière grasse

mg : milligramme

min : Minute

ml : Millilitre

MS : Matière sèche

n : nombre de répétition

N : normalité

NaOH : L'hydroxyde de sodium (la soude).

NH₄⁺ : Ammonium

NH₃ : Ammoniac

OMS : Organisation Mondiale de la Santé

Rf : Rendement factor

TMG : Teneur en matière grasse

Vitamine A : Rétinol

Vitamine B₁₂ : Cobalamine

Vitamine B₂ : Riboflavine

Vitamine B₉ : Folate

Vitamine C : Acide ascorbique

Vitamine D₃ : Cholécalférol

Vitamine E : Tocophérol

µg : microgramme.

µm : micromètre

Introduction

Introduction

Le lait des ruminants domestiques est l'une des meilleures sources de protéines. Selon Kaci et Sassi (2007), il est aussi riche en calcium et en vitamines. C'est un aliment de haute qualité nutritionnelle, il a un impact significatif non seulement sur le plan nutritionnel, mais aussi sur le plan économique et socio-culturel. Le lait est abondant dans les villages et les agglomérations rurales pendant les périodes de haute lactation. En l'absence de dispositifs de conservation, ils sont parfois contraints de jeter l'excès de lait. Afin d'éviter cela, car il s'agit d'un produit rapidement périssable, il est nécessaire de transformer l'essentiel de la production. La meilleure façon de le conserver est de le convertir en fromage (Bellakhdar, 2008).

Les aliments traditionnels sont essentiels pour la préservation du patrimoine socio-culturel de chaque peuple. Chaque jour, nous utilisons des techniques, autrefois transmises par nos ancêtres, entourées d'un savoir-faire immémorial et transmises d'une génération à l'autre (Duval, 1855 ; Denis, 1989). Parmi ces aliments, on trouve le fromage, le plus souvent produit à partir de lait cru de vache ou pasteurisé, mais également d'autres espèces comme les brebis et les chèvres (Bennett et Johnston, 2004 ; Johnson, 2017 ; Khattab et al., 2019). Ces fromages peuvent différer les uns des autres par leur processus de fabrication, leur temps de maturation, le type de lait utilisé, leur texture, leur couleur, leur saveur, leur nombre et leur diversité microbienne ainsi que le type de coagulation (enzymatique et/ou acide) (Kamimura et al., 2019).

Les enzymes coagulantes du lait jouent un rôle crucial dans la fabrication du fromage, permettant la déstabilisation puis l'agrégation des micelles de caséine formant le caillé. Depuis l'Antiquité, parmi les enzymes coagulantes du lait, la présure animale, obtenue à partir du quatrième estomac des ruminants allaités (comme le veau), a été largement utilisée (Harboe et al., 2010). De nos jours, l'utilisation de la présure animale conventionnelle dans la fabrication du fromage est limitée en raison de nombreux facteurs, tels que les restrictions religieuses (Islam et Judaïsme), les habitudes alimentaires (végétarisme) ou des facteurs économiques (Jacob et al., 2011 ; Roseiro et al., 2003). Pour ces raisons, l'attention des entreprises laitières s'est tournée vers d'autres enzymes de coagulation du lait qui ne sont pas d'origine animale, comme les extraits microbiens, recombinants ou végétaux. Parmi les enzymes végétales qui ont été signalées produire des produits finaux satisfaisants, on trouve les cardosines (les protéases présentes dans les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus L.*)). Il a été démontré que l'utilisation de ces

Introduction

coagulants préserve les saveurs originales et distinctives des fromages traditionnels (Fox et al., 2017 ; Irigoyen et al., 2002 ; Liu et al., 2021 ; Llorente et al., 2014 ; Nicosia et al., 2022 ; Vaccalluzzo et al., 2020).

En Algérie, comme dans toutes les régions du monde, la consommation de produits laitiers dont les fromages est une tradition ancienne liée à l'élevage. Ces produits laitiers sont fabriqués selon des procédés artisanaux anciens, utilisant du lait unique à une espèce donnée ou le lait de mélange de différentes espèces (Boudalia et al., 2016 ; Leksir et Chemmam, 2015 ; Leksir et al., 2019 ; Shori, 2017).

Parmi les fromages traditionnels les plus populaires en Algérie on retrouve *Le Jben*. Il s'agit d'un fromage frais traditionnel fabriqué à partir de lait cru de vache, de brebis ou de chèvre, spontanément acidifié et coagulé par des enzymes coagulantes d'origine végétale (Ouadghiri et al., 2005), ou animale (Hayaloglu, 2017). Bien que *Jben* soit un fromage traditionnel largement fabriqué et apprécié dans tout le pays, en particulier à l'Est, peu de donnée scientifique ont été publiée concernant l'effet de divers coagulants sur ses caractéristiques et compositions. Également, les informations sur sa technologie de fabrication sont encore très limitées (Senoussi et al., 2022).

Pour cette raison, outre les conditions de fabrication du *Jben*, il est important de caractériser de point vue physicochimique et biochimique ainsi que l'activité antioxydant de ce fromage afin de produire un produit de haute qualité nutritionnelle et hygiénique.

La présente étude a été scindée en trois parties :

La première partie était axée sur l'étude bibliographique. Elle s'intéressera aux notions générales sur le lait et sa composition ainsi que la technologie fromagère et les principaux fromages traditionnels algériens.

La deuxième partie de notre étude va s'appuyer sur le matériel et méthodes utilisés pour réaliser ce travail.

La troisième partie englobe les résultats et discussion, avec une conclusion qui clôture ce manuscrit.

**Revue
Bibliographique**

Chapitre I

Généralités sur le lait de vache

1. Définition de lait

Les différentes législations récentes et anciennes reprennent en général les dispositions établies par le premier Congrès International de la répression des fraudes alimentaires à Genève en 1909. Le lait est le produit intégral de la traite complète et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum (Bourgeois et Larpent, 1996) .

Le lait est un liquide alimentaire, opaque blanc mat, légèrement bleuté ou plus ou moins jaunâtre, à odeur peu marquée et un goût douceâtre, sécrété par les glandes mammaires des mammifères, comme la vache, la chèvre, et la brebis, destiné à l'alimentation du jeune animal naissant (Marcel, 2007).

2. La composition de lait

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants ; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance. Quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif : l'eau, les matières grasses, les protéines et le lactose ; les composés mineurs sont représentés par les matières minérales, les enzymes, les vitamines et les gaz dissous (**Fig.01**) (Ramet, 1985).

2.1. L'eau

Le caractère polaire de l'eau, conféré par la présence d'un dipôle et d'un doublet d'électrons sur l'atome d'oxygène, lui permet de former dans le lait une solution vraie avec les substances polaires solubilisées, soit les glucides et les minéraux. La matière grasse forme une émulsion de type huile dans eau. Comme les micelles de caséine sont solides et non-solubilisées, elles sont présentes dans l'eau sous forme de suspension colloïdale. Les protéines du sérum, qui ont une plus grande affinité pour l'eau, sont quant à elles en solution (Amiot et al., 2002).

2.2. Les lipides

La fraction lipidique du lait est constituée de triglycérides (98%) mais on trouve également dans le lait des phospholipides, des stérols et des vitamines liposolubles (< 2%). Un triglycéride est constitué de trois acides gras (AG) et d'une molécule de glycérol. Un AG est lui-même constitué d'une chaîne hydro-carbonée (éléments -CH₂- ou -CH=) et de deux groupements à ses extrémités : méthyle (-CH₃) et carboxyle (-COOH). Plus de 400 AG différents ont été identifiés dans le lait de vache mais seuls 14 d'entre eux sont

présents à plus de 1% dans la matière grasse du lait (**Tab.01**) (Couvreur et Hurtaud, 2007). Ils se caractérisent par :

- La longueur de la chaîne carbonée
 - AG courts (2 à 10 atomes de C)
 - AG moyens (12 à 17 atomes de C)
 - AG longs (18 atomes de C et plus)
- Le degré de saturation des liaisons C
 - AG saturés (pas de double liaison)
 - AG mono-insaturés (une double liaison)
 - AG poly-insaturés (au moins deux doubles liaisons)
- La position de la deuxième double liaison sur la chaîne carbonée, en plus de celle située sur le 9^{ème} C
 - Oméga 3 (double liaison sur le 3^{ème} C)
 - Oméga 6 (double liaison sur le 6^{ème} C)
- Les isomères de position : cis si la double liaison modifie le plan de la molécule (la majorité des AG), trans sinon.

Les AG peuvent être synthétisés de novo par les mamelles (tous les AG courts et moyens, une partie des longs) ou prélevés de la circulation sanguine (la majorité des AG longs, d'origine alimentaire ou adipeuse). La MG est le constituant du lait le plus variable et les proportions relatives des AG dépendent beaucoup de l'alimentation de la vache. Néanmoins, les parts relatives des AG saturés et insaturés sont assez stables, 2/3 et 1/3 respectivement. Parmi les AG insaturés, on retrouve surtout des AG mono-insaturés (95%), les AG poly-insaturés étant peu abondantes dans le lait. Les AG les plus fréquents sont l'acide palmitique (C16 :0) et l'acide oléique (C18 :1), ils représentent 30 et 25% des AG totaux respectivement (**Tab.01**) (Couvreur et Hurtaud, 2007 ; Leonil et al., 2013).

Tableau 01 : Proportions relatives des principaux acides gras de la matière grasse du lait de vache (Alais, 1984).

	Acides gras	Abrégé de nomenclature des AG	Moyennes (%)
Saturés 63%	Butyrique	C4 :0	3,6
	Caproïque	C6 :0	2,3
	Caprylique	C8 :0	1,3
	Caprique	C10 :0	2,7
	Laurique	C12 :0	3,3
	Myristique	C14 :0	10,7
	Pentadécanoïque	C15 :0	1,2
	Palmitique	C16 :0	27,6
	Stéarique	C18 :0	10,1
	Arachidique	C20 :0	0,2
Mono-insaturés 30%	Myristoléique	C14 :1	1,4
	Palmitoléique	C16 :1	2,6
	Oléique	C18 :1	26,0
Polyinsaturés 4,2%	Linoléique	C18 :2 ω6	2,5
	α-linolénique	C18 :3 ω3	1,4
	Arachidonique	C20 :4 ω6	0,3

2.3. Glucides

Le seul glucide libre présent en quantité importante dans le lait est le lactose. C'est un disaccharide, composé de glucose et de galactose. Du glucose et du galactose libres, issus de la dégradation du lactose, sont également retrouvés en quantité négligeable (0,1g/l) (Fredot, 2005 ; Vignola, 2002). Le lactose est synthétisé par la glande mammaire à partir du glucose sanguin. Les pressions osmotiques du lait et du sang sont en équilibre, de sorte que toute diminution (augmentation) de la concentration en lactose sera compensée par une augmentation (diminution) des autres éléments solubles et notamment des minéraux. Les teneurs en lactose sont relativement peu variables, contrairement à d'autres constituants du lait (Alais, 1984). Il joue un rôle important, car il est fermenté lors de fabrication de divers produits laitiers (Mahaut et al., 2000).

2.4. Matières azotées

On distingue deux groupes de matières azotées dans le lait : la matière azotée protéique et la matière azotée non protéique.

2.4.1. Azote non protéique

L'azote non protéique représente en moyenne 5% de l'azote total du lait et se présente sous forme d'urée, créatine, créatinine, ammoniacque, acides aminés libres, vitamines et nucléotides. (Luquet et Bonjean-Linczowski, 1986 ; Mahaut et al., 2000).

2.4.2. Azote protéique

Les protéines du lait se répartissent en deux grandes classes : les caséines (α_1 , α_2 , β et κ) (80%) et les protéines du sérum ou protéines solubles (20%) constituées essentiellement de β -lactoglobuline, d' α -lactalbumine, de protéase peptone et d'immunoglobulines (Amiot et al., 2002 ; Keenan et Patton, 1995).

2.5. Les protéines de lactosérum

Les protéines du lactosérum ont une grande valeur nutritionnelle pour l'homme car elles sont riches en acides aminés essentiels (FAO, 1995). Étant abondantes en acides aminés soufrés, la lysine et le tryptophane (Thapon, 2005). Les deux principales protéines du sérum sont la β -lactoglobuline (55%) et l' α -lactalbumine (22%). Ces protéines ont des points isoélectriques respectifs de 5.1 et 4.8 (Amiot et al., 2002). Les autres protéines du sérum, en proportion moins importante, sont les immunoglobulines (13%), le sérum albumine bovine (7%) et la lactoferrine (4%). Les protéines du sérum sont davantage sensibles à la chaleur que les caséines. À des températures supérieures à 65°C, ces protéines sont dénaturées, puis s'agrègent et précipitent (Kinsella et Morr, 1984). Les protéines du lactosérum, contrairement aux caséines, demeurent solubles sous l'action de la présure. En fabrication fromagère, les protéines sériques se retrouvent en bonne partie éliminées dans le lactosérum lors de l'égouttage (St-Gelais et al., 2002).

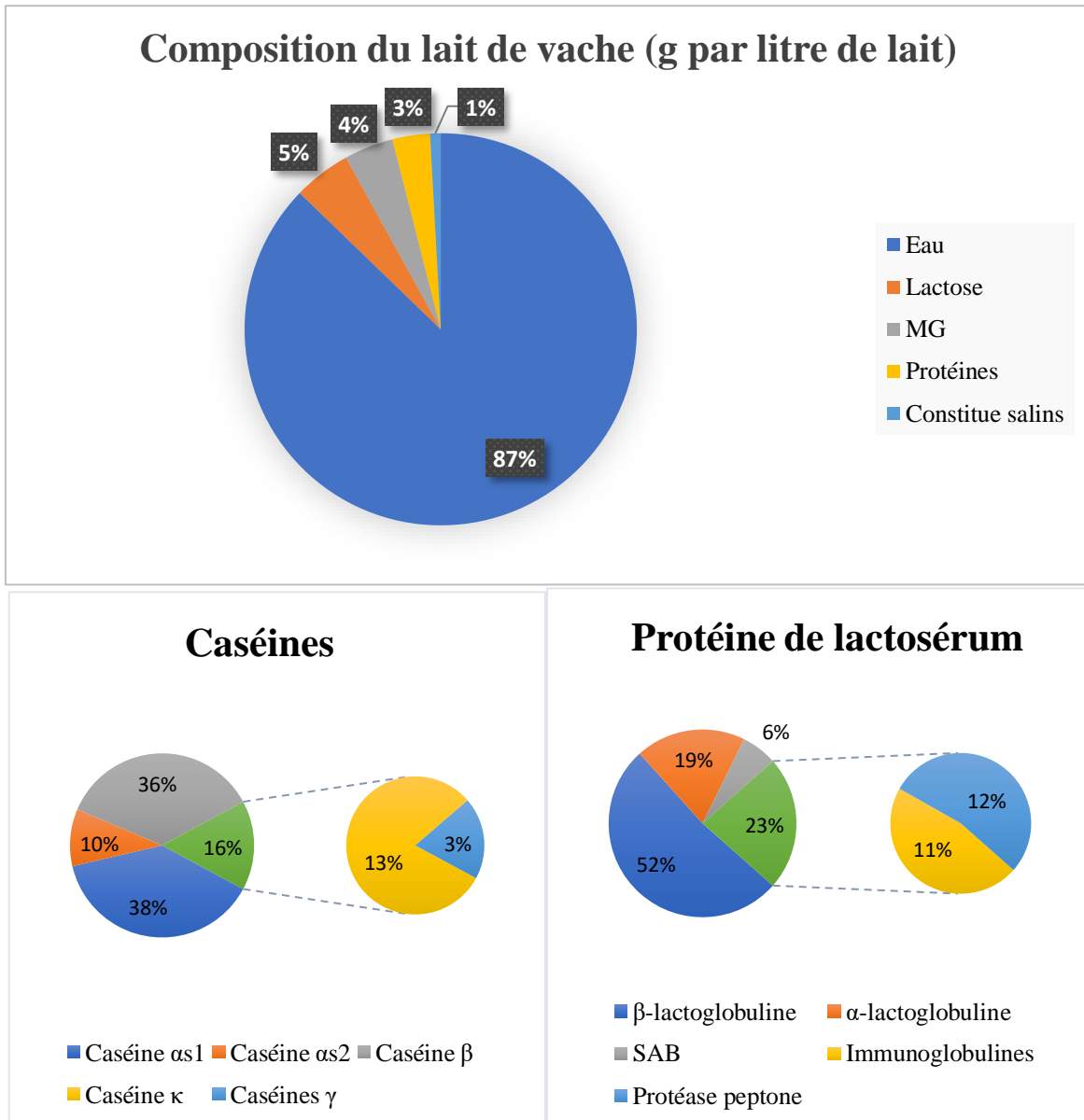


Figure 01 : Composition générale du lait de vache (Pougheon, 2001 ; Walstra et Jenness, 1984)

2.6. Les caséines

Les caséines sont des phosphoprotéines plus ou moins phosphorylées. Les caséines α1, α2 et β ont des charges négatives qui leur permettent de fixer le calcium et de s'associer entre elles par l'intermédiaire de ponts phosphocalciques. La caséine κ se distingue des autres caséines par la présence de glucides, elle peut être plus ou moins glycolyse. Les propriétés spécifiques des différentes caséines leur permettent de s'organiser en un complexe stable appelée micelle. La micelle de caséine est une particule sphérique de 50 à 500 nm de diamètre qui se compose de 92% de caséines (α1, α2, β et κ en proportions relatives 3 :1 :3 :1) et de 8% de sels minéraux (90% de phosphate de

calcium et 10% d'ions magnésium et citrate). La partie externe des micelles de caséine est riche en κ – caséines (Dalglish, 2011) .

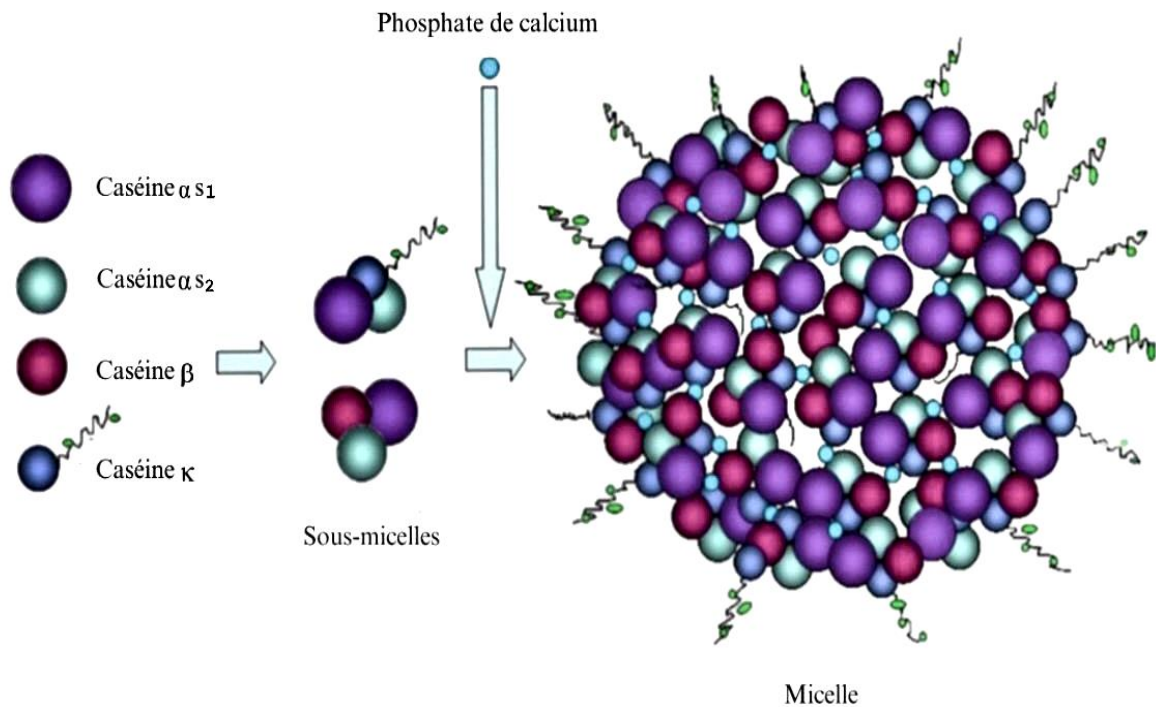


Figure 02 : Représentation schématique des micelles de caséine composées de sous-micelles maintenues ensemble par du phosphate de calcium (Serge et Salvadora, 2015)

2.7. Les minéraux et les vitamines

La fraction minérale du lait (8-9 g/l) est en interaction forte et dynamique avec la fraction protéique du lait. Pour cette raison, les minéraux jouent un rôle important dans la structure et la stabilité des micelles de caséines. Les minéraux du lait sont composés de cations (calcium, magnésium, sodium et potassium) et d'anions (phosphate inorganique, chlore et citrate) (Gaucheron, 2005). Le tableau 02 présente les minéraux les plus importants ainsi que leur concentration massique et molaire dans le lait.

