



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la
Recherche scientifique.



Université Echahid Hamma Lakhdar EL-OUED

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département de biologie Cellulaire et Moléculaire

MEMOIRE DE FIN D'ETUDE

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique en Sciences
biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

THEME

**Essai de coagulation du lait camelin entre deux modes
d'élevage (extensive et semi-intensive) par différents
extraits des caillettes et évolution de rendement fromager**

Présenté par:

M^{elle} BOUCHOUL Asma

M^{elle} MERAD Hala

Devant le jury composé de:

Présidente : Mr. DJAHRA Ali Boutelilis, M.C.A. Université d'El Oued.

Examineurs : Mr. LAICHE Ammar Touhami, M.C.A, Université d'El Oued.

Promoteur : Mr. MEDJOUR Abdelhak, M.A.A, Université d'El Oued.

-Année Universitaire : 2020/2021-

Remerciements

Je remercie avant tout ALLAH, le tout puissant, de nous avoir guidé tout au long de notre vie, au fils des toutes les années d'étude et de nous avoir donné la croyance, la volonté, la patience et le courage pour terminer ce travail.

Au terme de ce travail, nous voudrions particulièrement exprimer notre plus profonde gratitude à M. MEDJOUR Abdelhak pour ses conseils, patience, confiance et directives tout au long de ce travail.

A M. DJAHRA Ali Boutelilis d'avoir accepté de bien vouloir juger et examiner ce travail en qualité de président.

A LAICHE Ammar Touhami d'avoir bien accepté d'examiner et de juger ce travail.

DEDICACE

MERAD Hala :

Je dédie ce mémoire à :

✚ *Ma belle famille*

- *Mes chers parents.*
- *Ma chère et merveilleuse sœur : HADJER.*
- *Mes chers frères: HOUDEIFA et MOHAMMED.*
- *Ma chère grand-mère, que Dieu lui donne longue vie.*

✚ *Mes amis, qui sont nombreux, mais surtout mes meilleurs amis :*

- *HIBATOU ERRAHMANE DERBAL.*
- *HADJER REZZAG.*

DEDICACE

BOUCHOUL Asma :

Grace à Allah ...

Je dédie ce travail :

A mes parents :

Ma chère mère, pour ses affections et son amour envers moi pour le courage et la force qui m'a donné dans les moments les plus difficiles. Vous resterez à jamais dans mon cœur à jamais.

Mon père pour son soutien moral et ses conseils les plus précieux qui m'ont servi dans ma vie et son encouragement sans limite. Vous resterez à jamais dans mon cœur.

A mes chères sœurs : Siham et Roumaissa.

A mes chers frères : Abdellatif, Miloud et Abdelrahman.

Et aux enfants de ma sœur Siham : Deyaa, Mohamed Eltaher (Tahora), Nada Aljanna et les jumeaux Baraa et Raed

Résumé : Malgré sa richesse en nutriments de base, sa singularité avec des fortes teneurs en vitamines C en niacine et en protéines possédants des activités biologiques diverses et sa production non négligeable, le lait camelin demeure un produit relativement peu consommé et peu transformé, car il possède des aptitudes limitées à la transformation en produits dérivés, notamment en fromage. Par nécessité d'adaptation aux conditions actuelles dans la filière du lait camelin (manque de pâturage naturel, notamment) et en vue d'augmenter le potentiel de la production laitière, certains éleveurs ont adopté un nouveau système d'élevage camelin (le système semi-intensif) consiste en semi-stabulation et apport des concentrés à l'animal. Dans ce contexte et à travers cette étude on a voulu des mettre en évidence l'impact de transition dans le système d'élevage camelin (de l'élevage extensif « naturel » vers le système semi-intensif). Les expériences menées ont montré qu'en allant de système extensif au système semi-intensif : le pH du lait est devenu plus acide de (pH 6,73) au (pH 6,59). La teneur en caséines est devenue plus important de (17,848 g/l) à (23,330 g/l) avec une différence très hautement significative. La teneur en protéines totales est devenue également plus élevée de (23,837 g/l) à (29,368 g/l). Par ailleurs, le rendement fromager a été touché positivement, ainsi le taux en fromage obtenu avec les trois extrait enzymatiques employés (ovin, bovin et camelin) a augmenté dans le lait provenant des chamelles élevées en semi-intensif (effet positif de transition de système d'élevage). Par contre, l'activité protéolytique obtenu, lors de fabrication du fromage avec les protéases bovines (rendant le fromage plus amère) a été significativement augmentée (impact négatif de transition de système d'élevage).

Mots clés : *Camelus dromedarius*, système d'élevage, lait, fromage, enzymes coagulantes.

الملخص: على الرغم من غناه بالعناصر الغذائية الأساسية، إلا أنه يتميز بمستويات عالية من فيتامين C و B3 والبروتينات التي تمتلك أنشطة بيولوجية مختلفة وإنتاجه المعتبر، إلا أن حليب الإبل ظل منتجًا إستهلاك ضئيل نسبيًا، وتحويل صعب و رديء، لأنه يتمتع بقدرات محدودة للمعالجة إلى المنتجات المشتقة، وخاصة الجبن. نظرًا للحاجة إلى التكيف مع الظروف الحالية في قطاع حليب الإبل (نقص المراعي الطبيعية على وجه الخصوص) ومن أجل زيادة إمكانيات إنتاج الحليب، فقد اعتمد بعض المربين نظامًا جديدًا لتربية الإبل (النظام النصف مكثف) والذي هو يتمثل في حصر جزئي مع تقديم المركزات الغذائية للحيوان. في هذا السياق ومن خلال هذه الدراسة، أردنا تسليط الضوء على تأثير التحول في نظام تربية الإبل (من نظام التربية الموسعة "الطبيعية" إلى النظام النصف مكثف). أظهرت التجارب أن الانتقال من النظام الموسع إلى النظام النصف مكثف أدى إلى: الرقم الهيدروجيني (pH) للحليب أصبح أكثر حمضية من (pH 6.73) إلى (pH 6.59) ، زياد في محتوى الكازين من (17.848 غرام / لتر) إلى (23.330 غرام / لتر). كما ارتفع محتوى البروتين الكلي من (23.837 غرام / لتر) إلى (29.368 غرام / لتر). بالإضافة إلى ذلك، تأثر مردود التجبن بشكل إيجابي، وبالتالي فإن معدل التجبن المتحصل عليه بالمستخلصات الأنزيمية الثلاثة المستخدمة (من: الغنمية، البقرية، الجمالية) زاد في حليب الإبل المرباة في نظام نصف مكثف (تأثير إيجابي للانتقال في نظام التربية). من ناحية أخرى، فإن النشاط التحللي للبروتين الذي تم الحصول عليه أثناء تصنيع الجبن بأنزيمات التجبين ذات الأصل البقري (جعل الجبن أكثر مرارة) بزيادة معتبرة (التأثير السلبي للانتقال في نظام التربية).

الكلمات المفتاحية: Camelus dromedarius ، نظام التربية ، الحليب ، الجبن ، إنزيمات التجبين.

Abstract: Despite its richness in basic nutrients, its singularity with high levels of vitamin C, niacin and proteins possessing various biological activities and its significant production, camel milk remains a relatively little consumed and little processed product, because it has limited aptitudes for processing into derived products, in particular cheese. Due to the need to adapt to current conditions in the camel milk sector (lack of natural pasture, in particular) and in order to increase the potential of milk production, some breeders have adopted a new camel breeding system (the semi-intensive system) consists of in semi-housing and supply of concentrates to the animal. In this context and through this study, we wanted to highlight the impact of transition in the camel breeding system (from "natural" extensive breeding to the semi-intensive system). Experiments have shown that going from extensive system to semi-intensive system: the pH of the milk has become more acidic from (pH 6.73) to (pH 6.59). The casein content increased from (17.848 g / l) to (23.330 g / l) with a very highly significant difference. The total protein content also became higher from (23.837 g / l) to (29.368 g / l). In addition, the cheese yield was positively affected, thus the rate of cheese obtained with the three enzymatic extracts used (from: sheep, cow and camel) increased in camel milk coming from semi-intensive breeding system (positive effect of transition in breeding system). On the other hand, the proteolytic activity obtained during the manufacture of cheese with bovine proteases (making the cheese more bitter) was significantly increased (negative impact of the transition in the breeding system).

Key words: *Camelus dromedarius*, breeding system, milk, cheese, coagulating enzymes.