Tableau 02: Composition minérale du lait de vache (Gaucheron, 2005)

Minéraux	Concentration massique (mg /kg)	Concentration molaire (mmol /kg)
Calcium	1043-1283	23-32
Magnésium	97-146	4-6
Phosphore	930-992	30-32
Sodium	391-644	17-28
Potassium	1212-1681	31-43
Chlore	772-1207	22-34
Citrate	1323-2079	7-11

Le lait de vache contient également plusieurs vitamines du groupe B qui interviennent dans le métabolisme énergétique. C'est aussi une excellente source de vitamine B12 qui potentialise l'acide folique, qui à son tour, active la synthèse des protéines nécessaires à la croissance cellulaire. La teneur du lait de vache en différents nutriments et leurs effets bénéfiques sur la santé sont récapitulés dans le tableau 03.

Tableau 03 : Teneur du lait de vache en différents nutriments et leurs effets bénéfiques sur la santé (Haug et al., 2007).

Vitamine	Teneur par L du lait	Effets sur la santé
Vitamine E	0,6 mg	Antioxydant
Vitamine A	280 µg	Vision et différenciation cellulaire
Vitamine B9	50 µg	Synthèse d'ADN, division cellulaire et métabolisme des acides aminés.
Vitamine B2	1,83 mg	Métabolisme énergétique de toutes les cellules, croissance et réparation des tissus, production d'hormones, formation des globules rouges.
Vitamine B12	4,4 µg	Fabrication des globules rouges et du tissu osseux, entretien des cellules nerveuses

3. Principaux facteurs de variation de la composition du lait

La composition chimique du lait et ses caractéristiques technologiques varient sous l'effet d'un grand nombre de facteurs. Ces principaux facteurs de variation sont bien connus, ils sont liés soit à l'animal (facteurs génétiques, stade de lactation, état sanitaire ...) soit au milieu et à la conduite d'élevage (saison, climat, alimentation). Cependant, si les effets propres de ces facteurs ont été largement étudiés, leurs répercussions pratiques sont parfois plus difficiles à interpréter compte tenu de leurs interrelations (Pougheon, 2001).

3.1. La race

De nombreuses études ont été réalisées pour évaluer l'effet des caractéristiques génétiques des animaux sur les caractéristiques du lait. La comparaison des deux races Normande à celui des vaches Holstein fait apparaître de grandes différences pour la plupart des variables, la race Normande produisant moins de lait que la Holstein, mais ayant des taux protéiques (+ 2 à + 2,5 %), butyreux (+ 2 à + 3 %) et calciques (+ 0,1 %) nettement plus élevés, des micelles de caséine plus petites et des tests technologiques très supérieurs (différence relative de - 26 % pour le temps de floculation, - 72 % pour le temps de raffermissement, + 20 % pour la fermeté du caillé) (Froc et al., 1988).

3.2. Stade de lactation

C'est un facteur de variation majeur de la composition chimique du lait (Bony et al., 2005 ; Coulon et Remond, 1991 ; Palmquist et al., 1993 ; Schultz et al., 1990 ; Sraïri et al., 2009). Une corrélation positive existe entre la teneur en matières grasses du lait et le stade de lactation d'un troupeau. Cette liaison est considérée comme un processus de dilution en raison d'une baisse dans les quantités de lait produites (Sraïri et al., 2009). Dans un essai conduit par Schultz et al. (1990) sur 107000 lactations de vaches Holstein, il a été observé que les teneurs du lait en matières grasses et en protéines évoluent de façon inverse à celle de la quantité de lait sécrétée avec une différence entre les concentrations mensuelles minimales et maximales de matières grasses et de protéines en moyenne de 7 g/kg. C'est au cours de la période colostrale que l'évolution journalière de la composition du lait est la plus forte, en particulier pour les protéines.

3.3. L'alimentation

Les facteurs alimentaires ont fait l'objet de nombreux travaux de recherche récents (Bony et al., 2005 ; Gabbi et al., 2013 ; Kaouche - Adjlane et al., 2014 ; Kaouche-Adjlane et al., 2015 ; Kaouche-Adjlane et Mati, 2017 ; Sraïri et al., 2009). Ils représentent les facteurs les plus facilement mobilisables à court terme par l'éleveur pour agir sur la composition chimique du lait (Compere et Dupont, 2005). A titre d'exemple l'alimentation des vaches est le facteur majeur de variation de la composition de la matière grasse du lait. Ces variations ont l'avantage d'être rapidement observées. De nombreuses études ont montré que la mise à l'herbe des vaches laitières au printemps entraînait une réduction de la proportion en AGS, notamment du C16:0, et une augmentation de la proportion des acides gras insaturés (AGI) (principalement C18:1cis-9 et C18:2cis9) et de l'acide stéarique (C18:0) dans le lait comparé au lait des vaches nourries à base d'ensilage de maïs en période hivernale (Chilliard et al., 2007 ; Couvreur et al., 2006 ; Dewhurst et al., 2006 ; Ferlay et al., 2006 ; Lopez et al., 2014). La matière grasse et la matière protéique sont les deux composants les plus étudiés en termes de gestion et de revenus pour le producteur, d'orientation pour la recherche, de la génétique et l'alimentation animale (Agabriel et al., 1995).

3.4. Saison

La composition chimique du lait varie au cours de l'année. Les pourcentages de gras et de protéines dans le lait sont plus élevés pendant l'hiver que pendant l'été (Bauman et al., 2011 ; Heck et al., 2009 ; Varga et Ishler, 2007). Le composant du lait qui varie le moins dû aux saisons est le lactose et celui qui varie le plus est la MG, avec la protéine qui représente un résultat mitoyen (Heck et al., 2009). Cette variation est due aux changements dans la ration et aux conditions climatiques. Les effets spécifiques de la température, soit chaude ou froide, ne sont pas clairs. Des vaches exposées à des températures au-dessous de -5 °C réduisent leur production de lait et par conséquent, la TMG du lait augmente (Bauman et al., 2011). En contrepartie, certains travaux suggèrent que le stress thermique en été peut entraîner des conditions semblables à l'acidose et donc une diminution de la TMG du lait (Bauman et al., 2011).

3.5. Age et numéro de lactation

L'effet de l'âge ou du numéro de lactation est difficile à mesurer. On considère souvent que le vieillissement des vaches entraîne un appauvrissement de leur lait. En fait, au cours des quatre premières lactations de 61 vaches, la composition du lait varie très peu. L'appauvrissement semble apparaître pour les lactations de rang élevé et ce d'autant plus que l'état de la mamelle aura été dégradé sous l'effet cumulé des mammites (Hauwuy, 1996) .

3.6. État sanitaire

D'une manière générale, les troubles sanitaires lorsqu'ils affectent la production laitière, peuvent modifier indirectement la composition du lait. Lorsqu'il y a infection mammaire, les cellules de l'épithélium sécrétoire peuvent être altérées et détruites et la perméabilité vasculaire et tissulaire peut être augmentée. Ces deux phénomènes entraînent une diminution de la capacité de synthèse et un passage accru dans le lait d'éléments venant du sang (Serieys et al., 1987). En effet, des numérations cellulaires élevées associées à des teneurs en lactose et à des proportions en caséines dans les protéines totales plus faibles ont été observées dans les études menées par Coulon et al. (2002) et par Bony et al. (2005).

Chapitre II

Les fromages traditionnels

1. Historique et origine du fromage

Le terme "fromage" provient du latin "formaticus", signifiant "ce qui est façonné dans une forme" (Fox et McSweeney, 2004). Des formes primitives de fromage sont fabriquées depuis que les humains ont commencé à domestiquer les animaux. Le lait de vache et d'autres animaux, était utilisé pour la fabrication du fromage vers 1000 avant notre ère. Personne ne sait exactement qui a fabriqué le premier fromage mais selon une ancienne légende, il aurait été fabriqué accidentellement par un marchand arabe traversant le désert. Le marchand avait mis le lait dans une pochette faite d'estomac de brebis. La présure naturelle présente dans la doublure du sachet, ainsi que la chaleur du soleil, provoquaient la coagulation du lait, puis sa séparation en caillé et en lactosérum (Bandler, 2023).

La découverte d'ustensiles et de récipients utilisés dans la fabrication du fromage lors de nombreuses fouilles archéologiques à travers le monde, notamment en Mésopotamie, en Égypte ou dans le bassin méditerranéen, témoigne de l'utilisation très ancienne de ces fermentations. Le fromage était déjà un mets apprécié durant les époques grecque et égyptienne (Shetty et al., 2005), mais c'est sous l'Empire romain que l'artisanat de production de divers fromages s'est pleinement développé (Fox et McSweeney, 2004). La fabrication du fromage, considérée comme le plus ancien moyen de conserver le lait, reposait sur l'observation que le lait entreposé naturellement s'acidifiait, se coagulait et une fois séparé du lactosérum, formait un caillé compact pouvant être séché, conservé et transporté. L'acidification spontanée provoquait la coagulation, donnant naissance à des produits laitiers tels que les laits fermentés, le beurre et le fromage sec (Rai et al., 2016 ; Vilain, 2010).

2. Définition du fromage

Selon la norme de la réglementation française (2013), le terme « fromage » est utilisé pour désigner un produit fermenté ou non, affiné ou non, fabriqué à partir des matières exclusivement laitières suivantes : lait, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, MG, babeurre, utilisées individuellement ou en mélange et coagulées entièrement ou partiellement avant l'égouttage ou après l'élimination partielle de la partie aqueuse.

Selon la norme FAO/OMS (1978): le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum/caséine n'excède pas celui du lait, obtenu :

- a) Par coagulation du lait, lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, seul ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation
- b) Par l'emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir de lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques similaires à ceux du produit défini plus haut.

Selon cette même norme :

- Le fromage « affiné » est celui qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication, qui doit être maintenu pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.
- Le fromage « affiné aux moisissures » est celui dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques dans la masse et/ou sur la surface du fromage.
- Le fromage « frais ou non affiné » est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication.

3. Technologie fromagère

D'après Brulé et Lenoir (1987), la transformation du lait en fromage comporte quatre étapes : coagulation, égouttage, salage et affinage (**Fig.05**).

3.1. Coagulation

La coagulation du lait est une étape décisive dans la fabrication de toutes les variétés de fromage. C'est le passage irréversible du lait de l'état liquide à l'état semi-solide connu sous le nom de gel ou coagulation (Michel et al., 2003). Elle correspond à une déstabilisation de l'état micellaire originel de la caséine. Les micelles de caséine doivent leur stabilité à deux facteurs :

- La charge de surface : les caséines ont un caractère acide très net ; au pH normal du lait, elles ont un fort excès de charges négatives. Les micelles sont elles aussi chargées et de fortes répulsions électrostatiques empêchent leur rapprochement.

- Le degré d'hydratation : l'eau fixée par les micelles est importante (3,7 g par g de protéines) ; une partie de cette eau forme autour de chaque micelle une enveloppe d'hydratation protectrice.

La coagulation peut s'effectuer par acidification fermentaire à l'aide de bactéries lactiques, par l'action enzymatique à l'aide d'enzymes coagulantes, en particulier la présure ou encore par l'action combinée des deux (FAO, 1995).

3.1.1. Type de coagulation

3.1.1.1. Coagulation acide

Il s'agit de précipiter les caséines à leur point isoélectrique (pH = 4,6) par acidification biologique soit à l'aide de ferments lactiques qui transforment le lactose en acide lactique soit par acidification chimique (injection de CO₂, ou addition de GDL) ou encore par ajout de protéines sériques à pH acide.

Cette acidification diminue les charges négatives des micelles et donc une diminution de la couche d'hydratation et des répulsions électrostatiques, ainsi qu'une solubilisation du calcium et du phosphore minéral, entraînant une déstructuration des micelles de caséine avec réorganisation protéique, pour former un réseau puis un gel à pH = 4,6 (Michel et al., 2003).

3.1.1.2. Coagulation mixte

Elle résulte de l'action conjuguée de la présure et de l'acidification. La multitude de combinaisons conduisant à différents états d'équilibres spécifiques est à l'origine de la grande diversité des fromages à pâte molle et à pâte pressée non cuite (Jeantet et al., 2006).

Dans les deux cas, le coagulum se décompose et se détache du lactosérum après sa formation. Il s'agit de la synérèse du caillé ou l'égouttage. Le coagulum par emprésurage se caractérise par une synérèse rapide, tandis que le coagulum acide se caractérise par une synérèse lente (Lenoir, 1985).

3.1.1.3. Coagulation enzymatique

Elle consiste à transformer le lait de l'état liquide à l'état de gel par action d'enzymes protéolytiques, le plus souvent d'origine animale (Michel et al., 2003).

Généralement, la coagulation se divise en deux phases : la phase enzymatique dans laquelle la κ -caséine est dégradée par la chymosine, et la phase non enzymatique qui correspond à la formation d'un gel à travers l'agrégation des micelles dégradées. Ces deux

phases diffèrent par leur nature mais ne sont pas totalement séparées dans le temps (Frederiksen et al., 2011).

Pendant la phase enzymatique (**Fig.03**), la chymosine provoque l'hydrolyse de la partie C-terminale de la κ -caséine entre la liaison phénylalanine (105) et méthionine (106). Cette hydrolyse produit :

- Le para caséine : segment de 1 à 105, basique, hydrophobe et liée aux caséines α s et β siège de la coagulation proprement dite (formation du coagulum).
- La caséine macropeptide (CMP) (appelée aussi glyco macropeptide), segment de 106 à 169, acide hydrophile et libre qui passe dans le lactosérum (Michel et al., 2003).

La CMP est fortement chargée, le potentiel électrostatique des micelles de caséine diminue fortement, affaiblissant les répulsions électrostatiques entre les micelles. Son hydrolyse élimine également le deuxième facteur de stabilité de la caséine : la répulsion stérique due à la couche d'hydratation. Ces molécules de para-caséine manquent d'éléments stabilisants et s'agrègent dans la deuxième phase de la coagulation (Walstra et al., 2005).

Lorsqu'une réduction suffisante des forces répulsives (électrostatiques, stériques et hydriques) à l'origine de la stabilité colloïdale est atteinte, condition obtenue dans le cas du lait à pH = 6,6 pour un taux d'hydrolyse de la caséine κ d'environ 80%, les micelles voisines ou contiguës commencent à s'agréger et le lait prend un aspect floconneux (Thomas et al., 2008). Les micelles déstabilisées formeront un réseau tridimensionnel appelé coagulum, ou gel, qui piège le lactosérum et les globules gras. Ce gel est instable et suite à la contraction des micelles, il expulse la phase liquide hors du caillé. Ce phénomène, appelé synérèse, sépare le caillé contenant de la caséine et de la graisse du lactosérum contenant du lactose, des minéraux et des protéines solubles (Vignola, 2002).

105-106

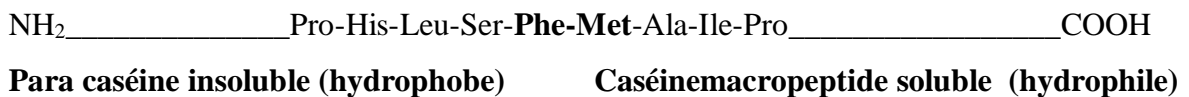


Figure 03: Phase primaire enzymatique (Michel et al., 2003).

3.1.1.3.1. Enzymes coagulants

Il y a un grand nombre d'enzymes protéolytiques ont la propriété de coaguler le lait : (Michel et al., 2003).

- Enzymes d'origine animale : présure (veau, agneau, chevreau), pepsine (porc, poulet).
- Enzymes d'origine végétale : ficine (figuier), bromélaïne (ananas), enzymes (chardon, artichaut, courge).
- Enzymes d'origine microbienne : moisissures (*Mucor pusillus*, *Mucor miehei*) ou de bactéries (*Escherichia coli*, *Bacillus subtilis*).

3.1.1.3.1.1. Coagulant d'origine animale

Les fromagers coagulent le lait à l'aide d'enzymes, qui proviennent principalement du tractus digestif de divers animaux ruminants tels que le veau, la vache, la chèvre et la brebis (Froc, 2006). La présure de veau est le coagulant traditionnellement utilisé pour la coagulation du lait, la présure inclut La chymosine 80 % et la pepsine 20 % sont des enzymes coagulantes. La chymosine est principalement présente dans la caillette du jeune veau (le quatrième estomac des ruminants). Avec la croissance du veau, les proportions s'inversent, Dans la caillette, la proportion de chymosine active chute ainsi de plus de 90 % à moins de 10 % chez le bovin adulte. Les proportions de chymosine et de pepsine dans les présures sont cruciales car les deux enzymes n'ont pas la même activité protéolytique et la pepsine est moins spécifique (Christine et Stéphane, 2017).

3.1.1.3.1.2. Coagulants d'origine végétale

Les coagulants à base de plantes émergent comme des alternatives favorables aux coagulants laitiers animaux et évitent de recourir à l'achat ou à la préparation de présure animale, et permettent de profiter d'une ressource gratuite. Le processus de production par la présure est coûteux et implique de tuer de jeunes veaux. Cela a soulevé des préoccupations éthiques s'opposant à l'abattage de jeunes animaux pour des sources de protéase. Des contraintes religieuses existent également, certaines croyances interdisant l'utilisation de sources animales pour les coagulants de lait. Un autre problème est que les végétariens du monde entier ne peuvent pas consommer de produits laitiers produits avec de la présure animale. Pour répondre à ces préoccupations, divers substituts à la présure animale ont été développés, offrant des sources alternatives pour la production de fromage qui correspondent aux valeurs végétariennes et évitent les controverses liées à l'utilisation des animaux (Rupbansraaj et al., 2019).

Les coagulants végétaux ont également une activité protéolytique élevée, il existe de nombreuses substances coagulantes qui sont extraites du règne végétal par macération de divers organes de plantes supérieures. Le gaillet, l'artichaut et le chardon font partie des

espèces européennes qui ont été et/ou sont encore employées dans la production de fromages fermiers, en particulier dans les régions de l'ouest du bassin Méditerranéen (Ramet, 1985).

Les protéases ont été divisées en groupes en fonction du mécanisme catalytique utilisé pendant le processus d'hydrolyse. Les principaux types catalytiques sont l'aspartate, la sérine et la cystéine. Le tableau 04 montre quelques exemples de protéases végétales coagulantes et de leurs sources (Rupbansraaj et al., 2019).

Tableau 04 : Types et sources des protéases végétales coagulantes du lait.

Type de protéase	Nom de la protéase	Source de la protéase
Aspartique	Cardosines et cyprosines Cynara	Chardon / Cardon (<i>Cynara cardunculus</i>) Artichaut (<i>Cynara scolymus</i>)
Cystéine	Bromélaïne Ficine Papaine	Ananas (<i>Ananas comosus</i>) Figuer (<i>Ficus racemosa</i>) Papaye (<i>Carica papaya</i>)
Sérine	Cucumisine Lettucine	Melon (<i>Cucumis melo</i>) Laitue (<i>Lactuca sativa</i>)

3.1.1.3.1.3. Coagulants d'origine microbienne

Grâce aux progrès technologiques, les microbes sont également largement utilisés comme vecteur pour produire des coagulants du lait par génie génétique. Certaines sources microbiennes de coagulants ont réduit le rendement du caillé, ce qui est dû à l'inefficacité des microbes pour agréger les micelles de caséine, ce qui entraîne un caillé plus mou avec des rendements plus faibles (Rupbansraaj et al., 2019).

Selon Ramet (1985), des protéases d'origine bactérienne provenant de cultures en fermenteurs de Bacilles et de Pseudomonas ont donné en général des résultats décevants en raison de leur activité protéolytique généralement très élevée.

Les enzymes d'origine fongique, au contraire, ont donné des résultats meilleurs, souvent comparables à ceux obtenus avec la présure. Bien que les sources microbiennes de coagulants soient moins chères que les sources végétales et animales de coagulants, leur rapport entre l'activité de coagulation du lait et l'activité protéolytique est faible. De plus, de nombreux arguments sont soulevés contre l'utilisation d'aliments génétiquement modifiés (Rupbansraaj et al., 2019).

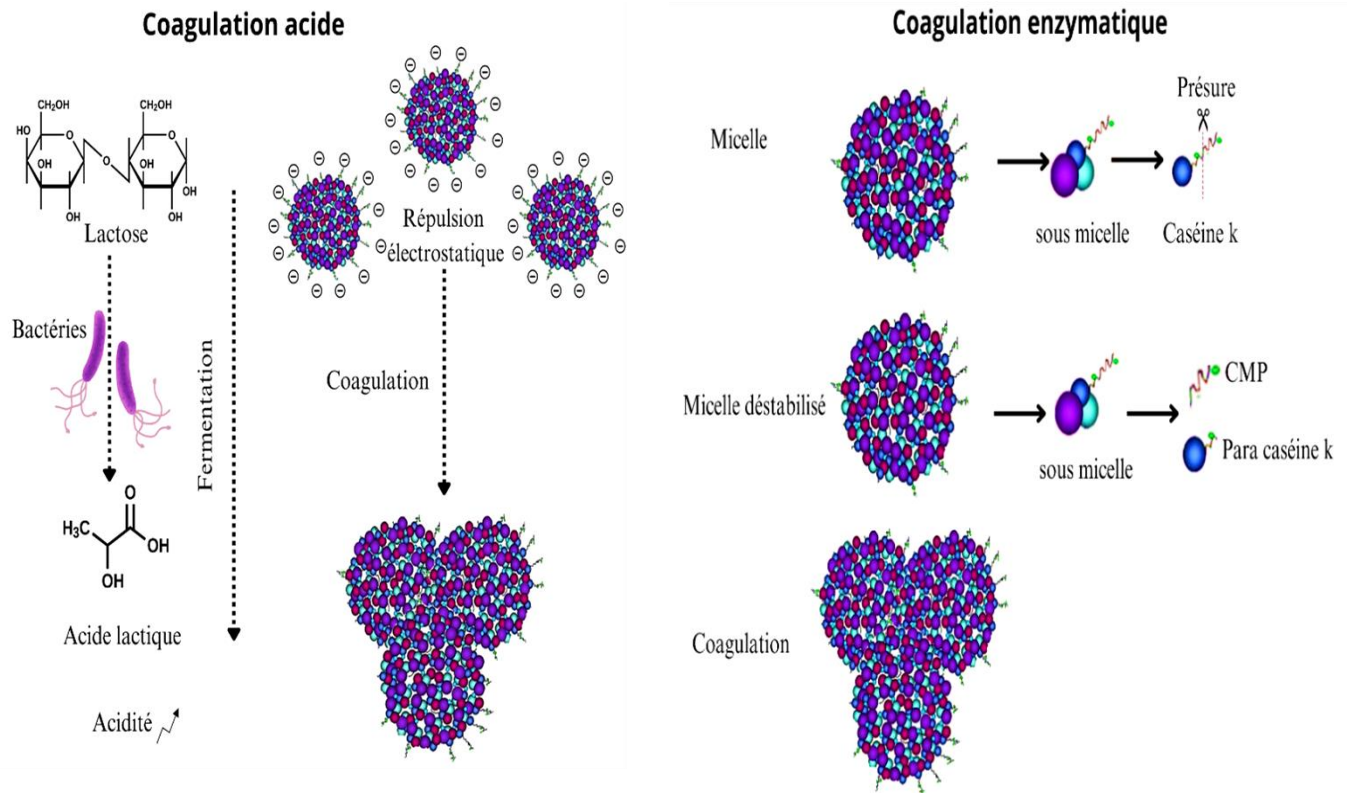


Figure 04: Les mécanismes de coagulation acide et enzymatique (d'après de modèle de Schmidt et Walstra, inspiré par (Florian, 2012))

3.2. Égouttage

L'égouttage correspond à l'élimination du lactosérum emprisonné dans les mailles du gel formé par voie acide et/ou enzymatique. Cette élimination du lactosérum sera plus ou moins rapide selon la nature et l'histoire du coagulum. L'égouttage commence dans les cuves de coagulation, se poursuit dans les moules, puis dans les hâloirs (Michel et al., 2003).

Lorsque le lactosérum est séparé, les composants originaux du lait sont également séparés : l'eau et le lactose majoritaires, ainsi qu'une faible quantité de matières grasses et de protéines sont éliminés avec le sérum. Le coagulum retient principalement les protéines et les matières grasses, faisant ainsi augmenter progressivement le taux de matières sèches au fur et à mesure de l'élimination du sérum (FAO, 1995).

3.3. Salage

Deux méthodes de salage sont utilisées : le salage à sec des fromages par saupoudrage à la main ou à la machine, le salage à froid ou l'incorporation dans le caillé. La plupart des fromages ont une teneur en sel de 1,5 à 2,5 pour cent (FAO, 1995).

Parmi ses fonctions :

- Le sel agit comme conservateur en raison de sa capacité à réduire l'activité de l'eau qui empêche la croissance de la plupart des micro-organismes indésirables (Abdalla et El-Zubeir, 2006 ; Salwa et Galal, 2002).
- Son ion chlorure inhibe également la germination des spores microbiennes.
- Inclut la contribution au goût, à la fois directement puisque le sel est un composant du goût attendu du fromage et comme exhausteur de goût.
- Le sel interagit avec les composants majeurs du fromage et affecte ainsi ses caractéristiques fonctionnelles (Floury et al., 2009).
- Le sel a une fonction essentielle dans l'hydratation des protéines et dans la modification de la capacité de rétention d'eau de la caséine au sein de la matrice du fromage et de sa viscosité, ce qui affecte la stabilité et les propriétés texturales.

3.4. Affinage

L'affinage est une digestion enzymatique du caillé. Les macromolécules issues de la coagulation et de l'égouttage présentent une faible sapidité, ce qui confère au fromage démoulé une texture ferme. Au cours de l'affinage, le caillé se transforme en fromage en raison de l'action des diverses enzymes actives. La solubilité et l'assouplissement de celui-ci entraînent l'apparition de molécules plus petites, plus sapes et odorantes au fur et à mesure de la dégradation (Franck et Enilia, 2018).

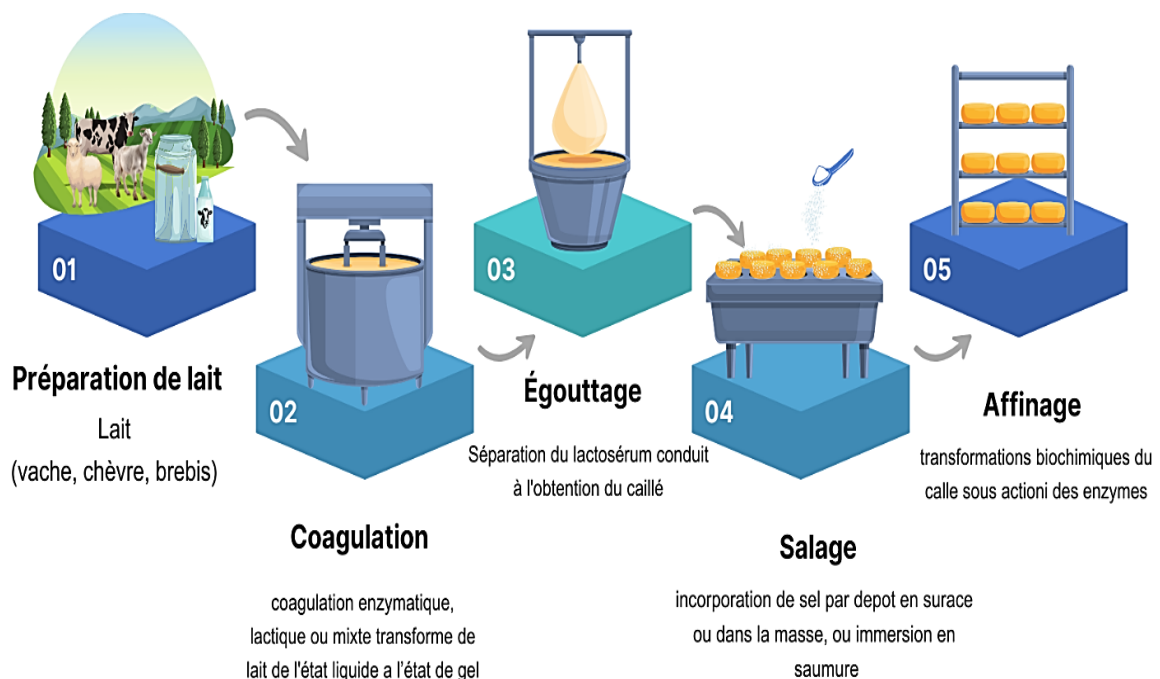


Figure 05 : Les étapes de fabrication du fromage

4. Fromages traditionnels Algériens

L'Algérie a une tradition des produits laitiers et plus particulièrement de fromages traditionnels bien connus, transmise de génération en génération, ce qui a un aspect important de la culture algérienne. Ces fromages traditionnels sont cependant confectionnés par les populations rurales et sont destinés à l'autoconsommation et le surplus peut être vendu par des voies informelles (dans les marchés urbains) (Bencharif, 2001). Ces fromages qui risquent d'être en voie de disparition méritent la particularité d'être produits à petite et grande échelle industrielle pour améliorer leurs qualités et leur faire commercialiser par des voies formelles. Ceci amènera à une standardisation de leurs propriétés technologiques (Benkerroum et Tamime, 2004) .

Les fromages traditionnels algériens sont divisés en différentes classes comprenant : les fromages fondus (*Medghissa*), les fromages affinés (*Bouhazza*), les fromages à pâte dure (*Klila*, *Takammart*, *Ioulsân*) et les fromages frais (*Kemariya*, *Mechouna*, *Jben*) (Leksir et al., 2019).

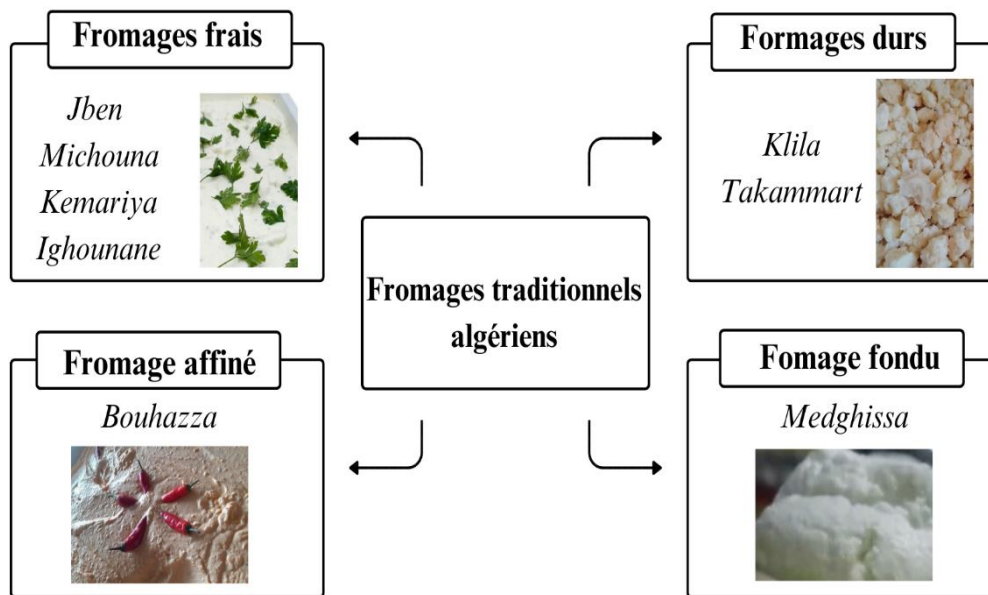


Figure 06 : Les différentes catégories des fromages traditionnels algériens

4.1. Fromage fondu

4.1.1. *Medghissa*

Le fromage *medghissa* est connu dans la zone des Chaouia côté Est du pays. Il est préparé avec le *klila* fraîche après salage et incorporation de lait frais. L'ensemble est porté à ébullition sur feu doux jusqu'à séparation du caillé et du lactosérum. Après refroidissement du mélange, la marmite est basculée pour éliminer le lactosérum. Le fromage ainsi préparé est une pâte jaune salé et élastique appelé *medghissa* (Zitoun et al., 2011).

4.2. Fromage affiné

4.2.1. *Bouhazza*

C'est un fromage traditionnel, sa fabrication est localisée dans les régions de l'Est algérien, spécifiquement pratiquée chez les populations Chaouia (Oum El Bouaghi, Khenchela, Batna et Tébessa) (Aissaoui Zitoun, 2004). Il est connu sous deux autres dénominations soit « melh dhouab et boumelel ». La dénomination « *bouhazza* » est la plus répandue et connue dans cette zone. Cette dénomination semble se référer au fait que la peau de chèvre est suspendue durant toute la période de fabrication (Aissaoui Zitoun et al., 2011). En effet, à l'origine *bouhazza* était le produit de la transformation du lait de chèvre et éventuellement de brebis ; toutefois, la tendance actuelle semble s'orienter vers l'utilisation du lait de vache (Aissaoui Zitoun et al., 2012 ; Zaidi et al., 2000). Il s'agit d'un fromage fermier, à égouttage spontané et à pâte épicée et non moulée (Zaidi et al., 2000).

Le fromage *bouhazza* peut être fabriqué à partir des laits de différentes espèces soit seul, soit en mélange. Sa préparation se fait par une quantité initiale de *lben*. Durant toute la période de fabrication des quantités supplémentaires de *lben* seront ajoutées. Le salage, l'égouttage et l'affinage sont réalisés simultanément dans la chekoua pendant la période de la préparation (Aissaoui Zitoun et al., 2011 ; Medjoudj et al., 2017). En plus de son acidité remarquable, il a un goût salé et piquant suite à l'utilisation du sel et de piment rouge. La persistance globale dans la bouche est longue et il a une texture douce (Aissaoui Zitoun et al., 2011).

4.3. Fromages durs

4.3.1. *Klila*

Le Klila est un fromage fermenté à pâte dure produit empiriquement dans plusieurs régions de l'Algérie. Il est fabriqué par un chauffage relativement modéré (entre 55 et 75C°) du *Lben* jusqu'à l'obtention d'un coagulum (entre 10 et 15 minutes) et sans utilisation de culture starter (Mennane et al., 2007). Le coagulum peut être consommé tel qu'il est après égouttage naturel ou à l'aide d'une pierre (fromage frais) ou bien, il peut subir un découpage et séchage (réhydratation de 2 à 15 jours selon la saison) et être utilisé comme un ingrédient dans les préparations culinaires traditionnelles. Le fromage *Klila* se conserve plusieurs années à température ambiante sous sa forme déshydratée, dans des jarres en poterie ou en verre, dans des sacs en peau de chèvre ou de mouton (Lahsaoui, 2009).

4.3.2. *Takemmart*

Littéralement « Fromage » en langue Tamasheq (Touaregs), le *Takemmart* est un autre fromage de la région désertique du Hoggar, il est produit par l'introduction d'un morceau de caillette de jeunes chevreaux dans le lait. Le caillé obtenu est retiré à l'aide d'une louche et déposé et pétri en galettes sur des nattes à base de tiges de fenouil lui conférant un goût anisé. Les nattes sont, par la suite, exposées au soleil pendant deux jours puis placées à l'ombre jusqu'au durcissement du fromage (Mahamedi, 2015).

4.4. Fromages frais

4.4.1. *Ighounane*

L'Ighounane est un fromage fabriqué dans les hauteurs du Djurdjura en Kabylie à partir de colostrum (le premier lait d'une vache qui met bas) ; la préparation « *Ighounane* » est réalisée dans des ustensiles en terre cuite enduits d'huile d'olive dans lesquels on verse un peu d'eau salée, puis le lait est chauffé et coagulé. Le caillé formé est découpé pour continuer à s'égoutter puis est consommé tel quel (Leksir et al., 2019).

4.4.2. *Méchouna*

La *Méchouna* est un fromage frais fréquemment fabriqué dans la région de Tébessa, en particulier en milieu rural. Il peut être préparé tout au long de l'année, surtout pendant la période d'abondance du lait. La façon de fabriquer ce fromage est simple. Le procédé utilisé est unique, et seul le type des matières premières (lait de vache ou de

chèvre) change. Traditionnellement, la *Méchouna* est préparée avec du lait de chèvre, mais le lait de vache est désormais plus fréquemment utilisé. Le processus commence par un traitement thermique du lait jusqu'à ébullition. Ensuite du *Lben* est ajouté avec du sel. Souvent la quantité de *Lben* est la moitié de la quantité du lait. Le tout est à nouveau chauffé jusqu'à ce que le caillé et le lactosérum coagulent et se séparent. Le caillé est séparé du lactosérum par filtration dans un tissu (chèche ou mousseline) suspendu et laissé égoutter jusqu'à élimination complète du lactosérum. En général, cette étape peut durer une nuit afin d'assurer que l'égouttage est terminé (Derouiche et Zidoune, 2015).

4.4.3. *Kemariya (Takemmarite)*

La *Kemariya* ou *Takemmarite* (Berbère), est fabriqué selon des procédés traditionnels dans les régions du M'zab, notamment dans la wilaya de Ghardaia. Il est consommé souvent comme dessert durant les périodes de fêtes arrosé de miel, garni de cacahuètes et servi souvent avec du thé à la menthe. C'est un fromage traditionnel produit principalement à partir de lait de chèvre, Il est coagulé par des présures végétales ou animales, cependant il peut être aussi fabriqué à partir du lait de vache et de chamelle (Bousnane et Djadi, 2009).

4.4.4. *Jben*

Le *Jben* est un fromage frais traditionnel algérien produit à partir de lait cru de vaches, chèvres et brebis, à petite échelle pendant la période d'abondance laitière dans une zone restreinte du Nord-Est et Ouest de l'Algérie (Tadjine et al., 2020). Sa fabrication traditionnelle comporte une étape d'acidification spontanée du lait cru de vache, de brebis ou de chèvre à température ambiante suivi d'une coagulation par de biais d'addition d'un agent coagulant autochtone d'origine végétale (exemple : fleurs de chardon, d'artichaut) (Nouani et al., 2009) ou d'origine animale (exemple : caillette, proventricules). Le coagulum ainsi obtenu est égoutté dans une mousseline jusqu'à atteindre la consistance désirée (Benkerroum et Tamime, 2004). Le salage peut avoir lieu, quelques épices ou de plantes aromatiques peuvent être additionné selon la région de production. Il contient une microflore variée qui constitue une ligne de défense par la production d'acide lactique, de peroxyde d'hydrogène et de bactériocines (Boudjaib, 2013).

Revue Expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

I. Matériel et méthodes**I.1. Matériel****I.1.1. Matériel non biologique****• Appareillage :**

- Agitateur magnétique (nahita blue)
- Bain-marie (memmert)
- Balance électronique (KERN PCB)
- Dessiccateur
- Etuve (memmert)
- Centrifugeuse (nuve NF200)
- Four à moufle
- pH mètre (Hanna instruments)
- Soxhlet (Gerhardt)
- Doseur d'azote (UDK 126D)
- Evaporateur rotatif
- Vortex
- Spectrophotomètre (SHIMADZU UV-1900i)
- Verrerie (bêchers, fioles jaugées, pipettes graduées, burette de précision, verre de montre, erlenmeyers, entonnoirs, éprouvette, cristalliseur, baguette en verre, tube à essai...etc.).

• Produits chimiques et réactifs :

- NaOH, éther de pétrole, CuSO₄, K₂SO₄, acide sulfurique, acide borique, méthanol, DPPH.
- Tashiro, phénolphtaléine.