Sommaire

Introduction.....	1
I. Synthèse bibliographique.....	3
1. Dromadaire.....	3
1.1. Présentation du dromadaire.....	3
1.1.1. Classification.....	3
1.1.2. Distribution.....	3
1.1.3. Populations camelines algériennes.....	3
1.1.4. Modes d'élevage.....	3
1.1.5. Production laitière.....	5
2. Lait de chamelle.....	5
2.1. Caractères organoleptiques.....	5
2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle.....	5
2.3. Composition chimique du lait de chamelle	6
3. Coagulation de lait	12
3.1. Mécanismes de la coagulation de lait	12
II- Matériel et méthodes.....	18
1. Matériel.....	18
1.1. Echantillons de lait.....	18
1.2. Caillettes.....	18
1.3. Appareillage.....	19
1.4. Petit matériel.....	20
1.5. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique.....	20
2. Méthodes.....	20
2.1. Collecte du lait.....	20
2.2. Etude des caractéristiques du lait de chammelles collecté.....	20
2.3. Extraction des enzymes coagulantes	21
2.4. Caractérisation des extraits coagulants gastriques.....	24
2.5. Calcul du rendement fromager.....	24
2.6. Analyse statistiques.....	25
III- Résultats et discussions.....	26

1. Paramètres physicochimiques.....	26
1.1.pH.....	26
1.2. Acidité Dornic.....	26
1.3. Densité.....	27
2. Paramètres biochimiques étudiés.....	28
2.1. Taux des différentes fractions protéiques.....	28
3.Rendement des extractions.....	30
4. Mesure de l'activité protéolytique.....	31
5. Rendement fromager.....	32
Conclusion.....	34
Références bibliographiques.....	36
Annexes	

Liste d'abréviations

α -La : α –Lactalbumine
 β -Lg : β -Lactoglobuline
ACP : Analyse en Composantes Principales
ACC : Analyse Canonique des Corrélations
ACCPS : Analyse en Composantes Communes et Poids Spécifiques
ACSAD : Arab Center for the Studies of Arid zones and Dry Lands
AFD : Analyse Factorielle Discriminante
1,8-ANS : 1-Anilinonaphthalene-8-Sulfonic Acid
BSA : Albumine Sérique Bovine
CaP : Pont phosphate de calcium
CN : Azote de protéines caséiniques
Cn : Caséine
CN- α S : Caséine α S
CN- β : Caséine β
CN- γ : Caséine γ
CN- κ : Caséine κ
CPs : Composantes Principales
CSA : Albumine Sérique Cameline
CWBP : Camel Whey Basic Protein
D° : Degrés DORNIC
D.O : Densité Optique
DPH : DiPhénylHexatriène
FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture
FRV : Facteur de Réduction Volumique
GMP : Glycomacropeptide
IgG : Immunoglobuline G
IgM : Immunoglobuline M
IgA : Immunoglobuline A
ITIS : Integrated Taxonomic Information System
MG : Matière Grasse
Na Cl : Chlorure de sodium
NAGase : N-acétyl-bêta-D-glucosamidase
NCBI : National Center for Biotechnology Information
PARAFAC : Parallel Factor Analysis
PGRP : peptidoglycane
pHi : Point isoélectrique
P/V : Poids / volume
m/v : Masse/Volume
TCA : Acide trichloracétique
V/V : Volume / volume

Liste des figures

Figures	<i>Titre</i>
Figures 01	Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles) (MEDJOUR, 2014).
Figures 02	Photo prise sur les caillettes utilisées pour extraire et obtenir les enzymes coagulantes au lait. A : Caillette cameline ; B : Caillette ovine ; C : Caillette bovine.
Figures 03	Courbe d'étalonnage pour estimation et dosage des protéines des échantillons du lait camelin collecté (en utilisant la BSA). R = coefficient de corrélation
Figures 04	Protocole d'extraction des enzymes coagulantes à partir des caillettes.

Liste des tableaux

Tableaux	Titre
Tableaux 01	Les populations de dromadaires en Algérie (une compilation des données à partir de BEN AISSA, 1989).
Tableaux 02	Concentration moyenne en protéines sériques du lait de chamelle et du lait de vache (compilation faite par KAPPELER <i>et al.</i> , 2003).
Tableaux 03	Concentration moyenne en sels minéraux du lait de chamelle et du lait de vache (BENGOUNI <i>et al.</i> , 1994).
Tableaux 04	Composition en vitamines du lait de chamelle en comparaison avec le lait de vache (SBOUI <i>et al.</i> , 2009).
Tableaux 05	Caractéristiques des enzymes gastriques, d'après une compilation des données faite sur (CHOW et KASSELL, 1968 ; BOHAK, 1969 ; ANTONINI et RIBADEAU-DUMAS, 1971 ; FOLTMAN, 1971 ; ERNSTROM et WONGT, 1983 ; CUVELLIER, 1993).
Tableaux 06	Echantillons de laits de chameaux collectés
Tableaux 07	Les différents paramètres physicochimiques réalisés sur les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevage : extensif et semi-intensif).
Tableaux 08	Taux des différentes fractions protéiques pour les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevage : extensif et semi-intensif) en utilisant la BSA comme étalon (standard).
Tableaux 09	Rendement des extractions enzymatique à partir des différents types de caillettes (prélevées)
Tableaux 10	Activité protéolytique pour les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevage : extensif et semi-intensif) en utilisant un extrait enzymatique à partir des caillettes bovines.
Tableaux 11	Rendement fromager (analyse de différence entre les deux systèmes d'élevage) pour les échantillons du lait camelin provenant de deux types d'élevage (extensif et semi-intensif), en utilisant trois types d'extrait enzymatique (à partir des caillettes : ovine, bovine et cameline)
Tableaux 12	Rendement fromager (analyse de différences entre les extraits enzymatiques utilisés) pour les échantillons du lait camelin provenant de deux types d'élevage (extensif et semi-intensif), en utilisant trois types d'extrait enzymatique (à partir des caillettes : ovine, bovine et cameline).

Introduction

INTRODUCTION

Le lait est l'une des sources de nourriture les plus importantes qu'une personne utilise à différentes étapes de sa vie, et Dieu Tout-Puissant voulait allaiter les jeunes enfants avec du lait avant de leur donner tout autre aliment, ce qui indique sa valeur nutritionnelle qui répond adéquatement aux besoins nutritionnels. Et en proportions équilibrées, et plus proche de la perfection que tout autre aliment, le lait est l'aliment le plus complet d'un point de vue biologique, bien qu'il manque de certains éléments comme le fer et la vitamine C, mais néanmoins il est meilleur que n'importe quel aliment seul (SIBOUKEUR, 2007).

Les humains dépendent fortement de l'exploitation du lait de vache et de la fabrication d'autres dérivés du lait de vache tels que le fromage, le beurre, la crème, etc. Les laits des autres mammifères (non bovin) (chèvre, brebis, jument, bufflesse...) restent, néanmoins, beaucoup moins exploités, le lait camelin en l'occurrence, même s'il a une composition proche de celle du lait de vache. Peut-être l'un des laits de mammifères les plus négligés, malgré la disponibilité d'un grand nombre de ces mammifères, en particulier dans les zones chaudes et désertiques (LASNAMI, 1986).

Bien que le lait de chamelle ne soit pas l'un des types de lait les plus utilisés dans le monde, comparé au lait de vache, par exemple. Cependant, il est connu de nombreux pays et cultures, en particulier le monde arabe. Le lait de chamelle contient beaucoup moins de matières grasses et de calories que le lait de vache, mais il est significativement plus riche en vitamine B3, en fer et en vitamine C que le lait de vache. Et il contient un taux important de lactose, ce qui en fait un bon choix pour ceux qui ne peuvent pas consommer de lait de vache en raison de leur intolérance au β -lactoglobuline (FARAH, 1986 ; SIBOUKEUR, 2007). On dit que le lait de chamelle est très proche par sa structure et sa nature du lait maternel.

Par conséquent, il est devenu important de mettre davantage en valeur le lait de chamelle et de l'exploiter, en particulier dans les pays qui contiennent un grand nombre de cet animal, comme l'Algérie, où le nombre de chameaux atteint 379094 têtes en 2016 (FAO, 2018). Donc, ce grand nombre de dromadaires ne peut être ignoré, mais il convient d'accorder

plus d'attention à leur lait, ainsi qu'à ses dérivés, et d'essayer d'investir dans ce domaine en raison de ses bénéfices, d'autant plus qu'il est nettement plus cher que les autres types de lait.

L'un des produits laitiers les plus courants est le fromage, qui est un aliment bien connu. Les méthodes de coagulation du lait en fromage diffèrent, notamment par des acides ou par des enzymes. La méthode la plus ancienne et la plus connue est peut-être l'utilisation de la présure. La présure est une substance auxiliaire pour la fabrication du fromage, qui peut être liquide ou sèche, extraite des caillettes des veaux allaités. Il contient un jus riche en enzymes dont les plus importantes sont la chymosine et la pepsine (ANDREN, 2002).