I.1.2. Matériel biologique**• Prélèvement et transport d'échantillons**

Les échantillons de lait ont été prélevés juste après la traite ; une quantité de lait (4 litres) a été récupérée et placée dans des glacières propres. Les échantillons ont ensuite été amenés directement au laboratoire dans des récipients stériles et réfrigérés (4°C) jusqu'à analyse.

•Préparation des agents de coagulation

Pour la présure animale, Les préparations commerciales de la présure bovines sont issues de la firme Alcofermbrew (France), la présure liquide Alcofermbrew est un produit totalement naturel d'origine animale ; la présure est extraite du quatrième estomac des ruminants (veau) puis transformée sous forme liquide.

Tableau 5 : Caractéristiques de la présure de veau (étiquette de produit)

Produit d'origine naturelle	Présure de veau
Dosage	3 à 5 gouttes pour 1 litre de lait
Efficacité du produit	150 - 500 L de lait
Type	liquide
Type de matière	Veau
Chymosine	80%
Pepsine	20%

Tandis que, pour les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus*) afin d'obtenir une activité coagulante optimale et un rendement d'extraction plus élevé, les fleurs de chardon doivent être récoltées à un stade avancé de floraison, à partir de capitules frais puis conservées dans un linge pour sécher à température ambiante et à l'abri de la lumière directe du soleil, dans un endroit bien aéré pendant 10 à 20 jours (Aquilanti et al., 2011; Roseiro et al., 2003).

I.2. Méthodes

I.2.1. Fabrication du fromage traditionnel frais (*Jben*)

Dans les procédures traditionnelles de préparation du *Jben*, le lait de vache cru est généralement utilisé. Le lait est d'abord filtré pour éliminer les impuretés grossières qu'il peut contenir, puis il est chauffé dans un récipient à 40 °C pendant 10 min, par la suite, une cuillère à café (environ 20 gouttes de la présure dans 2 litres de lait) est mise dans le lait pendant qu'il est modérément chauffé, provoquant le caillage du lait. Après coagulation, le coagulum ainsi obtenu est égoutté dans des sacs de tissus en mousseline. Ces sacs sont ensuite suspendus pour laisser le lactosérum s'écouler à température ambiante. La durée d'exposition du caillé à l'air dépend de la consistance souhaitée de la pâte. Généralement, la pâte obtenue est souvent mal soudée et très humide.

Une fois égoutté, le caillé est divisé en petits morceaux et mis dans des boîtes en verre. Pour le deuxième type de fromage traditionnel frais (*Jben*) à base du coagulant végétale (FCV), nous avons suivi le même procédé mais cette fois la présure utilisée était constituée de fleurs de chardon (une quantité de 2 g de fleur séchée dans 2 litres de lait). Sachant que, les étapes du notre procédé de transformation du lait en fromage traditionnel frais (*Jben*) a suivi le protocole décrit par Tabet et al. (2023) (**Fig.07**). Pour chaque coagulant, deux échantillons de fromage ont été produits à partir du même lot du lait.

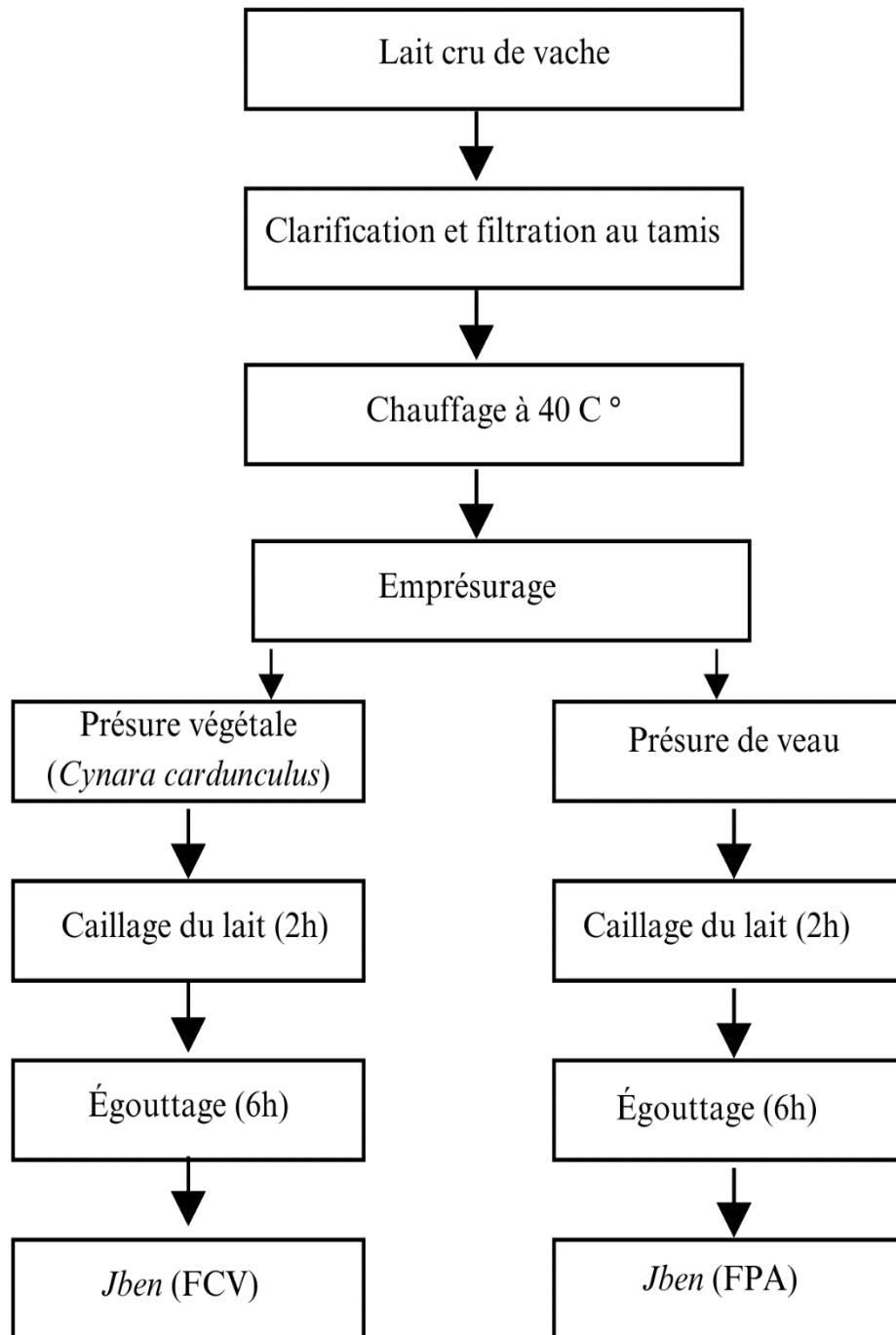


Figure 07 : Schéma de fabrication du fromage traditionnel frais (*Jben*).

I.2.2. Analyses

Après égouttage, les échantillons du fromage ont été coupés et divisés en plusieurs morceaux pour déterminer les caractéristiques physicochimiques et biochimiques ainsi que l'activité antioxydante.

I.2.3. Analyses physico-chimiques

I.2.3.1. Détermination du pH

Le pH a été déterminé selon la méthode mentionnée par Leksir (2018). Un échantillon de 10 grammes du fromage est broyé à l'aide d'un ultraturax (IKA T18) dans 70 ml d'eau distillée. Le pH est mesuré par l'immersion de l'électrode du pH-mètre (HANNA instruments pH 211) dans le mélange sous agitation, trois répétitions ont été réalisées.

I.2.3.2. Détermination de l'acidité titrable

La détermination de l'acidité titrable consiste à solubiliser l'acide lactique d'une prise d'essai de 10 g de fromage écrasés dans un mortier avec 20 ml d'eau distillé à 40°C. Cette solution a été filtrée et 25 ml de solution filtrée ont été utilisés pour titrage. Trois gouttes de phénolphthaléine ont été ajoutées et titrées avec NaOH 0,1 N jusqu'au premier couleur rose pâle permanente (Sara et al., 2016).

Pour obtenir l'acidité titrable en degrés Dornic (°D), la valeur de A est multipliée par 10 (Guiraud, 1998).

La valeur de l'acidité du *Jben* est obtenue par la formule suivante :

$$A = 10 \times \frac{V}{V'}$$

- A : quantité d'acide lactique en (g/l).
- V : volume de la solution de NaOH utilisé (ml).
- V' : volume de l'échantillon (ml).

I.2.4. Analyses biochimiques

I.2.4.1. Détermination de la matière sèche

5 g de l'échantillon placés dans un creuset en porcelaine préalablement taré ont été mets dans l'étuve réglée à 103-105°C pendant 24 heures. Ces dernières sont ensuite retirées la capsule de l'étuve et la mettre dans le dessiccateur. Ces dernières sont ensuite

refroidies à l'air ambiant et puis pesées (Mahieddine et al., 2017). Le taux de matière sèche a été déterminé par la formule suivante :

$$\text{MS \%} = \frac{\text{M1} - \text{M0}}{\text{M}} \times 100$$

- M1 : Masse en g de capsule et du résidu après dessiccation et refroidissement masse à vide du creuset plus celle des cendres.
- M0 : Masse en g de la capsule vide.
- M : Masse en g de la prise d'essai.

I.2.4.2. Détermination de la teneur en cendres

Était obtenue par incinération de l'échantillon par voie sèche. 4 g de fromage placés dans un creuset en porcelaine préalablement taré ont été calcinés dans un four à moufle à 550 °C pendant 5 à 6 heures. Ces dernières sont ensuite refroidies à l'air ambiant et puis pesées (Mallaye, 2016). La teneur en cendres a été déterminée par la formule suivante :

$$\text{Cendre \%} : \frac{\text{M1} - \text{M0}}{\text{M}} \times 100$$

- M1 : Masse en g de creuset et l'échantillon après dessiccation et refroidissement.
- M0 : Masse en g du creuset vide.
- M : Masse en g de la prise d'essai.

I.2.4.3. Détermination de la matière grasse

La teneur en matière grasse a été déterminée par la méthode Soxhlet est la méthode de référence utilisée pour l'extraction de la matière grasse (AOAC, 2005). Un poids de 5 g de fromage broyé et séché enveloppé dans du papier filtre a été placé dans une cartouche (une capsule de cellulose qui est perméable au solvant et à la matière grasse qui y est dissoute) d'extraction Soxhlet. Ensuite, un ballon rempli d'un solvant (éther de pétrole) a été chauffé (à 65°C) afin que le solvant se déplace à travers l'échantillon et extrait graduellement la matière grasse. Le solvant contenant la matière grasse retourne dans le ballon par déversements successifs causés par un effet de siphon dans le coude latéral. La matière grasse s'accumule dans le ballon jusqu'à ce que l'extraction soit complète.

La procédure d'extraction doit être poursuivie pendant près de 4 à 5 h (4-6 siphonnages au cours de l'extraction). Le contenu du ballon a été évaporé sous pression réduite dans un bain-marie réglé à 50°C jusqu'à ce que l'évaporation soit visuellement

terminée. Le ballon contenant les lipides est placé à l'étuve pendant 30 min à 103°C, puis au dessiccateur pendant 30 min. On réalise une série de pesées jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

La teneur en matière grasse est donnée par la relation suivante :

$$\text{MG (g/100g)} = \frac{(m1 - m0)}{me} \times 100$$

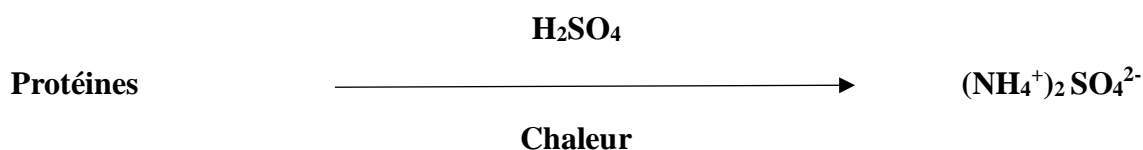
- m0 : la masse de la fiole rodée.
- m1 : la masse de la fiole rodée avec la matière grasse.
- me : la masse d'échantillon de fromage.

I.2.4.4. Détermination de l'azote total et du taux de protéines

La teneur en matière azotée est déterminée selon la méthode de Kjeldahl, conformément à la norme (ISO 27871) 2011, dont le principe est fondé sur la transformation de l'azote organique en azote minéral sous forme ammoniacale $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ par l'action de l'acide sulfurique à chaud et en présence de catalyseur de minéralisation.

➤ La minéralisation

La phase de minéralisation se déroule selon la réaction suivante :



Le sulfate d'ammonium est déplacé par une solution d'hydroxyde concentré puis entraîné par la vapeur d'eau ensuite la solution est titrée.



Dans un récipient de minéralisation (matras) on ajoute à 1g du fromage, 20 ml d'acide sulfurique, 2 g de catalyseur (mélange de 25g de sulfate de potassium (K_2SO_4), 2,5g de sulfate de cuivre (CuSO_4) et 0.25g de sélénium (Se)). L'ajout de K_2SO_4 permet l'élévation de la température d'ébullition du milieu de minéralisation jusqu'à 420°C pendant environ 3 heures.

➤ La distillation :

Après l'étape de minéralisation, la distillation et la fixation de l'ammoniac sont effectuées dans un distillateur automatique (BÜCHI Distillation Unit K-350) par l'ajout d'un volume d'eau puis un volume de NaOH égal à celui de l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré pour neutraliser puis alcaliniser le NH_4^+ en NH_3 .

➤ Titration

L'hydroxyde d'ammonium formé (NH_4OH) est entraîné par la vapeur d'eau et récupéré dans un vase de titrage contenant 50mL d'une solution d'acide borique (4 % (p/v)).

Le borate d'ammonium formé ($(\text{NH}_4)_3\text{BO}_3$) fait augmenter le pH de la solution qui est ensuite titrée par de l'acide chlorhydrique (0,1N).

La teneur en azote total en g/100g de fromage est calculé selon la formule suivante :

$$(\text{NT}) = \frac{(\text{V1} - \text{V0}) \times 1,004 \times \text{N}}{\text{P}}$$

La teneur en protéines (g/100 g fromage) :

$$\text{Protéines (g/100g)} : \text{NT} \times 6,38$$

- V1 : volume d' H_2SO_4 nécessaire au titrage de l'échantillon en ml.
- V0 : volume d' H_2SO_4 nécessaire au titrage du blanc en ml.
- N : normalité de l'acide chlorhydrique (0,1N) .
- P : masse de l'échantillon du fromage en g ; 6,38 : facteur protéique (Adler-Nissen, 1986) .

I.2.4.5. Détermination du rendement fromager

Le rendement fromager (Rf) représente le pourcentage du poids total du fromage (kg) par rapport au poids initial du lait (kg) (Libouga et al., 2006). Le résultat est obtenu selon la formule suivante :

$$\text{Rf \%} = \frac{\text{Poids du fromage}}{\text{Poids du lait}} \times 100$$

I.2.4.6. Détermination de l'activité antioxydante

La méthode de Brand-Williams, Cuvelier et Berset (1995) a été utilisée pour évaluer la capacité de piégeage des radicaux libres DPPH des fromages à base de plantes. La solution de travail de DPPH a été obtenue en diluant 2,5 mg de DPPH dans 100 ml de méthanol. Une quantité de 0,2 g d'échantillon a été mélangée avec 0,8 ml de méthanol et après centrifugation à 10 000 x g pendant 10 min à 4 °C, 100 µl d'extrait ont été mélangés

avec 3,9 ml de solution de DPPH. Après une durée de 45 min à température ambiante, la mesure de l'absorbance a été effectuée à 515 nm. L'activité antioxydante a été calculée selon la formule suivante :

$$\text{Inhibition de DPPH (\%)} = \frac{\text{A contrôle} - \text{A échantillon}}{\text{A contrôle}} \times 100$$

- A contrôle : absorbance du DPPH.
- A échantillon : absorbance de l'échantillon analysé.

I.3. Analyse statistique

- Les résultats des paramètres physicochimiques de fromage frais (*Jben*) (pH, acidité titrable, matière sèche, matières grasses, teneur en protéines, cendres, rendement et l'activité antioxydante) sont présentés sous forme de moyennes \pm écart type.
- Les résultats ont été traités par le logiciel R version 4.4.0.

Chapitre II

Résultats et discussion

I. Résultats et discussion

I.1. Analyses physico-chimiques

Le tableau 06 présente les moyennes de six répétitions ($n = 6$) ainsi que les écarts types relatifs aux caractéristiques physico-chimiques du coagulant végétal (fleurs de chardon) et de la présure animale d'un fromage traditionnel frais (*Jben*) du lait de vache.

Tableau 06 : Résultats des caractéristiques physico-chimiques du *Jben* à base de présure animale et coagulant végétale

Paramètre Ech	pH		Acidité (D°)	
	FPA	FCV	FPA	FCV
E1	4,74	5,93	70	72,8
E2	4,44	6,11	61,2	88
E3	4,52	6,10	70	68
E4	5,21	5,50	60,8	54,8
E5	5,10	6,00	78	94,4
E6	5,11	5,41	80	93,6
Moyenne écart type	$4,85 \pm 0,33$	$5,84 \pm 0,31$	$70 \pm 8,08$	$78,6 \pm 15,97$

I.1.1. pH

Concernant le pH, les valeurs obtenues pour le fromage traditionnel frais (*Jben*) varient entre 4,44 à 5,11 avec $4,85 \pm 0,33$ comme moyenne pour l'ensemble des échantillons du fromage fabriqué par la présure animale (FPA) et entre 5,41 à 6,11 avec une moyenne de $5,84 \pm 0,31$ pour les échantillons du fromage fabriqué à base du coagulant végétal (FCV) (**Fig.08**). D'après ces résultats, on a pu remarquer que les échantillons de *Jben* fabriqué à l'aide de deux agents de coagulation (végétal et animal) avaient un pH légèrement acide (**Tab. 05**).

En comparaison avec d'autres études sur le même type de fromage fabriqué à base de la présure animale, nos teneurs moyennes se rapprochent de ceux rapportés par Barac et al. (2019) (4.88 ± 0.29), par Guzmán et al. (2019) (4.99 ± 0.03), par Tadjine et al. (2020) ($4,69 \pm 0,12$) et par Ozcan et Eren-Vapur (2013). Tandis que, pour le coagulant végétal nos valeurs se trouvent dans la fourchette de nombreux travaux à savoir Islam et al. (2021) (5.90 ± 0.06) et Nicosia et al. (2023) (5,85). Cependant, nos résultats sont légèrement

différents par rapport de nombreuses autres études (Amimour, 2019) ($5,40 \pm 0,005$) et (El-Kholy, 2015) (5.33) pour le *Jben* à base du coagulant végétal et (El Marnissi, 2013) (4,3) pour le *Jben* à base de la présure animale.

Les variations de pH peuvent être attribuées aux différences dans le processus de fabrication, notamment le type et la quantité de la présure utilisée pour la coagulation, ce qui entraîne des temps de coagulation très variables. Elles peuvent également être dues à une augmentation de l'activité protéolytique de la présure, accentuée par la présence de la flore microbienne croissante du lait (Cantor et al., 2004), ainsi qu'aux variations des décomptes microbiens et de la diversité microbienne (Vladimír et al., 2020).

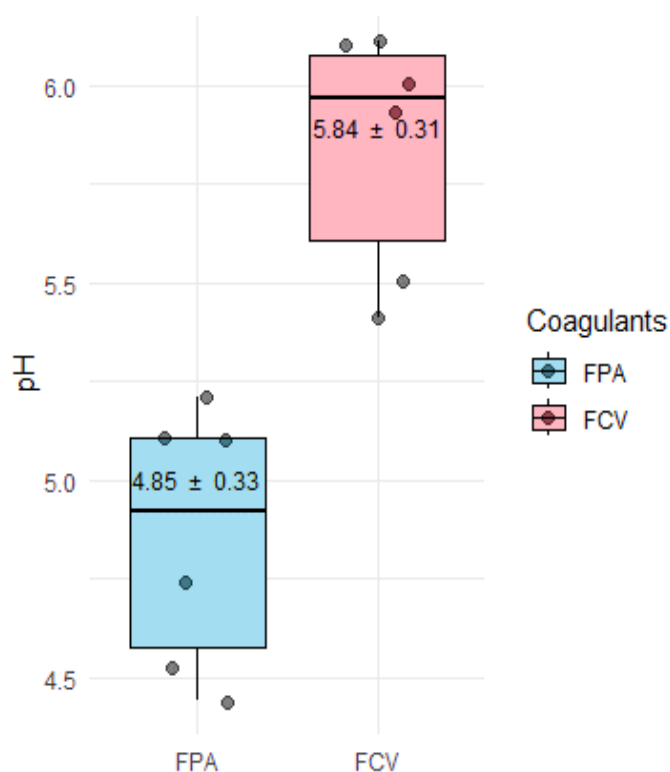


Figure 08 : Variation de pH du *Jben* à base de la présure animale et du coagulant végétale

I.1.2. L'acidité

D'après les résultats enregistrés dans (**Fig.09**), les teneurs moyennes de l'acidité exprimées en degrés Dornic varient de $70 \pm 8,08$ °D à $78,6 \pm 15,97$ °D pour le *Jben* à base de présure animale et du coagulant végétal, respectivement. La différence entre les deux types de fromage peut être liée principalement à l'activité plus élevée des bactéries lactiques lors de la fabrication du fromage notamment dans le fromage à base de coagulant végétal (Czyżak-Runowska et al., 2020).

Les valeurs que nous avons trouvées pour le FPA sont proches de celles rapportées par Noutfia et al. (2011) pour le fromage marocain *Jben* (69 °D), et par Islam et al. (2021)

($72 \pm 0,02^{\circ}\text{D}$). Alors que, pour le FCV nos valeurs, sont en adéquation avec celles dévoilées par Islam et al. (2021) ($0,79 \pm 0,04^{\circ}\text{D}$) et par Benyahia et al. (2021) (80°D). En revanche, nos teneurs moyennes divergeaient de celles révélées par Rhiat et al. (2013) pour le fromage marocain *Jben* (76°D), par Bendimerad (2013) ($88,50 \pm 2,6^{\circ}\text{D}$), par El Marnissi et al. (2013) pour le fromage *Jben* (95°D) pour le FPA et par El-Kholy (2015) (91°D) pour le FCV.

Plusieurs auteurs ont rapporté dans leurs travaux que la variation de l'acidité dépend de la nature et de la composition initiale du lait utilisé pour la fabrication, de la flore microbienne et son activité métabolique (Aquilanti et al., 2011 ; Roseiro et al., 2003 ; Sousa et Malcata, 2002). D'autre part, les pâtes de la présure animales artisanales ont démontré une importante diversité microbienne, ce qui prouve que les pâtes de présure animale sont des sources de souches bactériennes lactiques dotées de caractéristiques technologiquement avantageuses pour la production de fromage (Cruciata et al., 2014 ; Kajak-Siemaszko et al., 2022).

De nombreux chercheurs ont indiqué que l'acidité dépend, de la composition du lait ainsi que des conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et son activité métabolique et les agents de coagulation utilisés (Benheddi et Hellal, 2019 ; Mathieu, 1998).

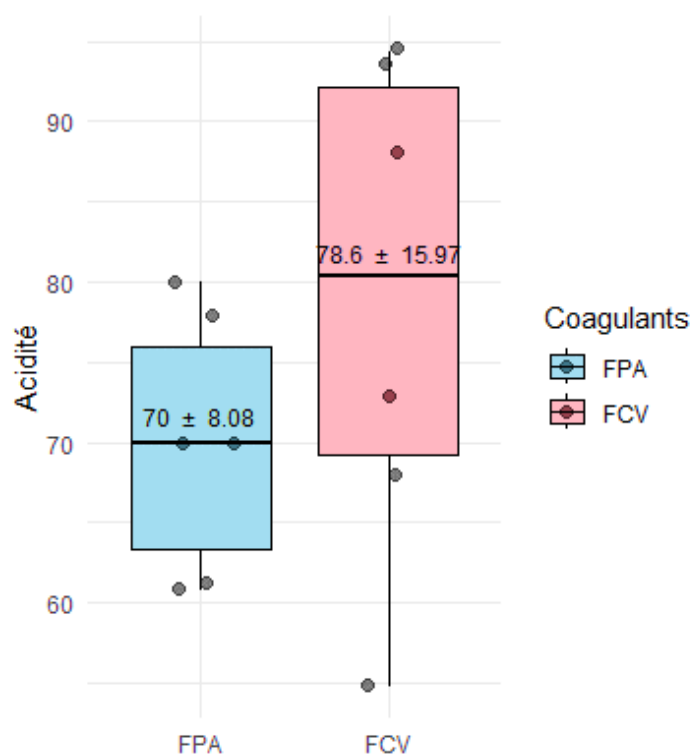


Figure 09: Variation de l'acidité du *Jben* à base de la présure animale et du coagulant végétale

I.2. Analyses biochimiques

Le tableau 07 présente les valeurs moyennes et l'écart type des paramètres biochimiques obtenus de fromage traditionnel frais (*Jben*) fabriqué par présure animale et coagulant végétale (fleur de chardon).

Tableau 07: Résultats des caractéristiques biochimiques du *Jben* par présure animale et coagulant végétale

Paramètres	FPA	FCV
Matière sèche (%)	44,17 ± 5,01	41,33 ± 2,25
Cendre (%)	1,39 ± 0,19	1,66 ± 0,34
Matière grasse (g/100g)	17,97 ± 0,79	14,64 ± 0,63
Protéines (g/100g)	15,91 ± 1,29	14,78 ± 0,84
Rendement fromager (%)	15,47 ± 0,47	12,33 ± 0,76
Activité antioxydante (%)	9,92 ± 2,36	14,51 ± 0,44

I.2.1. Matière sèche

Selon les résultats enregistrés dans les échantillons de fromage analysés (FPA et FCV) (**Fig.10**), les teneurs moyennes de la matière sèche varient de $41,32 \pm 2,25$ % pour le fromage à base de coagulant végétal à $44,17 \pm 5,01$ % pour le fromage à base de la présure animale.

Par rapport aux données de la littérature, nos valeurs moyennes étaient presque identiques à celles obtenues par Benyagoub et al. (2016) (43,88%) pour le fromage obtenu par la présure animale, et par Bakr et al. (2021) (40,34%) et par Abd El-Salam et al. (2017) pour le fromage obtenu par les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus*). Cependant, nos résultats sont inférieurs par rapport aux valeurs obtenues par Amimour (2019) ($53,02 \pm 0,9$ %) pour le fromage fabriqué à base des fleurs de chardon et supérieurs aux résultats révélés par Tadjine et al. (2019) ($38,3 \pm 5,61$ %) pour le *Jben*.

La variation possible de l'extrait sec peut être due aux types de caillé obtenus, qui dépendent de la composition initiale du lait, de l'effet des coagulants, le stade de lactation, les variations saisonnières ainsi que du type de drainage (Benyahia et al., 2021 ; Khaskheli et al., 2005).

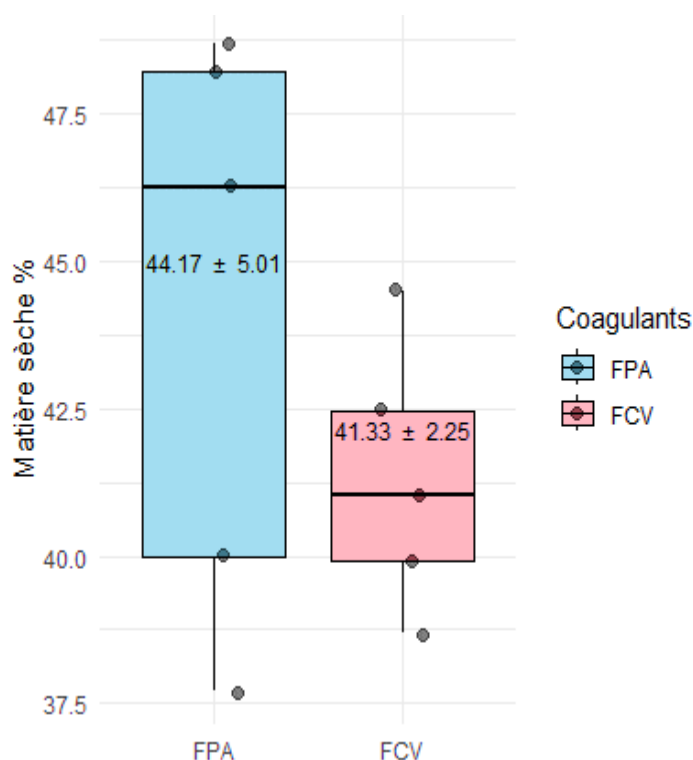


Figure 10 : Variation de matière sèche du *Jben* à présure animale et coagulant végétale

I.2.2. Cendres

Concernant les cendres, sa teneur moyenne dans le fromage frais *Jben* à base de coagulant végétal (*Cynara cardunculus*) était (1,66%), alors que pour le fromage à base de la présure animale sa valeur moyenne était légèrement inférieure par rapport à celle dans le FCV (1.39%). D'après les données de la littérature, nos résultats pour les cendres dans le FPA se coïncident à ceux obtenus dans plusieurs études sur le même type de fromage, notamment dévoilés par Tadjine et al. (2019) (1,21%) pour le *Jben* à base de présure animale, Massouras et al. (2023) (1,45%). Tandis que, pour le FCV, nos teneurs moyennes se rapprochent de celles enregistrés par Komansilan et al. (2021) (1.68 ± 0.46).

Cependant, nos valeurs obtenues sont différentes en comparaison avec d'autres études à savoir trouvées par Rasheed et al. (2016) (2.79%), par Messias et al. (2021) ($1.78 \pm 0.98\%$) pour le FPA et par Rana et al. (2017) ($2.46 \pm 0.33\%$) et par Amimour (2019) ($1.46 \pm 0.03\%$) pour le FCV.

Selon Gillis et Eck (2006), la teneur en cendres peut varier considérablement en fonction de la technique de fabrication utilisée et surtout du type de coagulum, et peut être attribuée également à la matière première, différenciation des races de vaches et la nature

des ingrédients utilisés dans le processus de fabrication du fromage et l'ajout de sel lors de la fabrication du fromage (Rana et al., 2016).

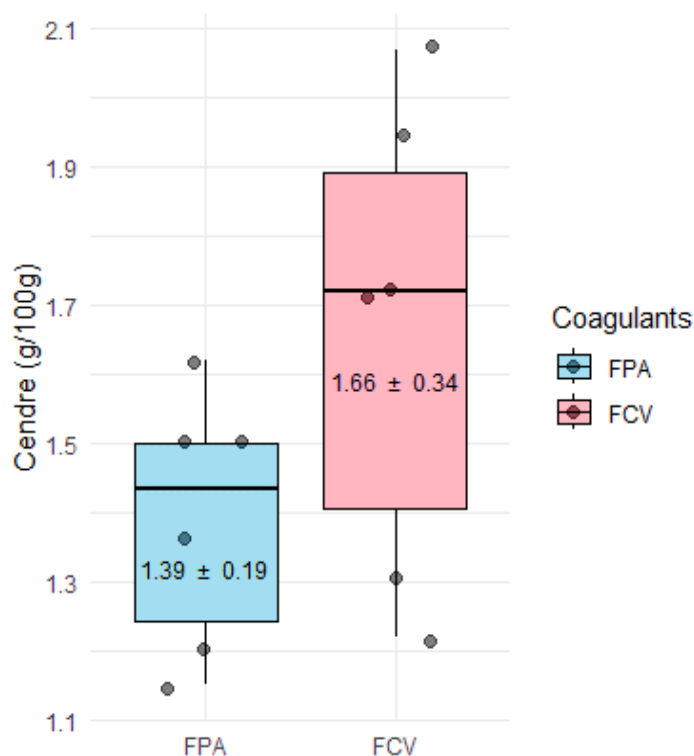


Figure 11 : La teneur des cendres du fromage *Jben* à présure animale et coagulant végétale

I.2.3. Matière grasse

Selon les résultats présentés dans le tableau 07, la teneur moyenne en matières grasses du fromage frais (*Jben*) à base de la présure animale était ($17,97 \pm 0,79$ g/100 g), tandis que, dans le fromage à base du coagulant végétal était de ($14,64 \pm 0,63$ g/100 g). La teneur plus faible en matières grasses dans le fromage à base de présure végétale, pourrait être liée à l'activités protéolytiques excessives des fromage à base du coagulant végétal et par conséquent, la réduction de la matière sèche (matière grasse emprisonnée dans le gel), ce qui est cohérent à nos résultats (Khan et Masud, 2013). Également, Aworh et Muller (1987) ont signalé, que les fromages coagulés à l'aide d'un extrait de feuilles de *Calotropis procera*, avait une teneur plus faible en matières grasses par rapport aux fromages coagulés à l'aide de la présure animale.

Par comparaison avec d'autres études, nos résultats pour les FPA sont cohérents avec ceux d'Amanda et al. (2013) ($17,44$ g/100 g), de Benheddi et Hellal (2019) ($17 \pm 0,70$ g/100 g) pour le *Jben*, El-Kholy (2015) ($17,10$ g/100 g) et de Kiliç et al. (2004) (17 g/100 g) alors que pour le FCV, nos résultats sont comparables à ceux de Mallaye (2016), qui a rapporté une moyenne de ($14,24$ g/100 g).

Cependant, nos valeurs pour FPA sont inférieures à celles observées par Yasar et Guzeler (2011), Amimour (2019), Islam et al. (2021) et Kholif et Hamed (2022), dont les moyennes sont ($25,37 \pm 0,23$ g/100 g, $26,91 \pm 0,38$ g/100 g, $21,61$ g/100 g et $18,50$ g/100 g), respectivement. En revanche, nos résultats sont supérieurs à ceux obtenus par Benkerroum et Tamime (2004) et Souaré et al. (2017) est qui ont trouvé des moyennes de ($16,5$ g/100 g) et ($11,015$ g/100 g) respectivement. D'autre part, pour le fromage FCV, nos teneurs sont inférieurs à celles obtenues par Garcia et al. (2012), avec une moyenne de ($22,82 \pm 1,17$ g/100g) et par Islam et al. (2021) ($21,61 \pm 0,07$ g/100g).

La variabilité de la teneur en matière grasse dépend de nombreux facteurs tels que les conditions climatiques, le stade de lactation et l'alimentation (Seme et al., 2015). Tofalo et al. (2015) ont montré que le type du coagulant utilisé affecte significativement la matière grasse.

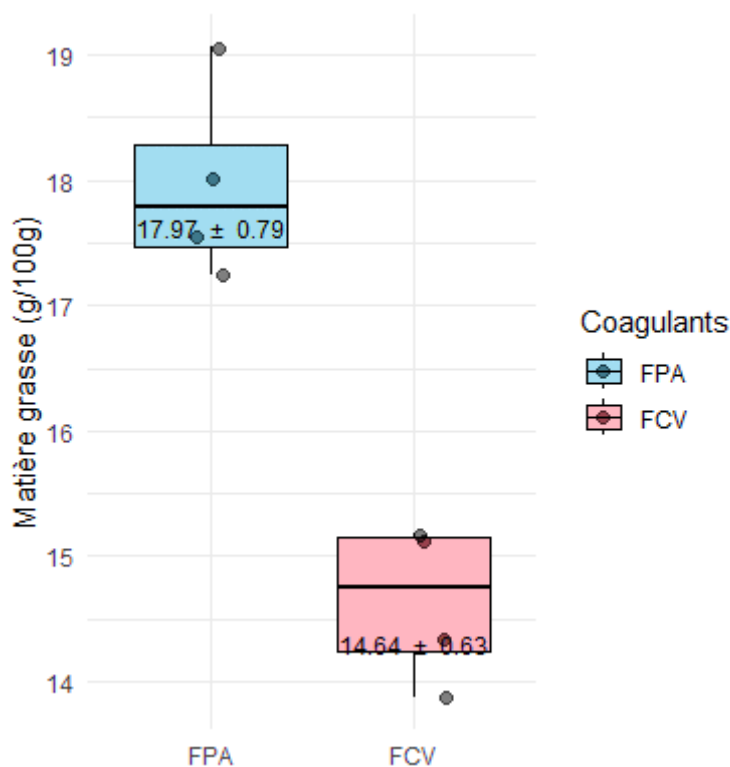


Figure 12 : La teneur en matière grasse (g/100g) du FPA et FCV

I.2.4. Les protéines

Les teneurs moyennes en protéines étaient de $15,91 \pm 1,29$ g/100g pour le fromage à base de présure animale et $14,78 \pm 0,84$ g/100g pour un fromage à base de coagulant végétal. Concernant nos résultats pour FPA sont globalement similaire à ceux décelés par Souaré et al. (2017) ($15,91 \pm 0,38$ g/100g), Benkerroum et Tamime (2004) ($15,8$ g/100g), Sant'Ana et al. (2013) ($15,78 \pm 0,82$ g/100g), Kiliç et al. (2004) ($15,42$ g/100g) et par

Hamama et al. (1995) (15,13g/100g). En revanche, elles sont différentes à ceux d'autres auteurs à savoir Islam et al. (2021) ($19,36 \pm 0,82$ g/100g) et Kariyawasam et al. (2019) (20,70 g/100g). Alors que, pour FCV nos résultats sont globalement proches de ceux dévoilés par Garcia et al. (2012) ($14,77 \pm 0,38$ g/100g) et sont différentes par rapport d'autres travaux trouvés par Benheddi et Hallal (2019) ($18,22 \pm 0,07$ g/100g, $15,36 \pm 0,16$ g/100g, $17,14 \pm 0,07$ g/100g), Kholif et al. (2022) ($12,1 \pm 0,11$ g/100g) et Benyahia-Krid (2016) ($28,30 \pm 0,09$ g/100g).

La quantité de protéines varie selon la race de la vache et la teneur en matière grasse. En effet, il existe une étroite corrélation entre ces deux paramètres dans le lait, L'augmentation de la teneur en matière grasse entraîne une augmentation de la teneur en protéines totales (Florence, 2010) . Selon Alves et al. (2013), le type de coagulant influence également la teneur en protéines du fromage.

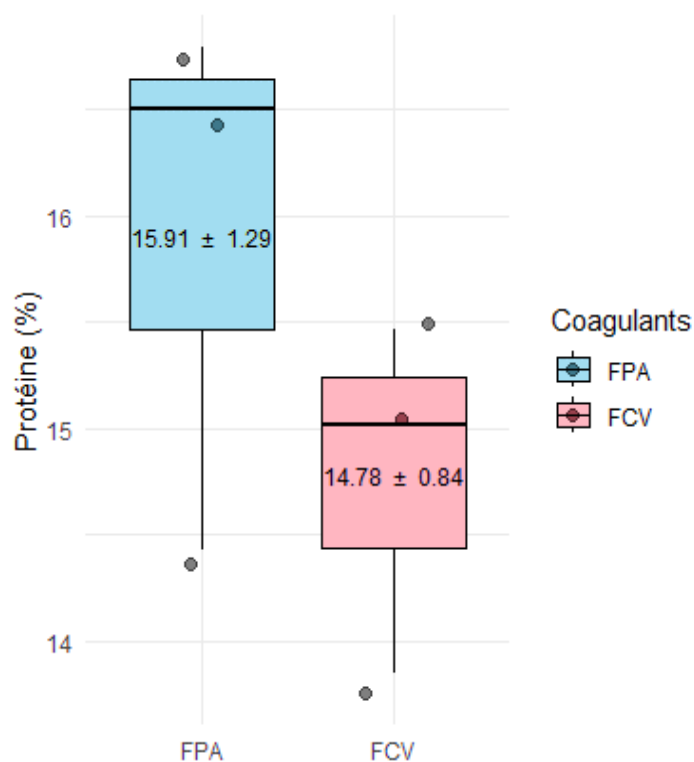


Figure 13 : La teneur en protéine (g/100g) du FPA et FCV

I.2.5. Rendement fromager

Selon les résultats obtenus (**Fig.14**), Le rendement fromager est variable entre les deux types de fromages ($15,47 \pm 0,47\%$ pour FPA et $12,33 \pm 0,76 \%$ pour FPV). Dans l'ensemble, nos valeurs moyennes sont différentes à celles trouvées dans d'autres travaux, notamment par Sant'Ana et al. (2013) ($19,40 \pm 1,08\%$), par Souaré et al. (2017) (28,19%), par Amimour (2019) ($18,10 \pm 0,42\%$), par Rasheed et al. (2016) (19,68%) et par Abd El-

Salam et al. (2017) (26,11%) pour le fromage à base de la présure animale. Alors que, pour un fromage à base du coagulant végétal nos résultats sont inférieurs de ceux dévoilés par Amimour (2019) ($17,21 \pm 0,63\%$) et par Kholif et al. (2022) ($31,80 \pm 0,031\%$), et supérieurs à ceux révélés par Benyahia et al. (2021) ($11,5 \pm 0,09$).