Les éleveurs et les investisseurs de lait de chamelle ont cherché à augmenter et doubler le rendement du lait en changeant le système d'élevage traditionnel, extensif au système d'élevage semi-intensif, estimant que cela conduirait à une augmentation de la productivité du lait. Par ailleurs, ce nouveau système d'élevage camelin pourrait-il affecter la productibilité (en l'occurrence, le rendement) de fromage du lait de chamelle ?

D'autre part et ce qui est intéressant dans ce contexte, la diversification des espèces animale, dont on extrait souvent la présure, peut-elle affecter la production fromagère du lait camelin ?

1. Synthèse bibliographique

I. Synthèse bibliographique

1. Dromadaire

1.1. Présentation du dromadaire

Le mot dromadaire est tiré du mot grec *dromas*, qui signifie coureur. Populairement connus sous le nom de « navire des déserts ». Les dromadaires sont des animaux polyvalents et utilisés pour la production du lait, de la viande et des cheveux, pour la course, transport et tourisme.

Il a représenté un auxiliaire important pour l'utilisation des espaces semi désertiques et désertiques par l'homme, voire pour la conquête militaire ou la chasse (MANSARD, 1993).

1.1.1. Classification

Le dromadaire, animal appelé chameau d'Arabie, (*Camelus dromedarius*) est une espèce de mammifères, appartenant à l'embranchement Chordata, à la classe des Mammifères, à l'ordre des Artiodactyles, sous-ordre Tylopodes, à la famille des camélidés et au genre de genre *Camelus* (Classification tirée de la base des donnée taxonomique « Arctos »).

1.1.2. Distribution

Pour les données les plus récentes disponibles en 2018, le nombre total de chameaux enregistrés dans le monde était de 35 525 270 (FAOSTAT, 2020) (FAYE, 2020) et le nombre ne cesse d'augmenter, car Qatar, Djibouti, le Royaume d'Arabie saoudite, l'Emirats Arabes Unis et plusieurs autres pays africaines et asiatiques, enregistrent une croissance et une évolution remarquable du nombre de cameline (FAYE, 2020).

En Algérie, l'effectif camelin est estimé à 344000 têtes, selon les statistiques de la MADR en 2014 (OULAD BELKIR, 2018), avec une croissance estimée à 3 % D'après (FAYE, 2020).

1.1.3. Populations camelines algériennes

En Algérie on retrouvent des populations de selle, de bât et de trait (tableau 01).

1.1.4. Modes d'élevage

En grand terme il existe deux modes d'élevage : l'élevage en extensif (communément suivi, pratiqué dans des parcours et des vastes superficies et qui se base sur la végétation naturelle) et l'élevage en intensif (en limitation « stabulation » et qui se base sur l'utilisation des complémentations alimentaires). A la limite de ces deux modes s'ajoute un autre système d'élevage, c'est le mode semi-intensif.

Tableau 01 : Les populations de dromadaires en Algérie (une compilation des données à partir de BEN AISSA, 1989).

Population	Aire de distribution	Caractéristiques
Chaambi	Sa répartition va du grand Erg occidental au grand Erg Oriental. On le retrouve aussi dans le Metlili des haambas.	Très bon pour le transport. Moyen pour la selle.
Ouled Sidi Cheikh	Les hauts plateaux du grand Erg occidental.	Animal de selle.
Saharaoui	Son territoire va du grand Erg occidental au centre du Sahara.	Est issu du croisement Chaambi et Ouled Sidi Cheikh. Excellent méhari.
Ait Khebbach	Aire Sud-Ouest.	Animal de bât
Chameau de la Steppe	Limites Sud de la steppe.	Il est utilisé pour le nomadisme rapproché
Targui	Hoggar et le Sahara central.	Excellent méhari, animal de selle par excellence souvent recherché au Sahara comme reproducteur.
Ajjer	Tassili d'Ajjer.	Bon marcheur et porteur.
Reguibi	Sahara occidental, le Sud orannais (Béchar, Tindouf). Son berceau : Oum El Assel (Reguibet).	Très bon méhari.
Chameau de l'Aftouh	Région des Reguibet (Tindouf et Bechar)	Utilisé comme animal de trait et de bât.

Dans l'élevage semi-intensif, les cheptels sont maintenus en stabulation. Durant toute la saison sèche, les troupeaux camelins, constitués uniquement de femelles laitières et qui reçoivent une ration le matin avant de partir à la recherche de pâturages dans les zones périphériques de la ville. Ils reviennent très tôt dans l'après-midi et reçoivent de l'eau et une complémentation alimentaire composée de tourteau d'arachide, de son, de riz, de blé etc. (MEDJOUR, 2014).

1.1.5. Production laitière

Dans des conditions drastiques, la chamelle a la possibilité à produire plus de lait que toutes les autres espèces et pendant des temps plus longs. Chaque chamelle produit entre 1000 et 2000 L de lait par période de lactation de 8 à 18 mois. La moyenne quotidienne de production laitière se situe entre 3 et 10 kilogrammes, au cours d'une période de lactation de 12 à 18 mois (FAYE, 2003). L'estimation de la production varie d'une région à une autre. En Afrique, elle oscille entre 1000 et 2700 litres par lactation.

En Asie, on relève des valeurs plus extrêmes, allant de 650 à plus de 12 000 litres/lactation (CHEHMA, 2004).

Durant la période allant de 2000 à 2005, la production du lait camelin dans notre pays occupe 0,5% de la production laitière mondiale totale. D'après les statistiques officielles éditées par la FAO, la production mondiale du lait de dromadaires et chameaux (la distinction n'est pas faite) se montait en 2002 à 1 283 672 tonnes du lait. Ces données sont incomplètes (il y manque notamment des tous les pays d'Asie centrale et quelques pays du Proche-Orient et Moyen-Orient) (FAYE, 2004).

Si on retient une population mondiale de l'ordre de 20 millions de têtes, chiffre vraisemblablement sous-évalué, une proportion de femelles allaitantes de l'ordre de 18 pour cent et une production moyenne de 1 500 litres par an, la production mondiale peut être estimée à 5,4 millions de tonnes dont 55 pour cent environ est prélevée par les chamelons (MEDJOUR, 2014).

2. Lait de chamelle

2.1. Caractères organoleptiques

Le lait de chamelle est de couleur blanche (en partie en raison de sa structure et Sa formation de graisse) il peut parfois être rougeâtre, et après avoir secoué il forme une mousse abondante, Il a un goût sucré, piquant et parfois salé. Le changement de son goût est dû aux types de fourrages et de plantes broutées et de la disponibilité de l'eau (FARAH, 1998). Il est moins visqueux en apparence que le lait de vache (YAGIL et ETZION, 1980 ; WANGOH *et al.*, 1998).

2.2. Caractéristiques physico-chimiques du lait de chamelle

La densité du lait camelin est en moyenne égale 1,029, par rapport à 1,028 à 1,035 pour le lait vache (SIBOUKEUR, 2007). La valeur de pH du lait de chamelle est entre 6,57 et 6,97 (KHASKHELI *et al.*, 2005). Il est plus acide que le lait de vache 6,6 et 6,8 (FARAH, 1996). Le point de congélation du lait de chamelle est entre - 0,53 °C à - 0,61°C. Cette valeur

varie selon la composition du lait, alors, qui est de l'ordre - 0,51 °C et - 0,56 °C pour le lait de vache (SMAIL *et al.*, 2002).

L'acidité moyenne du lait de chamelle en degré Dornic est 14,66 °D (GHENNAM *et al.*, 2007) et elle est de l'ordre de 15 ° Dornic, selon (SIBOUKEUR, 2007), et est de 15,6 °D selon (BADAoui, 2001).

2.3. Composition chimique du lait de chamelle

Le lait de chamelle contient la plupart des composants du lait de vache, mais dans des proportions variables, car il est 5 fois plus riche en vitamine C, 10 fois en fer et 3 fois en lactoferrine (KAMAL, 2016). Il se compose de (eau, matières grasses, lactose, caséines et autres protéines, de sels minéraux notamment de calcium, des vitamines) (SIBOUKEUR, 2007 ; GHALEM, 2016 ; KAMAL, 2016). La composition du lait de chamelle varie en raison de la différence de l'origine et des facteurs tels que le stade physiologique (ABDULLAHI, 2019), les conditions d'alimentation, les variations saisonnières ou physiologiques, l'état génétique, sanitaire de l'animal, ont également une importance primordiale (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009). En général, la quantité moyenne de composants du lait de chamelle contient 3,4 % des protéines ; matière grasse 3,5 % ; lactose 4,4 % ; cendres 0,79%, tandis que l'eau couvre 87 % (KANHAL et HAMAD, 2010 ; ABDULLAHI, 2019).