De nombreux facteurs peuvent être responsables de ces variations dans le rendement fromages, dont ceux liés au lait, dépendant de la race et de l'espèce animale, des variantes génétiques des caséines, des graisses et des protéines, du stade de lactation, du système d'alimentation, de la gestion des animaux et des conditions environnementales, les variations saisonnières ainsi que le nombre et la diversité des micro-organismes (Vladimír et al., 2020). D'autre part, les processus de fabrication, tels que la conservation au froid, le traitement thermique, la standardisation, la coagulation, la découpe et la cuisson du caillé, l'égouttage, le pressage et le salage ou l'affinage (Lucey et Kelly, 1994).

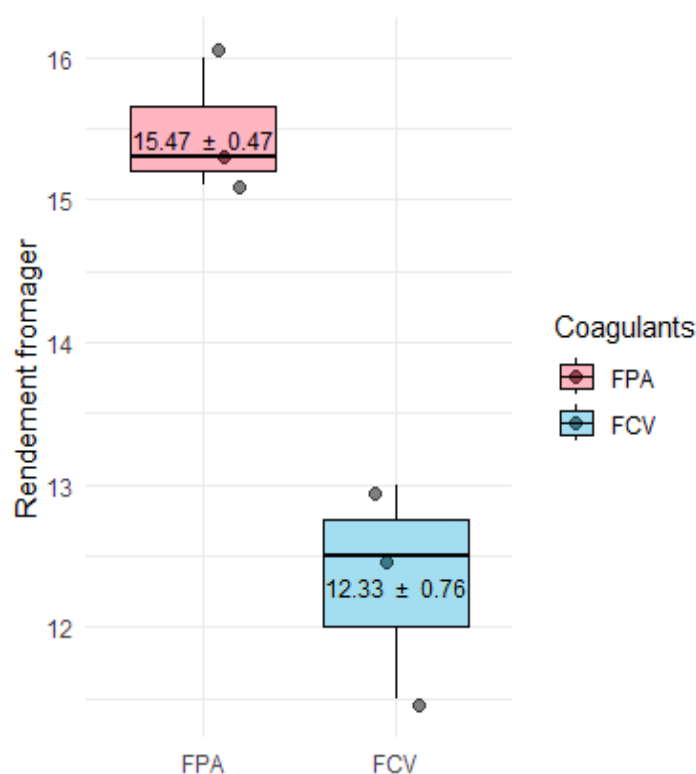


Figure 14 : Le rendement en % du FPA et FCV

I.2.6. Activité antioxydante

Tous les aliments dont le fromage contiennent des nutriments dont chacun joue un rôle précis et qui contribuent à la prévention des pathologies liées au vieillissement parce

qu'ils possèdent la propriété d'empêcher les réactions d'oxydation (Walther et al., 2008). L'activité antiradicalaire des extraits des fromages vis-à-vis le radical DPPH est illustrée dans la figure 15.

D'après les résultats obtenus lors du dosage de pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH par les extraits phénoliques de fromage traditionnel frais (*Jben*), le test a donné une moyenne de 9,92% pour le fromage coagulé par la présure animale, ce taux représente une valeur très faible par rapport à celle du fromage coagulé par le coagulant végétal, avec un taux moyen de 14,51%.

Par comparaison avec les données de la littérature, nos résultats pour le fromage coagulé par la présure animale sont inférieurs à ceux trouvés par Hernández et al. (2017), Kariyawasam et al. (2019) et par Hilario et al. (2010), avec des moyennes de 63,89%, 46,04%, 41,71%, 44,6% et 26,9%, respectivement. Quant aux résultats obtenus par coagulation du fromage traditionnel frais (*Jben*) avec de le coagulant végétal, qui sont inférieurs à ceux obtenus par Saraiva et al. (2019), avec une moyenne de 67,30%, et par Lee et al. (2016), qui ont rapporté des moyennes de (47,76%, 53,34%, 56,32%, 68,81% et 79,07%).

Tous les produits laitiers contiennent des composés antioxydants en quantités variables, en raison des différences dans les structures physiques et chimiques des produits laitiers et des méthodes de transformation et de fabrication appliquées. Ces composés comprennent la fraction protéique (notamment la caséine), des enzymes antioxydantes, la lactoferrine, ainsi que les vitamines C, E, A et D3, l'acide linoléique conjugué. Il est essentiel de noter que le potentiel antioxydant des produits laitiers dépend de l'origine de l'animal, de sa génétique, de son alimentation (composition, quantité et complémentation) et des conditions de pâturage (variations saisonnières) des vaches. Ces différences sont principalement dues aux variations de la composition du lait en composés antioxydants (Aguiar et al., 2014 ; Aoki et al., 2010 ; Öner et al., 2011 ; Perna et al., 2013 ; Tsen et al., 2014).

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH dans les fromages dépend du degré de protéolyse et du type de culture bactérienne impliquée dans la maturation des fromages utilisés pour la fabrication des fromages (Meira et al., 2012).

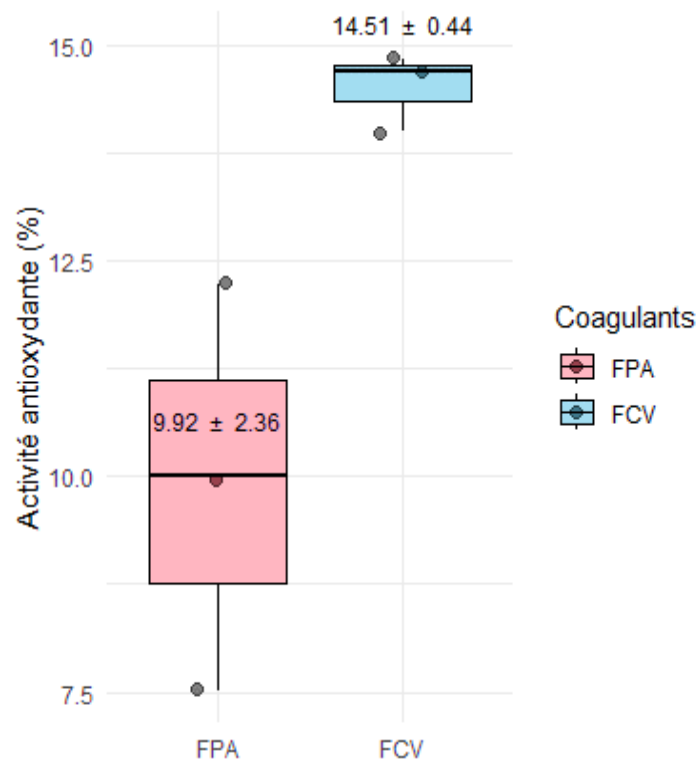


Figure 15 : La teneur de l'activité antioxydant en % du FPA et FCV

Conclusion

Conclusion

Le fromage traditionnel frais (*Jben*) occupe une place sociale et économique très importante en milieu rural et semi urbain. C'est un fromage fermenté produit dans plusieurs régions d'Algérie. C'est l'un des fromages traditionnels les plus appréciés et son procédé de fabrication artisanale est encore utilisé aujourd'hui. L'objectif de cette étude est de fabriquer du fromage traditionnel frais *Jben* à partir de lait de vache de manière artisanale, et de comparer l'effet de deux types de coagulants, la présure animale et les fleurs de chardon (*Cynara cardunculus*), sur les caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du fromage. Les résultats révèlent des différences significatives entre les deux types de fromage traditionnel frais (*Jben*), permettant ainsi une analyse approfondie de leur composition et de leurs propriétés.

Concernant les paramètres physicochimiques, le fromage coagulé par la présure animale présentait un pH moyen de 4,85 et une acidité Dornic de 70. En revanche, le fromage coagulé par le coagulant végétal avait un pH moyen de 5,84 et une acidité Dornic de 78,6. Sur le plan biochimique, des variations significatives ont également été observées. Nous avons trouvé les valeurs moyennes suivantes pour le fromage coagulé par la présure animale et le coagulant végétal (fleurs de chardon) ; matière sèche de 44,17% et 41,33%, cendres de 1,39% et 1,66%, matière grasse de 17,97 g/100g et 14,64 g/100g, protéine 15,91 g/100g et 14,78 g/100g, rendement fromage 15,47% et 12,33% et activité antioxydante de 9,92 % et 14,51%, respectivement.

Ces constatations démontrent que l'utilisation du coagulant végétal entraîne une modification notable du pH et une augmentation de l'acidité Dornic par rapport à la présure animale. De plus, bien que le fromage élaboré avec le coagulant végétal présente une teneur en matière grasse et un rendement moindre, il affiche en revanche une activité antioxydante supérieure. Ces observations laissent entendre que le coagulant végétal peut non seulement affecter les propriétés physico-chimiques du fromage, mais également améliorer certains aspects biochimiques, ouvrant ainsi la voie à une alternative viable et potentiellement bénéfique à la présure animale. Cette approche offre ainsi une alternative durable et potentiellement bénéfique à l'utilisation de coagulants animaux, tout en répondant aux préoccupations environnementales et éthiques associées à cette pratique.

Cette étude ouvre des perspectives pour des recherches futures, notamment sur l'optimisation des conditions de coagulation avec des coagulants végétaux et l'évaluation des impacts sensoriels et nutritifs sur le fromage fini. Elle contribue également à

Conclusion

l'expansion des connaissances sur les méthodes de production de fromages traditionnels avec des ingrédients naturels, favorisant ainsi la diversité et l'innovation dans l'industrie fromagère.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Abd El-Salam, B. A. E. Y., Ibrahim, O. A., & El-Sayed, H. A. (2017). *Purification and characterization of milk clotting enzyme from artichoke (Cynara cardunculus L.) flowers as coagulant on white soft cheese. Int. J. Dairy Sci, 12, 254-265.*
- Abdalla, W., & El-Zubeir, I. (2006). Microbial hazards associated with fermented milk (roub and mish) processing in Sudan. *International Journal of Dairy Science, 5(3), 162-167.*
- Adler-Nissen, J. (1986). *Enzymic hydrolysis of food proteins* (pp. xxiv+-427pp).
- Afnor. (1986). *Contrôle de la qualité des produits laitiers : analyses physico – chimiques.* Dans S. Amariglio, P. Association Francaise de Normalisation, P. Informations Techniques des Services Veterinaires, & P. :. AFNOR (Éd.).
- Agabriel C., Coulon J.B., Brunschwig G., Sibra C., Nafidi C. (1995). Relations entre la qualité du lait livré et les caractéristiques des exploitations. *INRA Prod. Anim., 8 : 251-258.*
- Aguiar, S. C., Cottica, S. M., Boeing, J. S., Samensari, R. B., Santos, G. T., Visentainer, J. V., & Zeoula, L. M. . (2014). *Effect of feeding phenolic compounds from propolis extracts to dairy cows on milk production, milk fatty acid composition, and the antioxidant capacity of milk. Animal Feed Science and Technology, 193, 148-154.*
- Aissaoui Zitoun, O. (2004). *Fabrication et caractérisation d'un fromage traditionnel Algérien Bouhezza. Mémoire de magister. Université Mentouri de Constantine, 134 p.*
- Aissaoui Zitoun, O; Pediliggieri, C; Benatallah, L; Lortal, S; Licitra, G; Zidoune, M N; Carpino, S. (2012). Bouhezza, a traditional Algerian raw milk cheese, made and ripened in goatskin bags. *Journal of Food, Agriculture and Environment, 10(2), 289-295.*
- Alais, C. (1984). *Science du lait: principes des techniques laitières.* 4e ed.
- Alves, L. S., Merheb-Dini, C., Gomes, E., Da Silva, R., & Gigante, M. L. . (2013). *Yield, changes in proteolysis, and sensory quality of Prato cheese produced with different coagulants. Journal of dairy science, 96(12), 7490-7499.*
- Amanda, S. M. S., Bezerril, F. F., Madruga, M. S., Batista, A. S. M., Magnani, M., Souza, E. L., & Queiroga, R. C. R. E. (2013). *Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. Journal of dairy science, 96(12), 7442-7453.*
- Amimour, M. (2019). *Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (jben et klila) Université de Mostaganem-Abdelhamid Ibn Badis].*
- Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., Simpson, R., & Turgeon, H. (2002). Composition, propriétés physico-chimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In : Vignola CL Fondation de technologie laitière du Quebec Inc. *Science et technologie du lait, Transformation du lait. Chapitre 1, pp 1-73.*
- AOAC. (2005). *Official methods of analysis of the association of official agricultural chemists international. J. Assoc. Off. Agric. Chem., 41, 12. .*
- Aoki, N., Furukawa, S., Sato, K., Kurokawa, Y., Kanda, S., Takahashi, Y., ... & Itabashi, H. (2010). *Supplementation of the diet of dairy cows with trehalose results in milk with low lipid peroxide and high antioxidant content. Journal of Dairy Science, 93(9), 4189-4195.*
- Aquilanti, L., Babini, V., Santarelli, S., Osimani, A., Petruzzelli, A., & Clementi, F. (2011). *Bacterial dynamics in a raw cow's milk Caciotta cheese manufactured with*

- aqueous extract of Cynara cardunculus dried flowers. Letters in applied microbiology*, 52(6), 651-659. .
- Aworh, O., & Muller, H. (1987). *Cheese-making properties of vegetable rennet from sodom apple (Calotropis procera)*. *Food chemistry*, 26(1), 71-79.
- Bakr, A., Ibrahim, O., El-Ghandour, A. E. S., & El-Deeb, N. (2021). *Purification and characterization of milk clotting enzyme from edible mushroom (Pleurotus Florida)*. *Lett. Appl*, 3362-3373.
- Bandler, D. K. (2023, November 4). "cheese making." . Récupéré sur Encyclopedia Britannica: <https://www.britannica.com/topic/cheese-making>.
- Barac, M., Vucic, T., Zilic, S., Pesic, M., Sokovic, M., Petrovic, J., ... & Milincic, D. (2019). *The effect of in vitro digestion on antioxidant, ACE-inhibitory and antimicrobial potentials of traditional Serbian white-brined cheeses*. *Foods*, 8(3), 94.
- Bauman, D. E., McGuire, M. A., & Harvatine, K. J. . (2011). Mammary gland, milk biosynthesis and secretion: Milk fat. Pages 352-358 in *Encyclopedia of Dairy Sciences*, 2nd ed. J.W. Fuquay, P.F. Fox and L.H McSweeney, ed. Academic Press, San Diego, CA.
- Bellakhdar , J. (2008). *Hommes et plantes au Maghreb : éléments pour une méthode en ethnobotanique. Maroc. Plurimondes*. 386 p.
- Bencharif, A. (2001). Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie: état des lieux et problématiques. *Options Méditerranéennes*, Ser B, 32, 44.
- Bendimerad, N. (2013). *Caractérisation phénotypique technologique et moléculaire d'isolats de bactéries lactiques de laits crus recueillis dans les régions de l'Ouest Algérien. Essai de fabrication de fromage frais type «Jben*.
- Benheddi, W., & Hellal, A. (2019). *Technological characterization and sensory evaluation of a traditional Algerian fresh cheese clotted with Cynara cardunculus L. flowers and lactic acid bacteria*. *Journal of food science and technology*, 56, 3431-3438.
- Benkerroum, N., & Tamime, A. Y. (2004). Technology transfer of some Moroccan traditional dairy products (Lben, Jben and Smen) to small industrial scale. *Food Microbiol*. 21(4):399-413.
- Bennett, R. J., & Johnston, K. A. (2004). *General aspects of cheese technology*. In P. F. Fox, P. L. H. McSweeney, T. M. Cogan & T. P. Guinee (Eds.), *Cheese: chemistry, physics and microbiology (Vol. 2, pp. 23-50)*. Cambridge: Academic Press.
- Benyahia, K., Djeflal, F., Ferhati, H., Bendjerad, A., Benhaya, A., & Saidi, A. (2021). *Self-powered photodetector with improved and broadband multispectral photoresponsivity based on ZnO-ZnS composite*. *Journal of Alloys and Compounds*, 859, 158242.
- Benyahia-Krid, F., Aissaoui-Zitoun, O., Boughellout, H., Adoui, F., Harkati, A., Bakou, C. R., ... & Zidoune, M. N. (2016). *Fresh cheese "Peulh Type": Characterization and sensory aspects*. *Journal Advances Dairy Research*, 4(163), 2.
- Birali Mwamini, Eric Sumbu Zola, Jean Walangululu. (2022). Contribution à l'analyse des facteurs influençant la qualité et la stabilité du fromage frais « Mashanza ». *Revue Africaine d'Environnement et d'Agriculture* , 5(2), 2-10.
- Bony J., Contamin V., Gousseff M., Metais J., Tillard E., Juanes X., Decruyenaere V., Coulon J.B. (2005). Facteurs de variation de la composition du lait à la Réunion. *INRAE Productions Animales*, 18(4), 255-263.
- Boudalia, S., Benati, D., Boukharoub, R., Chemakh, B., & Chemmam, M. (2016). *Physico-chemical properties and hygienic quality of raw and reconstituted milk in the region of Guelma-Algeria*. *International Journal of Agricultural Research*, 11(2), 77-83. <http://dx.doi.org/10.3923/ijar.2016.77.83>.

- Boudjaib, S. (2013). *Etude physicochimique du produit laitier traditionnel du sud algérien Jben : recherche du pouvoir antibactérien des bactéries lactiques. Mémoire de Master en Biologie. Belyagoubi, L. Université de Tlemcen. Algérie.*
- Bourgeois, C. M., & Larpent, J. P. (1996). *Microbiologie alimentaire: Alements fermentés et fermentations alimentaires.* Lavoisier.
- Bousnane, M., & Djadi, O. (2009). *Caractérisation d'un fromage traditionnel algérien« Takammarite » de la région de Ghardaïa. Mémoire d'Ingénieur. Aissaoui Zitoun O. Université Mentouri-Constantine. Algérie. 48p.*
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M. E., & Berset, C. (1995). Use of a free radical meth to evaluate antioxidant activity. *Food Science and Technology*, 28, 25-30.
- Brulé, G., & Lenoir, J. (1987). *La coagulation du lait . In "Le fromage". (A.Eck, Éd.) Lavoisier.*
- Cantor, M., van den Tempel, T., Hansen, T., Ardö, Y., Fox, P., McSweeney, P., Cogan, T., & Guinee, T. (2004). *Cheese: chemistry, physics and microbiology. Major Cheese Groups, 2, 175-198.*
- Chaiwong, N., Phimolsiripol, Y., Leelapornpisid, P., Ruksiriwanich, W., Jantanasakulwong, K., Rachtanapun, P., Seesuriyachan, P., Sommano, S. R., Leksawasdi, N., Simirgiotis, M. J., Barba, F. J., & Punyodom, W. (2022). Synergistic of carboxymethyl chitosan and mangosteen extract as enhancing moisturizing, antioxidant, antibacterial and deodorizing properties in emulsion cream. *Polymers*, 14(1), 178. <https://doi.org/10.3390/polym14010178> .
- Chazara, S., L. Sidrach, D. López- Molina and J.N. Rodrigues-López, . (2007). *Characterization of the milk- clotting properties of extracts from artichoke (Cynara scolymus, L) flowers, International Dairy Journal, 17: 1393-1400.*
- Chilliard, Y., Glasser, F., Ferlay, A., Bernard, L., Rouel, J., Doreau, M. (2007). . Diet, rumen biohydrogenation and nutritional quality of cow and goat milk fat. *Eur. J. Lipid Sci. Technol.* 109, 828–855. doi:10.1002/ejlt.200700080.
- Christine , A., & Stéphane , G. (2017). *Revue des Ecoles Nationales d'Industrie Laitière, de leurs amicales d'anciens élèves et des organismes associés. LES COAGULANTS(347).*
- Compere, R., & Dupont, J. (2005). *Elevage des bovins sur les hautes collines de l'Afrique centrale. In □: Théwis A., Bourbouze R., Compère R., Duplan J.M., Hardouin J., Manuel de zootechnie comparée nord-sud. Paris, France, INRA, 637p.*
- Coulon , J. B., & Remond , B. (1991). Réponses de la production et de la composition du lait de vache aux variations d'apports nutritifs. *Productions Animales*, 4(1), 49-56.
- Coulon J.B., Gasqui P., Barnouin J., Ollier A., Pradel P., Pomies D. (2002). Effect of mastitis and related-germ on milk yield and composition during naturally -occurring udder infections in dairy cows. *Anim. Res.*, 51 : 383- 393, doi: 10.1051/animres:2002031.
- Couvreur, S., & Hurtaud, C. (2007). Globule milk fat: Secretion, composition, function and variation factors. *INRA Productions Animales* 20:369-382.
- Couvreur, S., Hurtaud, C., Lopez, C., Delaby, L., Peyraud, J.L. (2006). The Linear Relationship Between the Proportion of Fresh Grass in the Cow Diet, Milk Fatty Acid Composition, and Butter Properties. *J. Dairy Sci.* 89, 1956–1969. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72263-9.
- Cruciata, M., Sannino, C., Ercolini, D., Scatassa, M. L., De Filippis, F., Mancuso, I., ... & Settanni, L. (2014). *Animal rennets as sources of dairy lactic acid bacteria. Applied and environmental microbiology*, 80(7), 2050-2061.

- Czyżak-Runowska, G., Wójtowski, J. A., Gogół, D., Wojtczak, J., Skrzypczak, E., & Stanisławski, D. (2020). *Properties of rennet cheese made from whole and skimmed summer and winter milk on a traditional polish dairy farm. Animals, 10(10), 1794.*
- Dalgleish, D. G. (2011). On the structural models of bovine casein micelles—review and possible improvements. *Soft matter, 7(6), 2265-2272.*
- Denis, P. (1989). *Les derniers nomades. L'Harmattan. 631 p.*
- Derouiche, M., & Zidoune, M. N. (2015, November). Characterization of a traditional Michouna cheese from the region of Tébessa, Algeria. *Livestock Research for Rural Development, 27(11), 229.*
- Dewhurst, R.J., Shingfield, K.J., Lee, M.R.F., Scollan, N.D. (2006). Increasing the concentrations of beneficial polyunsaturated fatty acids in milk produced by dairy cows in high-forage systems. *Anim. Feed Sci. Technol., Special Issue: Modifying Milk Composition 131, 168–206. doi:10.1016/j.anifeedsci.2006.04.016.*
- Duval, J. (1855). *Ministère de la guerre-Direction des affaires de l'Algérie : Catalogue explicatif et raisonné des produits Algériens (guide pour l'exposition permanente de l'Algérie Rue de Grenelle Saint-Germain, 107).* . Librairie de Firmin Didot Frères, imprimeurs de l'Institut. Paris, Rue Jakob, 56.
- El-Kholy, A. (2015). *Ras Cheese Making with Vegetable Coagulant -a Comparison with Calf Rennet. 10, 82-89. https://doi.org/10.5829/idosi.wjdfs.2015.10.1.95110.*
- El Marnissi, B., Belkhou, R., & Bennani, L. (2013). *Caractérisation microbiologique et physicochimique du lait cru et de ses dérivés traditionnels Marocains (Lben et Jben). Les technologies de laboratoire, 8(33).*
- FAO. (1995). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.* Rome.
- FAO/OMS. (1978). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.* (m. e. 1990, Éd.)
- Ferlay, A., Martin, B., Pradel, P., Coulon, J.B., Chilliard, Y. (2006). Influence of Grass-Based Diets on Milk Fatty Acid Composition and Milk Lipolytic System in Tarentaise and Montbéliarde Cow Breeds. *J. Dairy Sci. 89, 4026–4041. doi:10.3168/jds.S0022-0302(06)72446-8.*
- Florence, C. (2010). *Qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras, voies d'amélioration par l'alimentation. Ecole nationale vétérinaire d'ALFOR (Doctoral dissertation, thèse. Doctorat vétérinaire. P 51).*
- Florian, R. (2012). *thèse de doctorat Le lait et sa coagulation.*
- Floury, J., Camier, B., Rousseau, F., Lopez, C., Tissier, J. P., & Famelart, M. H. (2009). Reducing salt level in food: Part 1. Factors affecting the manufacture of model cheese systems and their structure–texture relationships. *LWT-Food Science and Technology, 42(10), 1611-1620.*
- Fox, P. F. (2003). Milk Proteins: General and Historical Aspects. Pages 1-48 in *Advanced Dairy Chemistry. Proteins.* P. F. Fox and P. L. H. McSweeney, ed. Springer US.
- Fox, P. F., & McSweeney, P. L. (2004). *CHEESE Chemistry, Physics and Microbiology. Cheese An overview, 1(3), 1-19.* (P. F. Fox, P. L. McSweeney, T. M. Cogan, & T. P. Guinee, Éd.) Elsevier.
- Fox, P. F., Cogan, T. M., & Guinee, T. P. . (2017). *Factors that affect the quality of cheese. In Cheese (pp. 617-641). Academic Press.*
- Franck, N., & Enilia, S. (2018). Revue des Ecoles Nationales d'Industrie Laitière, de leurs amicales d'anciens élèves et des organismes associés. *L'AFFINAGE(348).*
- Frederiksen, P., Andersen, K., Hammershøj, M., Poulsen, H., Sørensen, J., Bakman, M., et al. (2011). Composition and effect of blending of noncoagulating, poorly coagulating, and well-coagulating bovine milk from individual Danish Holstein cows. *Journal of Dairy Science, 94(10), 4787-4799.*

- Fredot, E. (2005). *Connaissance des Aliments, Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique*. Paris: Tec & Doc, Lavoisier ,397p.
- Froc J., Gilbert J., Daliphar T., Durand P. (1988). Composition et qualité technologique des laits de vaches Normandes et Pie-Noires. 1. Effets de la race. INRAE Productions Animales, 1(3), 171-177.
- Froc, J. (2006). *Balade au pays des fromages: Les traditions fromagères en France*. Quae.
- Gabbi A.M., Mcmanus C.M., Silva A.V., Marques L.T., Zanela M.B., Stumpf M.P., Fischer V. (2013). Typology and physical–chemical characterization of bovine milk produced with different productions strategies. *Agric. Syst.*, 121: 130-134, doi: 10.1016/j.agsy.2013.07.004.
- García, V., Rovira, S., Teruel, R., Boutoial, K., Rodriguez, J. L., Roa, I., & López, M. B. (2012). *Effect of vegetable coagulant, microbial coagulant and calf rennet on physicochemical, proteolysis, sensory and texture profiles of fresh goats cheese*. *Dairy Science & Technology*, 92, 691-707.
- Gaucheron, F. (2005). The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45(4), 473-483.
- Gillis, J. C., & Eck, A. (2006). *Le fromage: de la science à l'assurance-qualité*. Tec & Doc-Lavoisier,.
- Guigma, W. V. (2013). *Appréciation de la qualité physico-chimique du lait frais en rapport avec les pratiques d'élevage dans les élevages autour de la ville de Kaolack au Sénégal*. Sénégal, Thèse doctorat : médecine vétérinaire: Université Cheikh Anta Diop de Dakar.
- Guzmán, J. L., Delgado Pertíñez, M., Galán Soldevilla, H., Ruiz Pérez-Cacho, P., Polvillo Polo, O., Zarazaga, L. Á., & Avilés Ramírez, C. (2020). *Effect of citrus by-product on physicochemical parameters, sensory analysis and volatile composition of different kinds of cheese from raw goat milk*. *Foods*, 9(10), 1420.
- Hamama, A., Zahar, M., El Marrakchi, A., Aboulala, F., & Abderrahman, M. B. M. (1995). *Préparation du fromage frais à partir du lait recombiné*. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 15(4), 21-26.
- Harboe, M., Broe, M. L., & Qvist, K. B. (2010). *The production, action and application of rennet and coagulants*. *Technology of cheesemaking*, 98–129. <https://doi.org/10.1002/9781444323740.ch12>.
- Haug A., Hostmark A.T., Harstad O.M. (2007). Bovine milk in human nutrition—a review. *Lipids in health and disease*, 6, 1-16.
- Hauwuy , A. (1996). *Qualité du Lait et des Fromages*. Document technique à l'usage des conseillers en élevage et des fromages. SUACI-GIS, Alpes du Nord.
- Hayaloglu, A. (2016). *Cheese: Microbiology of Cheese. Reference module in food sciences*.
- Hayaloglu, A. (2017). *Cheese varieties ripened under brine*. In *Cheese* (pp. 997-1040). Academic Press.
- Heck, J. M. L., H. J. F. van Valenberg, J. Dijkstra, et A. C. M. van Hooijdonk. (2009). Seasonal variation in the Dutch bovine raw milk composition. *J. Dairy Sci.* 92:4745-4755. <http://dx.doi.org/10.3168/jds.2009-2146>.
- Hernández-Galán, L., Cardador-Martínez, A., López-del-Castillo, M., Picque, D., Spinnler, H. E., & Martín del Campo, S. T. (2017). *Antioxidant and angiotensin-converting enzyme inhibitory activity in fresh goat cheese prepared without starter culture: a preliminary study*. *CyTA-journal of Food*, 15(1), 49-57.
- Hilario, M. C., Puga, C. D., Ocana, A. N., & Romo, F. P. G. (2010). *Antioxidant activity, bioactive polyphenols in Mexican goats' milk cheeses on summer grazing*. *Journal of Dairy Research*, 77(1), 20-26.

- IDF. (1993). Milk: determination of nitrogen content, IDF standard no. 20B:1993, parts 1 and 2. IDF, Brussels.
- Irigoyen A, Izco JM, Ibanez FC, Torre P. (2002). *Influence of calf or lamb rennet on the physicochemical, proteolytic, and sensory characteristics of an ewe's-milk cheese. Int Dairy J 12:27–34.*
- Islam, M., Basunia, M., Rahman, A., Bari, M., Rahman, M., Mannan, M., & Datta, T. . (2021). *Effect of coagulants on the chemical and microbial quality of fresh cheese. Bangladesh Journal of Animal Science, 50(2), 73-79.*
- ISO 27871. (2011). Cheese and processed cheese – Determination of the nitrogenous fractions.
- Jacob, M., Jaros, D., & Rohm, H. (2011). *Recent advances in milk clotting enzymes. International Journal of Dairy Technology, 64(1), 14–33. https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2010.00633.x.*
- Jeantet, R., Croguennec, T., Schuck, P., & Brulé, G. (2006). *Science des aliments 2Technologie des produits alimentaires.* TEC & DEC , Lavoisier.
- Jensen G, R., & Margaret C, N. (1995). The physical Properties of Human and Bovine Milks. Chapter 2 , E , pp 81-85. *In : Robert G . Jensen Handbook of Milk Composition.* San Diego , CA , USA: ACADEMIC PRESS , USA .
- Johnson, M. E. (2017). *A 100-Year Review: Cheese production and quality. Journal of dairy science, 100(12), 9952-9965.*
- Kaci , M., & Sassi , Y. (2007). *Industrie laitière et des corps gras, Recueil des fiches sous sectorielles. ED Pme, 44.*
- Kajak-Siemaszko, K., Zielińska, D., Łepecka, A., Jaworska, D., Okoń, A., Neffe-Skocińska, K., ... & Kołożyn-Krajewska, D. (2022). *Effect of Lactic Acid Bacteria on Nutritional and Sensory Quality of Goat Organic Acid-Rennet Cheeses. Applied Sciences, 12(17), 8855.*
- Kamimura, B. A., Magnani, M., Luciano, W. A., Campagnollo, F. B., Pimentel, T. C., Alvarenga, V. O., Pelegrino, B. O., Cruz, A. G., & Sant'Ana, A. S. (2019). *Brazilian artisanal cheeses: an overview of their characteristics, main types and regulatory aspects. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety, 18(5), 1636-1657. https://doi.org/10.1111/1541-4337.12486.*
- Kaouche – Adjlane S., Ghozlane F., Mati A. (2015). Typology of dairy farming systems in the mediterranean basin (case of Algeria). *J.Biol.Anim.Husb., 31 (3): 385-396, doi: 10.2298/BAH1503385K.*
- Kaouche- Adjlane S., Benhacine R., Ghozlane F., Mati A. (2014). Nutritional and Hygienic Quality of Raw Milk in the Mid-Northern Region of Algeria: Correlations and Risk Factors. *The Scientific World Journal 131593; 7 pages, http://dx.doi.org/10.1155/2014/131593.*
- Kaouche-Adjlane , S., & Mati , A. (2017). Effets des pratiques d'élevage sur la variation de la qualité hygiénique et nutritionnelle du lait cru dans la région médio-septentrionale d'Algérie. *Revue Méd.Vét., 168 (7-9):151-163.*
- Kariyawasam, K. M. G. M. M., Jeewanthi, R. K. C., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2019). *Characterization of cottage cheese using Weissella cibaria D30: Physicochemical, antioxidant, and antilisterial properties. Journal of dairy science, 102(5), 3887-3893.*
- Keenan, T. W., & Patton , S. (1995). The structure of milk, in *Handbook of milk composition*, Jensen R.G, Ed. Academic Press, USA, pp.5-50.
- Khan, R., & Masud, T. (2013). *Comparison of buffalo cottage cheese made from aqueous extract of W ithania coagulans with commercial calf rennet. International Journal of Dairy Technology, 66(3), 396-401.*

- Khaskheli, M., Arain, M. A., Chaudhry, S., Soomro, A. H., & Qureshi, T. A. (2005). *Physico-chemical quality of camel milk. Journal of Agriculture and Social Sciences*, 2, 164-166.
- Khattab, A. R., Guirguis, H. A., Tawfik, S. M., & Farag, M. A. (2019). *Cheese ripening: A review on modern technologies towards flavor enhancement, process acceleration and improved quality assessment. Trends in Food Science & Technology*, 88, 343-360. <http://dx.doi.org/10.1016/j.tifs.2019.03.009>.
- Kholif, A., & Hamed, A. (2022). *Evaluating Milk Coagulants from Seeds of Solanum Elaeagnifolium Plant against Animal and Microbial Rennet in Manufacturing White Soft Cheese. Egyptian Journal of Food Science*, 50(2), 191-202.
- Kılıç, S., Uysal, H., Kavas, G., Akbulut, N., & Kesenkaş, H. (2004). *Manufacture and some properties of Turkish fresh goat cheese. Pakistan Journal of Biological Sciences*, 7(6), 1037-1039.
- Kinsella, J. E., & Morr, C. V. (1984). Milk proteins: Physicochemical and functional properties. *CRC Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 21: p. 197- 262.
- Komansilan, S., Rosyidi, D., Radiati, L. E., Purwadi, P., & Evanuarini, H. (2021). *The physicochemical characteristics and protein profile of cottage cheese produced by using crude bromelain enzyme extracted from ananas comosus. Current Research in Nutrition and Food Science Journal*, 9(2), 578-587.
- La réglementation française. (2013, November 12).
- Lahsaoui, S. (2009). *Étude du procédé de fabrication d'un produit laitier traditionnel Algérien (Kilila)' Thèse de Doctorat: Science Agronomie, université de Batna (Algérie)*.
- Lee, N. K., Jeewanthi, R. K. C., Park, E. H., & Paik, H. D. (2016). *Physicochemical and antioxidant properties of Cheddar-type cheese fortified with Inula britannica extract. Journal of dairy science*, 99(1), 83-88.
- Leksir, C. (2018). *Caractérisation, fabrication et consommation du dérivé laitier traditionnel 'Klila' dans l'Est Algérien* (Doctoral dissertation, Université 8 mai 1945 de Guelma).
- Leksir, C., & Chemmam, M. (2015). *Contribution on the characterization of Klila, a traditional cheese in east of Algeria. Livestock Research for Rural Development*, 27(5).
- Leksir, C., Boudalia, S., Moujahed, N., & Chemmam, M. (2019). Traditional dairy products in Algeria: case of Klila cheese. *Journal of Ethnic Foods*, 6(1), 1-14.
- Lenoir, J. (1985). Les caséines du lait. *Rev lait franç*, 440: 17-23.
- Leonil, J., Michalskiand, M., & Martin, P. (2013). Supramolecular structures of milk: structure and nutritional impact of the casein micelle and the milk fat globule. *INRA Productions Animales* 26:129-143.
- Libouga D, Vercaigne-Marko D, Djangal SL, Choukambou I, Ebangi A, Ombionyo M, Beka. (2006). Mise en évidence d'un agent coagulant utilisable en fromagerie dans les fruits de *Balanites aegyptiaca*. *Tropicult* 24(4):229-238.
- Liu, X., Wu, Y., Guan, R., Jia, G., Ma, Y., & Zhang, Y. (2021). *Advances in research on calf rennet substitutes and their effects on cheese quality. Food Research International*, 149, Article 110704. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2021.110704>.
- Llorente, B. E., Obregón, W. D., Avilés, F. X., Caffini, N. O., & Vairo-Cavalli, S. (2014). *Use of artichoke (Cynara scolymus) flower extract as a substitute for bovine rennet in the manufacture of Gouda-type cheese: Characterization of aspartic proteases. Food chemistry*, 159, 55-63.
- Lopez, C., Briard-Bion, V., Ménard, O. (2014). Polar lipids, sphingomyelin and long-chain unsaturated fatty acids from the milk fat globule membrane are increased in milks

- produced by cows fed fresh pasture based diet during spring. *Food Res. Int.* 58, 59–68. doi:10.1016/j.foodres.2014.01.049.
- Lucey, J. O. H. N., & Kelly, J. A. M. E. S. (1994). *Cheese yield*.
- Luquet, F., & Bonjean-Linczowski, Y. (1986). Lait et produits laitiers (vache, brebis, chèvre), T3; qualité, énergie et tables de composition. Ed Technique et Documentation, Paris, 442.
- Mahamedi, A. E. (2015). *Etude des qualités: hygiénique, physicochimique et microbiologique des ferments et des beurres traditionnels destinés à la consommation dans différentes régions d'Algérie. Mémoire de Magister en Biologie. Benlahcen K. Université d'Oran. Algérie.111p.*
- Mahaut, M., Jeantet, R., Brulé, G., & Schuck, P. . (2000). Les produits laitiers industriels. Tec. et Doc. Lavoisier, Paris, 52-55. .
- Mahieddine Boumendjel, Feknous Nesrine, Mekideche Farah , Dalichaouche Nabila , Feknous Ines, Touafchia Lynda, Metlaoui Nadia and Zenki Redouane. (2017). !Caractérisation du lait de chèvre produit dans la region du Nord-Est Algérien: essai de fabrication du fromage frais. *Algerian Journal of Natural Products*, 5(2), 492-506.
- Mallaye, M. N. (2016). Essai de fabrication d'un fromage frais traditionnel à partir du lait de vache, coagulé par la papaine naturelle. *Revue Scientifique du Tchad*.
- Marcel, M. (2007). Larousse agricole Edition Larousse. Paris. France. 115-405.
- Massouras, T., Zidou, E., Baradaki, Z., & Karela, M. (2023). *Physicochemical, Microbiological and Sensory Characteristics of White Brined Cheese Ripened and Preserved in Large-Capacity Stainless Steel Tanks. Foods*, 12(12), 2332.
- Mathieu, J. (1998). *Initiation à la physicochimie du lait*.
- Medjoudj, H., Aouar, L., Zidoune, M. N., & Hayalogu, A. A. (2017). Proteolysis, microbiology, volatiles and sensory evaluation of Algerian traditional cheese Bouhezza made using goat's raw milk. *International Journal of Food Properties*, 20(sup3), S3246-S3265.
- Meira, S. M. M., Daroit, D. J., Helfer, V. E., Corrêa, A. P. F., Segalin, J., Carro, S., & Brandelli, A. (2012). *Bioactive peptides in water-soluble extracts of ovine cheeses from Southern Brazil and Uruguay. Food Research International*, 48(1), 322-329.
- Mennane, Z., Khedid, K., Zinedine, A., Lagzouli, M., Ouhssine, M., & Elyachioui, M. (2007). Microbial characteristics of Klila and Jben traditional Moroccan cheese from raw cow's milk. . *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 2(1), 23-27.
- Meriem, D., Hacène, M., Zitoune, A., & Mohammed, Z. (2017). Cheese production , consumption and helth benifites. (M. e. al, Éd.) Some traditional cheeses manufactured in Algeria.
- Meryem, A. (2019). Essais d'optimisation des procédés de fabrication des fromages traditionnels de qualité (J'ben).Thèse de doctorat , Université Abdelhamid Ibn Badis Mostaganem.Algerie P174.
- Messias, T. B. O. N., Magnani, M., Pimentel, T. C., SILVA, L. M. D., Alves, J., Gadelha, T. S., ... & QUEIROGA, R. D. C. R. D. E. (2021). *Typical Brazilian cheeses: safety, mineral content and adequacy to the nutritional labeling. Food Science and Technology*, 42, e37121.
- Michel, M., Romain, J., & Gérard , B. (2003). Initiation à la technologie fromagière . Agrolimantaire , Paris: TEC & DEC , Lavoisier.
- Nicosia, F. D., Pino, A., Vaccalluzzo, A., Pinto, V. R. A., Fusieger, A., La Cava, R., ... & de Carvalho, A. F. . (2023). *Lactococcus lactis subsp. lactis bv. diacetylactis Q5C6 strain as debittering adjunct culture for vegetable clotted cheese. Food Bioscience*, 56, 103284.