2.3.1. Eau

L'eau est le facteur le plus important du lait de chamelle. Contrairement à d'autres animaux, la teneur en eau du lait de chamelle augmente pendant la déshydratation (SEHER, 2013). Avec de l'eau librement accessible, la teneur en eau du lait est de 86%, mais lorsque l'eau est restreinte, la teneur en eau augmente dans le lait et il peut atteindre 91 %. Ceci est utile comme source d'eau pour les chamelons lors de la période de sécheresse.

2.3.2. Protéines

Le lait de chamelle contient 3 à 3,90 % de protéines. Ces protéines se répartissent en deux principales fractions (caséines et protéines de lactosérum). La teneur moyenne en caséines et en protéines lactosériques dans le lait de chamelle varient entre 1,9 et 2,3% et entre 0,7 et 1,0 % respectivement (ABBAS *et al.*, 2013 ; GUL *et al.*, 2015 ; GHALEM, 2016 ; KAMAL, 2016).

Les caséines représentent la fraction la plus importante et la proportion la plus élevée, tandis que la proportion des protéines de lactosériques est relativement faible (GUO *et al.*, 2007).

Il y a 4 principales fractions de caséine : α_1 -, α_2 -, β - et κ . Leur proportion est diverse et le polymorphisme de ces protéines ont été mises en évidence chez la plupart des espèces animales (BARLOWSKA, 2007).

La caséine α_1 contient 207 acides aminés avec un poids moléculaire de 25,773 kDa et un pH isoélectrique de 4,4 (KAPPELER *et al.*, 1998).

La caséine α_2 représente dans le lait de chamelle à une moyenne de 2,6 g/l (ALALAWI et LALEYE, 2011). La structure primaire contient 178 résidus d'acides aminés dont 11 résidus de sérine phosphorylés et deux résidus cystéine font un pont disulfure. Le poids moléculaire de cette fraction est d'environ 21,266 kDa, alors que son pH isoélectrique est 4,58 (MEDJOUR, 2014).

La β -caséine est constituée de 217 acides aminés avec un poids moléculaire de 28,6 kDa d'après MOHAMED (1993) cité par AL HAJ et AL KANHALL (2010), cette valeur est nettement plus élevée que celles rapportées par KAPPELER *et al.* (1998) qui est 24,651 kDa pour la caséine β caméline et EIGEL *et al.* (1984) qui est 24 kDa pour la caséine β bovine. Son point isoélectrique est à pH 4,76 (KAPPELER *et al.*, 1998).

La κ caséine est la plus étudiée en raison de son rôle dans la coagulation du lait par la présure, de son importance dans la stabilité de la micelle et de son intérêt en transformation laitière. Elle se différencie des autres caséines par sa grande sensibilité à la chymosine, son peu d'affinité pour le calcium et la présence de résidus glucidiques. La κ -caséine du lait de chamelle est composée de 162 acides aminés avec un pH isoélectrique de 4,11 et une masse moléculaire de 18,254 kDa (MEDJOUR, 2014).

Les caséines sont dispersées dans le lait donnant des formes stables, qui s'appellent micelles (Figure 01). L'aspect, la distribution et le diamètre des micelles de caséines des laits ont été étudiés par microscopie électronique. La microscopie électronique à balayage sur le lait camelin a montré une organisation similaire à celle du lait de vache avec des formes sphériques et des tailles variables. Ainsi, le modèle de la micelle bovine qui est une structure composée de l'assemblage de submicelles peut être extrapolé au lait camelin. Cependant, les différences les plus notables entre ces deux laits concernent les dimensions des micelles. La taille moyenne des micelles camélines est nettement plus grande. Le diamètre moyen des micelles du lait de chamelle a été retrouvé à environ le double de celui du lait de vache, 320 nm et 160 nm respectivement, alors que FARAH et RÜEGG en 1989 ont observé que les diamètres des micelles de caséines camélines sont entre 260 et 300 nm (MEDJOUR, 2014).

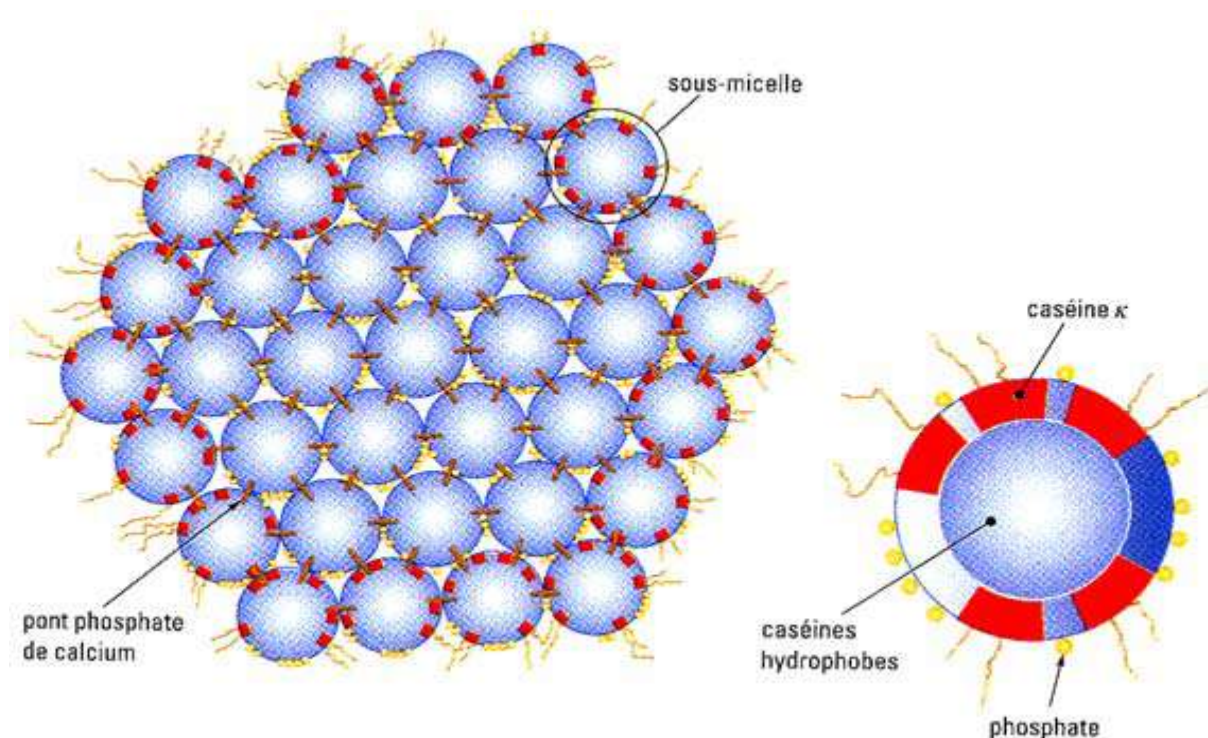


Figure 01 : Modèle de micelle de caséine avec sous-unités (submicelles) (MEDJOUR, 2014).

Les protéines du lactosérum qui constituent la deuxième plus fraction de protéines du lait de chamelle et qui couvre 20 à 25 % de protéines totales (KHASKHELI *et al.*, 2005).

Le lait camelin est déficient en β -lactoglobuline, tandis que l' α -lactalbumine comprend la plus forte portion des protéines lactosériques du lait de chamelle. Dans le lait bovins, l' α -lactalbumine ne constitue que 25 %, tandis que la β - la lactoglobuline forme 50 % de la totalité des protéines de lactosérum qui en fait la principale protéine de lactosérum de lait bovin (LALEYE *et al.*, 2008).

Les protéines de lactosérum du lait de chamelle (Tableau 02) se composent de certaines autres protéines telles que la protéine de reconnaissance peptidoglycane, les immunoglobulines, la lactoferrine et l'albumine sérique (KAPPELER *et al.*, 2005)

Protéine de reconnaissance peptidoglycane (PGRP), sa concentration la plus élevée a été découverte pour la première fois dans le lait camelin et elle a un effet apparent sur le cancer du sein en contrôlant les métastases et stimule la réponse immunitaire (GIZACHEW *et al.*, 2014). Elle stimule la réponse immunitaire de l'hôte et a des puissantes activités antimicrobiennes. (GUL *et al.*, 2015).

La lactoferrine est une glycoprotéine qui a la capacité de lier deux cations métalliques (de préférence Fe^{3+}) au sites de liaison structurellement étroitement liés. La lactoferrine est nécessaire pour transport ou stockage du fer et possède des propriétés

antioxydantes. La teneur en lactoferrine du lait camelin (0,22 g/l), il est plus important que dans le lait de chèvre, de brebis, de buffle et de vache (El-HATMI, 2007). Le niveau le plus élevé de lactoferrine (2,3 g/l) était remarqué après 2 jours de parturition. La lactoferrine fait partie des protéines protectrices du lait de chamelle avec concentration élevée, elle empêche ainsi la prolifération microbienne et les agents pathogènes envahissants (HOSAM *et al.*, 2013).

La lactoperoxydase a un effet bactéricide principalement sur les bactéries à Gram négatif comme *Escherichia coli*, *Salmonella* et *Pseudomonas* (ABBAS *et al.*, 2013, GUL *et al.*, 2015). Son activité enzymatique dans le lait de chamelle est de 869-1172 U/l et son poids moléculaire est 78 kDa alors que celui de bovin est de 72,5 kDa (MEDJOUR, 2014).

Le lysozyme du lait de chamelle a un poids moléculaire de 14,4 kDa. Il possède une activité de lyse supérieure à celle du lysozyme bovin, mais inférieure à celle du lysozyme du blanc d'œuf. Le lait de chamelle contient une concentration plus élevée de lysozyme (15 µg/100 ml) contre (7 µg/100 ml) pour le lait de vache (MEDJOUR, 2014).

Tableau 02 : Concentration moyenne en protéines sériques du lait de chamelle et du lait de vache (compilation faite par KAPPELER *et al.*, 2003).

Protéine (mg/l)	Lait de chamelle	Lait de vache	Références
α -lactalbumine	3800	1260	KAPPELER <i>et al.</i> (2003)
	2200	2040	El-HATMI <i>et al.</i> (2007)
	2010	1080	OMAR <i>et al.</i> (2016)
β -lactoglobuline	-	3500	KAPPELER <i>et al.</i> (2003)
	-	5970	OMAR <i>et al.</i> (2016)
Sérum	400	360	OMAR <i>et al.</i> (2016)
Lactophorine (PP3)	950	300	KAPPELER <i>et al.</i> (2003)
	1100	-	GIRARDET <i>et al.</i> (2000)
Lactoferrine	95	140	KAPPELER <i>et al.</i> (2003)
Lactoperoxydase	-	30	
Lysozyme	0,15	0,07	El-AGAMY <i>et al.</i> (1996)
	0,42	0,37	El-AGAMY (2009)
Immunoglobulines	1640	760	El-AGAMY et NAWAR, (2000) ; El-AGAMY, (2009).

(-) : valeur non déterminée

Les Immunoglobulines sont capables de pénétrer dans les tissus et les cellules que les Immunoglobulines humains sont incapables de faire. En raison de leur taille réduite, un dixième de la taille des anticorps humains, pouvant ainsi passer facilement au lait de chamelle

en lactation. Ils sont facilement absorbés par l'intestin pour passer dans la circulation générale (GADER, 2016). De plus, le niveau d'immunoglobulines G dans le lait de chamelle est de 1,64 g/l, ils sont plus élevés par rapport au lait de chèvre, de vache, de brebis, de bufflesse et de femme et qui sont : 0,70, 0,67, 0,55, 0,63 et 0,86 respectivement (EL-AGAMY et NAWAR, 2009).

2.3.3. Matière grasse du lait de chamelle

La teneur en matière grasse du lait de chamelle est estimée entre 2,9 à 5,4 % et peut être réduite de 4,3 à 1,1 % dans le lait des chamelles assoiffées (HADDADIN *et al.*, 2008, KONUSPAYEVA *et al.*, 2009).

MANSSON (2008) affirme que les globules gras avec les plus grands diamètres se trouvent dans le lait de bufflonne (8,7 μm), les plus petits dans le lait de chamelle (2,99 μm) et de chèvre (3,19 μm).

Par conséquent, le lait de chèvre ou de chamelle est plus digestible pour les humains (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009).

Le lipide du lait camelin est caractérisé par une forte proportion d'acides gras à longue chaîne 96,4 % contre 85,3 % dans le lait bovin (ABBAS *et al.*, 2013). La matière grasse laitière du lait camelin contient un niveau inférieur de carotène et des concentrations moindres d'acides gras à chaîne courte par rapport au lait de bovin (STAHL *et al.*, 2006).

Divers acides gras tels que l'acide butyrique, caproïque, caprylique, acides caprique, laurique, myristique, myristoléique, palmitique, palmitoléique, stéarique, oléique, linoléique et arachidique sont présentes dans le lait de chamelle (PANWAR *et al.*, 2015).

2.3.4. Glucides

La principale fraction glucidique du lait de chamelle est le lactose et qui a un taux compris entre 3,3 et 5,80 %. La nature des plantes broutées par le dromadaire dans les zones désertiques pourrait être un facteur de variation importante des teneurs en lactose. Le dromadaire aime, généralement, prendre des plantes halophiles comme *Salosa*, *Acacia* et *Artiplex* pour répondre à leurs besoins physiologiques en sels (ABAS *et al.*, 2013).

2.3.5. Minéraux

La fraction minérale du lait camelin est comprise entre 0,60 et 1,0 % (KONUSPAYEVA *et al.*, 2009). Il y a des fluctuations importantes du niveau de minéraux en raison des différences d'alimentation, race et prise d'eau (HADDADIN *et al.*, 2008). Le lait de chamelle est une source riche en divers minéraux comme Na, K, Ca, P, Mg, Fe, Zn et Cu, qui sont présents dans le lait de chamelle (Tableau 03) (ONJORO *et al.*, 2003).

Tableau 03 : Concentration moyenne en sels minéraux du lait de chamelle et du lait de vache (BENGOUMI *et al.*, 1994).

Type de lait	Concentration (mg/L)									Références
	Macro-éléments					Oligo-éléments				
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	M	
Lait de chamelle	702	1586	1078	122	641	2,64	-	-	-	SAWAYA <i>et al.</i> (1984)
	270	450	1310	140	510	0,40	-	-	-	GNAN et SHEREHA (1986)
	431	725	300	45	-	2,80	-	-	-	ELAMIN et WILCOX (1992)
	902	2110	1462	108	784	3,40	-	-	-	BENGOUMI <i>et al.</i> (1994)
	688	1464	1180	125	889	2,37	1,44	6,08	0,82	MEHAIA <i>et al.</i> (1995)
	581	1704	1182	74	769	1,30	-	-	-	GORBAN et IZZELDIN (1997)
	660	1720	1230	90	1020	-	-	-	-	ATTIA <i>et al.</i> (2000)
	581	1628	1117	66	814	2,30	0,63	5,27	0,13	SOLIMAN (2005)
	590	1560	1140	105	-	2,90	-	5,47	0,51	AL-HAJ ET AL-KANHAL (2010)
Lait de vache	501	1402	1127	117,73	961	-	-	-	-	GAUCHERON (2005)
	498	1475	1203	135	953	0,71	0,18	3,92	0,038	SOLIMAN (2005)
	444	1362	1166	103	867	0,31	0,31	4,12	0,041	MEDHAMMAR <i>et al.</i> (2012)

(-) : valeur non déterminée

2.3.6. Vitamines

Des nombreuses vitamines telles que D, E, A, C et les vitamines du groupe B se trouvent dans le lait de chamelle (Tableau 04) (STAHL *et al.*, 2006 ; HADDADIN *et al.*, 2008). Le lait de chamelle riche en vitamine C, il contient trois à cinq fois plus de vitamine C que le lait de vache. La valeur moyenne de la concentration de vitamine C présente dans le lait de chamelle est de 34,16 mg/L (STAHL *et al.*, 2006 ; HADDADIN *et al.*, 2008). Il a été rapporté que le lait de chamelle contient une concentration plus élevée en niacine (B₃) par rapport au lait de vache.

Tableau 04 : Composition en vitamines du lait de chamelle en comparaison avec le lait de vache (SBOUI *et al.*, 2009).