- Nicosia, F. D., Puglisi, I., Pino, A., Caggia, C., & Randazzo, C. L. (2022). *Plant milkclotting clotting enzymes for cheesemaking*. *Foods*, 11(6), 871. <https://doi.org/10.3390/foods11060871>.
- Nouani, A., Dako, E., Morsli, A., Belhamiche, N., Belbraouet, S., Bellal, M. M., & 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 Technol*, 7(1), 20-29.
- Noutfia, Y., Ibelbachyr, M., & Zantar, S. (2011). *Aperçu sur le secteur de fabrication de fromage de chèvre dans la région d'Ouarzazate. Economic, social and environmental sustainability in sheep and goat production systems. Options Méditerranéennes, Série A, (100), 305-310*.
- Öner, Z., Şanlıdere-Aloğlu, H., & Dedebaş, T. (2011). *Determination of antioxidant capacity in milk from various animals and humans*.
- Ouadghiri, M., Amar, M., Vancanneyt, M., & Swings, J. (2005). *Biodiversity of lactic acid bacteria in Moroccan soft white cheese (Jben)*. *FEMS Microbiology Letters*, 251(2), 267-271. .
- Ozcan, T., & Eren-Vapur, U. (2013). *Effect of different rennet type on physico-chemical properties and bitterness in white cheese*. *International Journal of Environmental Science and Development*, 4(1), 71.
- Palmquist D.L., Denise Beaulieu A., Barbano D.M. (1993). Feed and animal factors influencing milk fat composition. *Journal of dairy science*, 76(6), 1753-1771., [https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302\(93\)77508-6](https://doi.org/10.3168/jds.S0022-0302(93)77508-6).
- Pandila, M., Michel, F., Estelle, G., Samia, H., & Duygu, T. (2004). *Contribution du secteur informel à l'approvisionnement en produit laitiers des villes méditerranéennes : le cas de la Tunisie, du Maroc, du Liban et de la Turquie*. (13), *Cahiers Agricultures* 13(1). Cahiers Agricultures.
- Perna, A., Intaglietta, I., Simonetti, A., & Gambacorta, E. (2013). *Effect of genetic type and casein haplotype on antioxidant activity of yogurts during storage*. *Journal of Dairy Science*, 96(6), 3435-3441.
- Pougheon, S. (2001). *Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière, thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire, Ecole nationale Vétérinaire Toulouse, France: 59, p 102*.
- Rai, R., Shangpliang, H., & Tamang, J. (2016). *Naturally Fermented Milk Products of the Eastern Himalaya*. *Journal of Ethnic Foods*, 3(4):270–5.
- Ramet, J. P. (1985). *La fromagerie et les variétés de fromage du bassin méditerranéen*.
- Rana, M. S., Hoque, M. R., Rahman, M. O., Raihan Habib, R. H., & Siddiki, M. S. R. (2017). *Papaya (Carica papaya) latex-an alternative to rennet for cottage cheese preparation*. *Journal of Advanced Veterinary and Animal Research*, 4(3), 249-254.
- Rasheed, S., Qazi, I. M., Ahmed, I., Durrani, Y., & Azmat, Z. (2016). *Comparative study of cottage cheese prepared from various sources of milk*. *Proceedings of the Pakistan Academy of Sciences*, 53(4), 269-282.
- Rhiat M, Labioui H, Driouich A, Mennane Z, Ouhssine M. (2013). *Preparation of the starter Trial production of cheese (Jben) and Klila at laboratory scale*. *Food Science and Quality Management* 13:8.
- Rhiat, M., Labioui, H., Driouich, A., Aouane, M., Chbab, Y., Mennane, Z., & Ouhssine, M. (2011). *Étude bactériologique comparative des fromages frais marocains commercialisés (Mahlabats) et des fromages fabriqués au laboratoire*. *Afrique Science: Revue Internationale des Sciences et Technologie*, 7(3).

- Roseiro, L. B., Barbosa, M., Ames, J. M., & Wilbey, R. A. (2003). *Cheesemaking with vegetable coagulants—the use of Cynara L. for the production of ovine milk cheeses. International Journal of Dairy Technology, 56(2), 76-85.*
- Rupbansraaj, B., Yasmin, A. C., Mashitah, M. Y., & Jaya, V. (2019). *Journal of Biological Sciences Utilizing Coagulant Plants in the Development of Functional Dairy Foods and Beverages: A Mini Review. 19(3)(259-271).*
- Salwa, A., & Galal, E. (2002). Effect of milk pretreatment on the keeping quality of Domiati cheese. *Pakistan journal of Nutrition, 1(3), 132-136. 1(3).*
- Sant'Ana, A. M. S., Bezerril, F. F., Madruga, M. S., Batista, A. S. M., Magnani, M., Souza, E. L., & Queiroga, R. C. R. E. (2013). *Nutritional and sensory characteristics of Minas fresh cheese made with goat milk, cow milk, or a mixture of both. Journal of dairy science, 96(12), 7442-7453.*
- Sara Endale, Mitiku Eshetu, Zelalem Yilema, B. K. (2016). *Strength and Keeping Quality of Abomasum Rennet and its Influence on Yield and Quality of Halloumi Cheese made East African Journal of Sciences, 10 (1). Retrieved from.*
- Saraiva, B. R., Vital, A. C. P., Anjo, F. A., Ribas, J. C. R., & Matumoto Pintro, P. T. (2019). *Effect of yerba mate (Ilex paraguariensis A. St.-Hil.) addition on the functional and technological characteristics of fresh cheese. Journal of food science and technology, 56, 1256-1265.*
- Schultz M.M., Hansen J.B., Steuernagel G.R., Kuck A.L. (1990). Variation of milk, fat, protein, and somatic cells for dairy cattle. *Journal of Dairy Science, 73(2), 484-493., doi: 10.3168/jds.S0022-0302(90)78696-1.*
- Seme, K., Pitala, W., & Osseyi, G. E. . (2015). *Qualité nutritionnelle et hygiénique de laits crus de vaches allaitantes dans la région maritime au Sud-Togo. European Scientific Journal, 11(36).*
- Senoussi, A., Rapisarda, T., Schadt, I., Chenchouni, H., Saoudi, Z., Senoussi, S., ... & Carpino, S. (2022). *Formation and dynamics of aroma compounds during manufacturing-ripening of Bouhezza goat cheese. International Dairy Journal, 129, 105349.*
- Serge, R., & Salvador, O.-R. (2015). Potential Applications of Milk Fractions and Valorization of Dairy By-Products: A Review of the State-of-the-Art Available Data, Outlining the Innovation Potential from a Bigger Data Standpoint. *Scientific Research Publishing, 6, 176-203.*
- Serieys F., Auclair J., Poutrel B. (1987). Influence des infections mammaires sur la composition chimique du lait. In : « Le lait, Matière Première de l'Industrie Laitière ». CEPIL - INRA, Paris.
- Shetty, K., Paliyath, G., Levin, R., & Pometto, A. (Éds.). (2005). *Food biotechnology. CRC Press.*
- Shori, A. (2017). *Camel milk and its fermented products as a source of potential probiotic strains and novel food cultures: a mini review. PharmaNutrition, 5(3), 84-88. http://dx.doi.org/10.1016/j.phanu.2017.06.003.*
- Souaré, M. L., Traoré, L., Sidimé, Y., Sidibé, M., & Sangaré, A. (2017). *Utilisation de la pepsine de chinchard (trachurus mediterraneus) dans la fabrication d'un fromage frais. Journal de la Société Ouest-Africaine de Chimie, 44.*
- Sousa, M., & Malcata, F. (2002). *Advances in the role of a plant coagulant (Cynara cardunculus) in vitro and during ripening of cheeses from several milk species. Le Lait, 82(2), 151-170.*
- Sraïri M.T., Benhouda H., Kuper M., Le Gal P Y. (2009). Effect of cattle management practices on raw milk quality on farms operating in a two-stage dairy chain. *Trop. Anim. Health. Prod., 41: 259-272, doi:10.1007/s11250-008-9183-9.*

- St-Gelais, D., Tirard-Collet, P., Bélanger, G., Couture, R., & Drapeau, R. (2002). *Fromage. Science et technologie du lait: transformation du lait*, 349-415.
- Tabet, R. M. (2023). *Effect of vegetable coagulant and lamb rennet on physicochemical composition, fatty acid profile and lipid quality indices of a traditional fresh cheese (Jben)*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 47, 102609.
- Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Gueroui, Y., Symeon, G., Mebirouk Boudechiche, L. T., Aicha, & Chemmam, M. (2020). *Milk heat treatment affects microbial characteristics of cows' and goats' "Jben" traditional fresh cheeses*. *Food Science and Technology*, 41, 136-143.
- Tadjine, D., Boudalia, S., Bousbia, A., Khelifa, R., Mebirouk Boudechiche, L., Tadjine, A., & Chemmam, M. (2019). *Pasteurization effects on yield and physicochemical parameters of cheese in cow and goat milk*. *Food Science and Technology*, 40, 580-587.
- Thapon, J. (2005). *Science et technologie du lait*. (14), 77 p. Agronomique-Rennes, France.
- Thomas, C., Romain, J., & Gérard, B. (2008). *Fondements physicochimiques de la technologie laitière*. Paris: Lavoisier Tec & Doc , 161 p.
- Tofalo, R. S. (2015). *Influence of pig rennet on proteolysis, organic acids content and microbiota of Pecorino di Farindola, a traditional Italian ewe's raw milk cheese*. *Food Chemistry*, 175, 121-127.
- Tsen, S. Y., Siew, J., Lau, E. K. L., Afiqah bte Roslee, F., Chan, H. M., & Loke, W. M. (. (2014). *Cow's milk as a dietary source of equol and phenolic antioxidants: differential distribution in the milk aqueous and lipid fractions*. *Dairy science & technology*, 94, 625-632.
- Vaccalluzzo, A., Pino, A., Russo, N., De Angelis, M., Caggia, C., & Randazzo, C. L. (2020). *FoodOmics as a new frontier to reveal microbial community and metabolic processes occurring on table olives fermentation*. *Food Microbiology*, 92, Article 103606. <https://doi.org/10.1016/j.fm.2020.103606>.
- Varga, G. A., & Ishler, V. A. (2007). *Managing nutrition for optimal milk components*. Pages 1-14 in Proc. Western Dairy Manag. Conf. Reno, NV.
- Vignola, C. L. (2002). *Science et technologie du lait* : (C. Vignola, Éd.) Montréal, Canada: Presses internationales Polytechnique.
- Vilain, A. (2010). *Qu'est-ce que le lait ? ?* *Revue française d'allergologie*, 50(3):124-127.
- Vladimír, D., Miloslava, K., Markéta, M., Jaroslava, H., & Petr, R. (2020). *Microbial diversity of Livanjski cheese with the emphasis on lactic acid bacteria based on culture-dependent and sequencing method*. *International Journal of Dairy Technology*, 73(1), 202-214.
- Walstra, P., & Jenness, R. (1984). *Dairy chemistry & physics*. John Wiley & Sons.
- Walstra, P., Wouters, J., & Geurts, T. (2005). *Dairy Science and Technology (2nd ed.)*. CRC Press.
- Walther, B., Schmid, A., Sieber, R., & Wehrmüller, K. (2008). *Cheese in nutrition and health*. *Dairy Science and Technology*, 88(4-5), 389-405.
- Yasar, K., & Guzeler, N. (2011). *Effects of coagulant type on the physicochemical and organoleptic properties of Kashar cheese*. *International Journal of Dairy Technology*, 64(3), 372-379. [https://doi.org/https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00679.x](https://doi.org/10.1111/j.1471-0307.2011.00679.x).
- Zaidi, O., Zertal, M., & Zidouane , M. N. (2000). *Présentation d'un fromage traditionnel Bouhezza* . *Journal Algérien de Médecine*, 2, 96-101.
- Zitoun, O. A., Benatallah, L., Ghennam, E., & Zidoune, M. N. (2011). *Manufacture and characteristics of the traditional Algerian ripened bouhezza cheese*.

Résumé

Résumé

L'utilisation des enzymes alternatives pour la substitution de la présure dans la production de fromage offre un potentiel prometteur pour la diversification des produits. Dans ce cadre, la présente étude était axée sur la fabrication d'un fromage frais à partir du lait cru de vache (*Jben*) à l'aide de deux agents de coagulation animal (présure de veau) et végétal (fleurs de chardon), la caractérisation physicochimiques et biochimique ainsi que l'activité antioxydante du *Jben* ont été évalués.

Pour la plupart des paramètres biochimiques (matière sèche, matière grasse, protéines, cendres), le fromage à base de la présure animale (FPA) avait des teneurs moyennes plus élevées par rapport le fromage à base du coagulant végétal (FCV) ; matière sèche (44.17 ± 5.01 % contre $41,33 \pm 2,25$ %), matière grasse ($17,97 \pm 0,79$ g/100g contre $14,64 \pm 0,63$ g/100 g) et protéines ($15,91 \pm 1,29$ g/100g contre $14,78 \pm 0,84$ g/100g) alors que, pour les cendres, le FCV avait un taux moyen plus élevé (1,66%,) par rapport le FPA (1.39%), respectivement. Quant aux caractéristiques physicochimiques, la totalité des valeurs moyennes du FCV sont supérieures à celles du FPA ; pH (5.84 ± 0.31 contre $4,85 \pm 0,33$) et l'acidité Dornic (78.6 ± 16 °D contre 70 ± 8.08 °D), respectivement.

Concernant le rendement fromager qui reste dans l'ensemble faible, notamment dans FCV ($15,47 \pm 0,47$ % pour FPA et ($12,33 \pm 0,76$ %) pour FCV). Les résultats des propriétés antioxydantes ont montré que Le fromage à base du coagulant végétal présentait une meilleure activité de piégeage du DPPH de ($14,51 \pm 0,44$ %) par rapport au le fromage à base de la présure animale ($9,92 \pm 2.36$ %).

Les mots clés : Caractéristiques physicochimiques, caractéristiques biochimiques, coagulant végétal, présure animale, lait de vache, fromage traditionnel frais, *Jben*.

Abstract

The use of alternative enzymes for rennet substitution in cheese production offers promising potential for product diversification. In this context, the present study focused on the production of a fresh cheese from raw cow's milk (*Jben*) using two coagulating agents, one animal (calf rennet) and one plant-based (thistle flowers). The physicochemical and biochemical characterization as well as the antioxidant activity of the *Jben* were evaluated.

For most biochemical parameters (dry matter, fat, protein, ash), cheese based on animal rennet (FPA) had higher average contents compared to cheese based on vegetable coagulant (FCV); dry matter ($44,17 \pm 5,01$ % compared to $41,33 \pm 2,25$ %), fat ($17,97 \pm 0,79$ g/100g compared to $14,64 \pm 0,63$ g/100g), and protein ($15,91 \pm 1,29$ g/100g compared to $14,78 \pm 0,84$ g/100g). However, for ash content, FCV had a higher average rate (1, 66%) compared to FPA (1, 39%), respectively. As for the physicochemical characteristics, all average values of FCV are higher than those of FPA; pH ($5,84 \pm 0,31$ compared to $4,85 \pm 0,33$) and Dornic acidity ($78,6 \pm 16$ °D compared to $70 \pm 8,08$ °D), respectively.

Concerning the cheese yield which remains low overall, particularly in FCV ($15,47 \pm 0,47$ % for FPA and $12,33 \pm 0,76$ % for FCV). The results of the antioxidant properties showed that cheese based on vegetable coagulant had a better DPPH trapping activity of ($14,51 \pm 0,44$ %) compared to cheese based on animal rennet ($9,92 \pm 2,36$ %).

Key words: Physicochemical characteristics, biochemical characteristics, vegetable coagulant, animal rennet, cow's milk, fresh traditional cheese, *Jben*

ملخص

يوفر استخدام الإنزيمات البديلة لاستبدال المنفعة في إنتاج الجبن إمكانات واعدة لتنويع المنتجات. في هذا السياق، ركزت الدراسة الحالية على تصنيع جبن طازج من حليب البقر الخام (جبن) باستخدام اثنين من عوامل التخثر حيوانية (منفعة العجل) و نباتية (زهرة الشوك)، حيث تم تقييم الخصائص الفيزيائية الكيميائية والبيوكيميائية وكذلك النشاط المضاد للأكسدة للجبن.

بالنسبة لمعظم المعايير البيوكيميائية (المادة الجافة، الدهون، البروتين، الرماد)، كان الجبن المصنوع من المنفعة الحيوانية (FPA) يحتوي على نسب متوسطة أعلى مقارنة بالجبن المصنوع من المخثر النباتي (FCV)؛ المادة الجافة (5.01 ± 44.17 غ/100 غ مقابل 2.25 ± 41.33 غ/100 غ)، الدهون (0.79 ± 17.97 غ/100 غ مقابل 0.63 ± 14.64 غ/100 غ) والبروتين (1.29 ± 15.91 غ/100 غ مقابل 0.84 ± 14.78 غ/100 غ)، بينما بالنسبة للرماد، كان لـ FCV معدل متوسط أعلى (1.66%) مقارنة بـ FPA (1.39%)، على التوالي. أما بالنسبة للخصائص الفيزيائية و الكيميائية، فإن جميع القيم المتوسطة للجبن المصنوع من المخثر النباتي (FCV) أعلى من تلك الخاصة بالجبن المصنوع من المنفعة الحيوانية (FPA)؛ حيث كانت قيمة الحموضة (pH) (0.31 ± 5.84) مقابل 4.85 ± 0.33) و قيمة حموضة دورنيك ($D^\circ 16 \pm 78.6$ مقابل $D^\circ 8, 08 \pm 70$) على التوالي.

فيما يتعلق بعائد إنتاج الجبن الذي لا يزال منخفضًا بشكل عام، لا سيما في الجبن المصنوع من المخثر النباتي (FCV) (حيث بلغ $0.47 \pm 15.47\%$ للجبن المصنوع من المنفعة الحيوانية (FPA) و $0.76 \pm 12.33\%$ للجبن المصنوع من المخثر النباتي (FCV)). أظهرت نتائج خصائص مضادات الأكسدة أن الجبن المصنوع من المخثر النباتي أظهر نشاطاً أفضل في عملية التقاط DPPH بنسبة ($0.44 \pm 14, 51$) مقارنة بالجبن المصنوع من المنفعة الحيوانية ($2.36 \pm 9,92$).

الكلمات المفتاحية: الخصائص الفيزيائية و الكيميائية ، الخصائص البيوكيميائية، المخثر النباتي، المنفعة الحيوانية، حليب البقر، الجبن الطازج التقليدي، الجبن.