Vitamines	Lait de chamelle (mg/l)			Lait de vache (mg/l)
	SAWAYA <i>et al.</i> (1984)	KAPPELER (1998)	ZHANG <i>et al.</i> (2005) ; ZHAO <i>et al.</i> (2015)	FARAH (1993)
A (Rétinol)	0,15	0,15	0,97	0,27
B1 (Thiamine)	0,32	0,58	0,13	0,57
B2 (Riboflavine)	0,40	0,78	1,24	1,56
B3 (Niacine)	4,47	4,46	-	0,63
B5 (Acide pantothénique)	0,85	0,85	-	3,63
B6 (Pyridoxine)	0,51	0,50	0,54	0,50
B9 (Acide folique)	0,0040	0,004	-	0,053
B12 (Cobalamine)	0,0015	0,002	-	0,004
E (Tocophérol)	-	0,51	1,50	0,15
C (Acide ascorbique)	23,26	29,07	30,07	12,60

(-) : valeur non déterminée

3. Coagulation du lait

La coagulation du lait résulte d'un changement irréversible du lait de l'état liquide à l'état semi solide appelé gel ou coagulum (CECCHINATO *et al.*, 2012). Elle est provoquée par la dénaturation de la caséine, protéine majoritaire du lait.

La plupart des tentatives de faire du fromage à partir du lait de chamelle ont révélé de grandes difficultés à obtenir la coagulation du lait. Comparé au lait de vache, le lait de dromadaire a des particularités qui limitent sa transformation (MEDJOUR, 2014).

3.1. Mécanismes de la coagulation de lait

Les mécanismes de la formation du coagulum diffèrent totalement suivant que ces modifications sont induites par acidification ou par action d'enzymes coagulantes (LEFEBVRECASES *et al.*, 1998).

3.1.1. Coagulation acide

La coagulation par voie acide est provoquée par l'acide lactique d'origine bactérienne. L'activité acidifiante est l'une des principales fonctions des bactéries lactiques, dans la fabrication des produits fermentés, Ces bactéries sont responsables de la production d'acide

lactique résultant de l'utilisation des hydrates de carbone et par conséquent la chute du pH de l'aliment (VISESSANGUAN *et al.*, 2006). Ce qui provoque une solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, un élément important dans la stabilité des micelles de caséine. Ces dernières vont se lier entre elles et former un gel cassant très friable et peu élastique (MIETTON, 1995).

Si l'acidification est rapide par addition d'un acide minéral ou organique, il y a floculation des caséines à pH 4,6 pour le lait bovin et 4,3 pour le lait camelin (WANGOH *et al.*, 1998), sous la forme d'un précipité plus ou moins granulé dispersé dans le lactosérum.

3.1.2. Coagulation par les extraits de plantes

La coagulation du lait ne se fait pas seulement par acide lactique ou d'enzymes animales, mais les extraits de plantes sont l'une des méthodes utilisées pour coaguler le lait, mais ces diverses préparations végétales ont donné des résultats assez décevants en fromagerie car elles possèdent le plus souvent une activité protéolytique très élevée et produisent des fromages amers (LOPIERO *et al.*, 2002).

3.1.3. Coagulation enzymatique

Il existe un bon nombre d'enzymes capables de coaguler le lait, et ces enzymes se distinguent par la propriété d'hydratation de la protéine de caséine, qui constitue le pourcentage le plus élevé des protéines du lait. La coagulation enzymatique est assurée par des enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, ayant la propriété de coaguler le lait.

3.1.3.1. Enzymes d'origine végétale

On connaît de très nombreuses préparations coagulantes provenant du règne végétal. Les protéases sont extraites par macération de divers organes de plantes supérieures. (VEISSEYRE, 1979). Le gaillet, l'artichaut, le chardon sont des espèces connues qui ont été utilisées, jadis, dans des fabrications de fromages fermiers (RAO *et al.*, 1998 ; SILVA et MALKATA, 2005).

La papaïne ; La ficine ; La broméline sont d'autres extraits coagulants ont été obtenus à partir de plantes tropicale. La papaïne extraite du latex de *Carica papaya*, elle est caractérisée par une activité coagulante assez forte (CUVELIER, 1993). La ficine est une sulfhydryl enzyme, extraite du latex du genre *Ficus* (*Ficus carica*, par exemple). Comme la papaïne. La broméline est une enzyme extraite de l'ananas (*Ananas comosus*), elle a été considérée comme substituant possible de la chymosine (YAMAMOTO, 1975).

3.1.3.2. Enzymes d'origine microbienne

A. Origine bactérienne

Les genres *Bacillus* et *Pseudomonas* tels que *Bacillus cereus*, *Bacillus polymyxa*, *Bacillus subtilis* et *Bacillus coagulans*, sont les espèces les plus importantes qui ont été étudiées dans la coagulation du lait par les protéases bactérienne les résultats.

Il y a plusieurs inconvénients avec les protéases extraites de ces bactéries, tels que la non spécificité de l'hydrolyse, l'activité protéolytique généralement très élevée par rapport à celles de la présure et la modification des caractéristiques organoleptiques des fromages comme le goût acide et amertume (ERNSTROM, 1983).

B. Origine fongique

Contrairement à celles d'origine bactérienne, les protéases d'origine fongique ont donné des résultats meilleurs. Parmi les genres étudiés de moisissures ; *Cryphonectria parasitica*, *Rhizomucor pusillus* et *Rhizomucor miehei*.

Ses emplois comme substitut de la présure, dans la fabrication de certaines variétés de fromage, ont donné des résultats satisfaisants. Par exemple la protéase de *Rhizomucor miehei* a donné un rendement et une qualité de fromage similaire, lors de la fabrication l'emmental. Aucun développement de l'amertume n'a été observé (RICHARDSON, 1975).

3.1.3.3. Enzymes d'origine animale

La présure est l'extrait provenant des caillettes de jeunes animaux nourris au lait, la présure est une enzyme protéolytique qu'on utilise depuis l'antiquité pour coaguler le lait. Selon la fédération internationale du lait (FIL) la dénomination « présure » est donnée à l'extrait coagulant provenant de caillettes de jeunes ruminants abattus avant sevrage (ANDREN, 2002). Elle contient deux fractions actives l'une majeure, constituée par la chymosine, l'autre mineure, par la pepsine (DESMAZEAUD, 1997).

Une présure préparée à partir de caillettes d'agneau a été utilisée avec succès pour la préparation d'un fromage local grec, son utilisation n'a posé aucun problème ni à la technologie ni à la maturation (ANIFANTAKIS, 1976).

A. Chymosine

La chymosine est une holoprotéine dont le poids moléculaire est voisin de 31400 Da. La chymosine est connue pour hydrolyser la caséine κ du lait bovin au niveau de la liaison Phe₁₀₅-Met₁₀₆, tandis que son site d'action sur la caséine κ caméline est Phe₉₇-Ile₉₈ et possède une activité protéolytique générale faible pendant l'affinage du fromage. L'activité protéolytique de la chymosine est fortement influencée par les facteurs de milieu et principalement par le pH et la température. Au pH du lait (6,2 - 6,6), la chymosine représente plus de 80 % de l'activité coagulante (ANDREN, 2002).

Tableau 05 : Caractéristiques des enzymes gastriques, d'après une compilation des données faite sur (CHOW et KASSELL, 1968 ; BOHAK, 1969 ; ANTONINI et RIBADEAU-DUMAS, 1971 ; FOLTMAN, 1971 ; ERNSTROM et WONGT, 1983 ; CUVELLIER, 1993).

Principales Caractéristiques		Chymosine	Pepsine bovine		Pepsine porcine	Pepsine de poulet
			I	II		
Masse molaire	Proenzyme	36000 Da	38943 Da		42000 Da	43000 Da
	Enzyme	31000 Da	-	33400 Da	34500 Da	35000 Da
Fractions		A,B,C	-		A,B,C,D	-
pH d'activation		5,0 et 2,0	2,0		2,0	2,0
N-terminal	Proenzyme	Glycine	Leucine	Sérine	Leucine	Lysine
	Enzyme	Alanine	-	Valine	-	Serine
C-terminal	Proenzyme	Isoleucine	Alanine		-	Serine
	Enzyme	Isoleucine	-	Alanine	-	Serine
pH optimal d'activité protéolytique sur l'hémoglobine		3,4	2,8	≤2	1,8	2,8
pH de stabilité (à 25°C)	Proenzyme	5,3 ^a -9,0 ^a	> 7,0 ^b		≤ 10,5 ^b	≤ 10,5 ^b
	Enzyme	5,3 ^a -6,3 ^a	< 6,0 ^b		≤ 6,5 ^b	≤ 8,0 ^b
pH d'inhibition (enzyme)		> 6,3 ^a et < 3,5 ^a	> 6,9 ^b		> 6,5 ^b	> 8,5 ^b

(-) indéterminé. (a) valeurs déterminées sur l'hémoglobine comme substrat. (b) valeurs déterminées sur le lait comme substrat.

B. Pepsine

La pepsine est une protéase acide présente dans le suc gastrique de tous les mammifères et les oiseaux. L'une de ses remarquables caractéristiques est sa grande activité dans cet environnement acide ; elle est active même à pH 1 où plusieurs enzymes et protéines subissent une rapide dénaturation.

Elle attaque préférentiellement les peptides contenant de la phénylalanine ou de la tyrosine et plus généralement les acides aminés à noyau aromatique (Yamamoto, 1975).

a. Pepsine bovine

La pepsine bovine est extraite à partir des caillottes d'animaux adultes et de veaux sevrés. L'extrait brut contient un pepsinogène majoritaire et plusieurs pepsinogènes mineurs qui donnent après activation à pH 2 la série de pepsines correspondantes (CHOW et

KASSELL, 1968). C'est un des constituants mineurs normaux de la présure et son poids moléculaire est de 33400 Da (ALAIS, 1974 ; ERNSTROM, 1983).

Les propriétés protéolytiques de la pepsine bovine sur les caséines sont plus semblables à celles de la chymosine (ERNSTROM et WONG, 1983 ; BARBANO et RASMUSSEN, 1992).

L'activité coagulante de la pepsine bovine n'est pas aussi dépendante du pH que celle de la pepsine porcine, et peut coaguler le lait à des pH supérieurs à 6,9, son activité protéolytique est proche de celle de la présure.

b. Pepsine porcine

L'extraction et l'utilisation de la pepsine porcine ont débuté durant la première guerre mondiale pour pallier une pénurie de la présure, mais n'a été réellement industrialisé qu'à partir des années 60.

La pepsine porcine est produite à partir de la muqueuse gastrique du porc sous sa forme inactive, puis activée par acidification à pH 2, son poids moléculaire est de 34500 Da (ERNSTROM, 1983). L'extrait brut de la pepsine contient dans la majorité de la pepsine A et des composés mineurs correspondants aux pepsines : B, C et D (CUVELLIER, 1993).

Le principal inconvénient de la pepsine porcine comme agent coagulant du lait est le fait que son activité coagulante est fortement dépendante du pH (BOUGHELLOUT, 2007) et aussi la présence d'arrière-goût et d'amertume pour certains fromages (BRULE et LENOIR, 1987).

c. Pepsine de poulet

La pepsine du poulet est extraite du proventricule ou ventricule succenturié. Dans les glandes de type tubulaire, il y a des cellules spécialisées oxyntico-peptiques sécrétant à la fois de l'acide chlorhydrique et une proenzyme protéolytique (le pepsinogène). Le système de canaux collecteurs s'ouvrant sur des petites papilles, apporte le suc gastrique dans la lumière des proventricules (ALAMAREOT, 1982). Le volume du suc gastrique qui varie de 5 à 20 ml / heure en période de jeûne, atteint 40 ml / heure après stimulation. Le pH du suc varie de 1 à 2 (LARBIER et LECLERC, 1992).

Le poids moléculaire de pepsinogène du poulet est 43000 Da, et le poids moléculaire de la pepsine est 35000 Da (BOHAK, 1969). L'activité catalytique de la pepsine de poulet est la plus élevée entre pH 1,5 et 4,5 avec un optimum à 2,8. Plusieurs études ont été réalisées afin d'introduire la pepsine de poulet comme succédané de la présure. La fabrication de fromage de type cheddar à l'aide de la pepsine du poulet, donne un fromage de qualité inférieure, il présentait un corps mou, peu d'arômes et un arrière goût assez prononcé due à une protéolyse

excessive. D'autres travaux ont montré que le cheddar préparé par un mélange de pepsine de poulet et de pepsine porcine était similaire à celui préparé par de la présure (BOUGHELLOUT, 2007).

II. Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

1. Matériel

1.1. Echantillons de lait

Les échantillons de lait utilisé sont prélevés à partir d'un troupeau de dromadaire (*Camelus dromedarius*), au niveau de la wilaya d'El-Oued, conduit selon deux types de système d'élevage : extensif (Ben Guecha) et semi-intensif (Bayadha). Ils ont été acheminé aux laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de la vie (université Echahid Hamma Lakhdar EL-Oued) afin d'en faire les analyses nécessaires.

Tableau 06 : Echantillons collectés de lait de chameilles.

Numéro de l'échantillon	Nombre des chameilles	Région	Population	Mode d'élevage	Nutrition
Echantillon 01	08	El-Oued (Ben Guecha)	Sahraoui	Extensif	Fourrage naturel
Echantillon 02	09	El-Oued (Bayadha)	Sahraoui	Semi-intensif	Fourrage naturel plus (son, orge, blé, maïs).

Les chameilles dont les échantillons de lait ont été prélevés, appartiennent au même rang de lactation.

1.2. Caillettes

Les caillettes, utilisées dans cette étude, proviennent d'un dromadaire (âge d'environ 24 mois), d'un bovin (âge d'environ 30 mois) et d'un ovin (âge d'environ 8 à 9 mois). Après l'abattage au niveau de l'abattoir communal d'El-Oued, les caillette ont été ciblées et prélevées avec l'aide de vétérinaire travaillant au même abattoir. Elles sont ensuite transportées dans une glacière et dans des bonnes conditions de conservation aux laboratoires de la faculté des sciences de la nature et de la vie (université Echahid Hamma Lakhdar EL-Oued) pour en extraire les enzymes coagulantes au lait, nécessaire pour cette étude.



Figures 02 : Photo prise sur les caillottes utilisées pour extraire et obtenir les enzymes coagulantes au lait. **A** : Caillette cameline ; **B** : Caillette ovine ; **C** : Caillette bovine.

1.3. Appareillage

- Thermo-lacto-densimétrie (thermo-lactodensimètre marque Nathia) ;
- pH-mètre (Marque Consort, modèle C3010) ;
- Centrifugeuse (Marque sigma) ;
- Agitateurs magnétiques ;
- Bain marie (memmert) ;
- Spectrophotomètre (Marque JENWAY, 6705 UV / Vis) ;
- Balance analytique ;

1.4. Petit matériel

Micropipettes, pipettes graduées, pipettes jaugées, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, fioles à vide, papiers filtre, tubes à hémolyse, burettes, éprouvettes, entonnoirs, spatules...etc.

1.5. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique

- Solvants (éthanol, eau distillée, acide chlorhydrique...);
- Sels et tampons (hydroxyde de sodium, carbonate de sodium, chlorure de sodium, sulfate de cuivre, chlorure de sodium, sulfate di-sodique, sulfate d'aluminium, tartrate double de sodium et potassium, hydrogénophosphate de sodium...);
- Colorants et réactifs spécifiques (phénolphtaléine, réactif de Folin Ciocalteu);
- Matériel biologique : protéines étalons : Albumine Sérique Bovine (BSA).

2. Méthodes

2.1. Collecte du lait

Le lait est traité à partir de chèvres saines. Il est recueilli proprement et dans des bouteilles neuves et propres en plastique. Les bouteilles étaient placées immédiatement dans une glacière contenant des blocs de réfrigérant et transportées vers le laboratoire. Afin de tenir compte de ne pas perturber certains protocoles analytiques comme la mesure de l'acidité titrable (selon la norme française 04-206, janvier 1969), aucun conservateur (azide de sodium par exemple) n'a été rajouté. À l'arrivée au laboratoire, le pH, l'acidité Dornic et la densité ont été mesurés. Le reste du lait est réparti en petites fractions (50 ml) qui sont congelées ainsi jusqu'à leur utilisation ultérieure.

2.2. Etude des caractéristiques du lait de chèvres collecté

2.2.1. Analyses physico-chimiques

2.2.1.1. Mesure de pH

Le pH du lait évalue sa concentration en ions hydronium libres ce qui donne une information sur son état de conservation vis-à-vis des altérations probables par les germes lactiques. Après avoir étalonné l'électrode de pH-mètre par 2 ou 3 solutions tampons de différents pH connus, l'électrode est introduite par la suite dans le lait et la valeur du pH est lue directement sur l'écran de pH-mètre.

2.2.1.2. Détermination de la densité

La densité est le rapport qui existe entre le poids spécifique d'un corps et le poids du même volume d'eau distillée, l'eau étant prise pour unité de poids spécifique égale à 1. La densité du lait est donc la résultante des densités de ses divers constituants. La densité du lait est déterminée par l'utilisation de lactodensimètre (la température du lait est égale à 20 °C)

comme il est montré dans la photo.

2.2.1.3. Détermination de l'acidité Dornic

Elle est réalisée selon la Norme Française 04-206 (Janvier 1969). Elle est basée sur le titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphtaléine comme indicateur.

2.2.1.4. Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951)

Le taux des protéines dans le lait et dans ses différentes fractions est estimé par dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

Cette méthode consiste en une réaction d'oxydo-réduction entre un réactif phosphomolybdique phosphotungstique et les acides aminés tyrosine et tryptophane des protéines. Le développement maximal de la coloration se fait au moyen d'un traitement par une solution alcaline (NaOH) contenant du cuivre (CuSO₄). L'intensité de la couleur développée, mesurée spectrophotométriquement, est proportionnelle à la concentration en protéines (GUILLOU *et al.*, 1976). L'absorption colorimétrique développée est mesurée à 750 nm. La teneur en protéine est déterminée grâce à une courbe étalon en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence (figure 03). Le protocole est décrit en annexes.

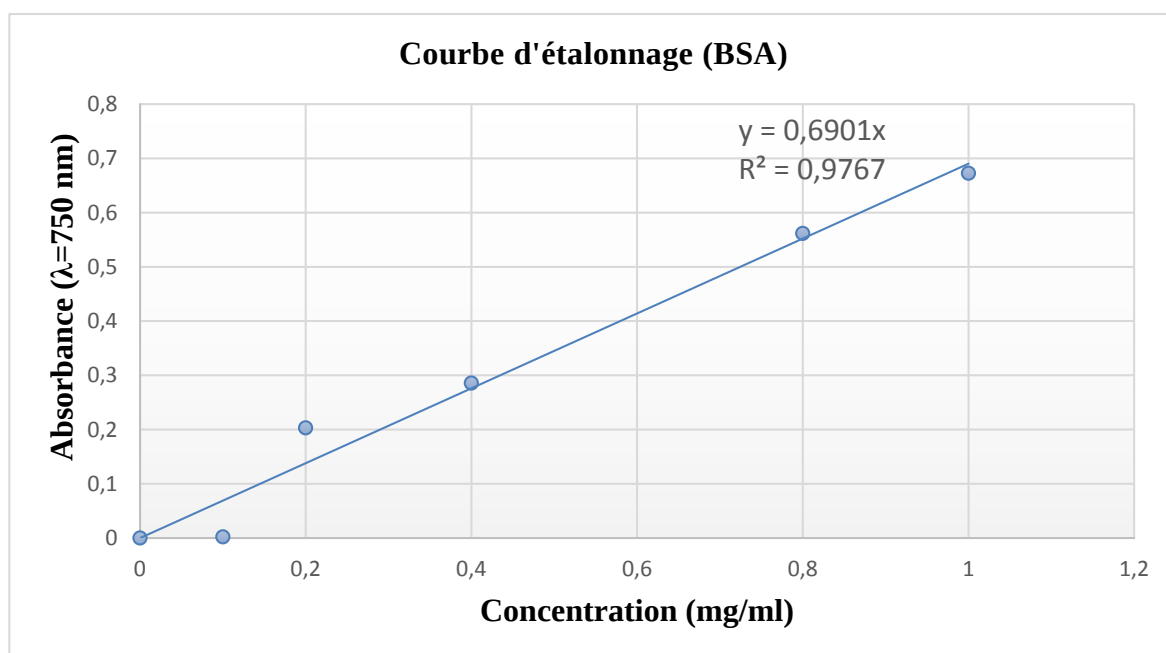


Figure 03 : Courbe d'étalonnage pour estimation et dosage des protéines des échantillons du lait camelin collecté (en utilisant la BSA). **R**= coefficient de corrélation.

2.3. Extraction des enzymes coagulantes

L'extraction est effectuée selon la méthode de VALLES et FURET (1977) pour le bovin

et adapté aux extraits issus de caillettes de dromadaire et de mouton.

2.3.1. Macération

Des échantillons de caillette de poids P (g) sont macérés dans un volume ($1,25 \times PU$) d'une solution d'acide chlorhydrique HCl $0,2M$, à une température de $42^{\circ}C$ pendant 60 minutes. Chaque mélange est alors filtré à travers un papier filtre pour obtenir deux extraits brutes totaux.

2.3.2. Clarification

Après l'étape de macération, chaque extrait brut total subit une clarification par addition de 1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium ($Al_2(SO_4)_3$), $1M$ et de 5 % (V/V) d'une solution de sulfate di-sodique (Na_2SO_4), $1M$, chauffée quelques minutes à $42^{\circ}C$. Chaque mélange est ensuite filtré à travers un papier Whatman.

Après cette deuxième filtration, nous obtenons des extraits jaunes plus ou moins limpides des poids P' (prime) résultant, correspondra à une activité coagulante (UP/g), ces extraits bruts sont des extraits clarifiés, le rendement d'extraction R est défini comme étant le nombre d'unités coagulantes contenues dans l'extrait clarifié provenant de 1g de caillette mis en œuvre (VALLES et FURET, 1977).

2.3.3. Concentration du filtrat

Après filtration, le filtrat jaune obtenu va subir une concentration par addition d'une solution saturée de $NaCl$, additionnée à 1% (V/V) d'une solution d' HCl ($d=1,19$).

Chaque mélange subit une agitation modérée, après un repos d'une heure suivie d'une centrifugation ($2100 \times g/20$ min), nous obtenons un précipité que l'on fait dissoudre dans un volume minimal d'eau distillée à raison de 10% (P/V).

2.3.4. Ajustement de pH

Le pH de chaque extrait enzymatique gastrique clarifié est ajusté jusqu'à la valeur de 5,5 par l'utilisation d'une solution de phosphate di-sodique Na_2HPO_4 ($1M$).

2.3.5. Conservation et stockage des extraits gastriques

La conservation des extraits gastriques coagulants est réalisée par l'ajout d'une solution de $NaCl$ saturée à raison de 10% (V/V) et de quelques grains de thymol, pour leur conservation. Enfin, le stockage se fait à $+4^{\circ}C$ dans des flacons stérilisés prêts à l'emploi.

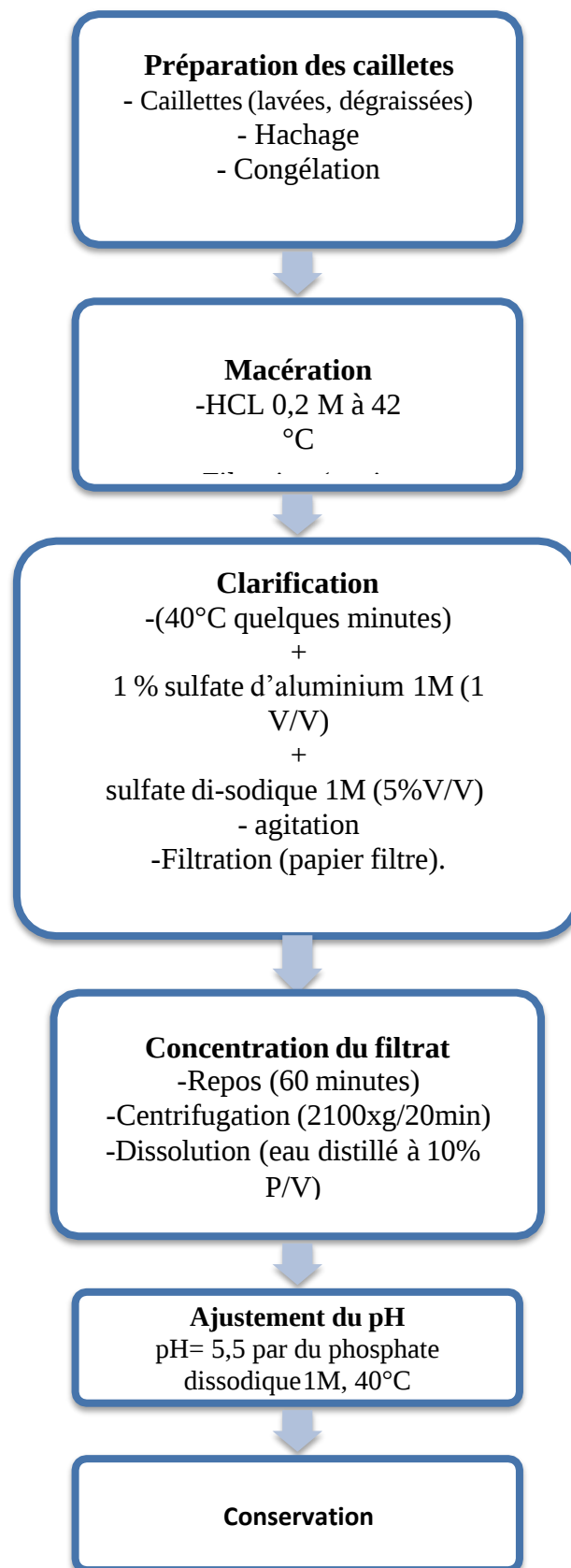


Figure 04 : Protocole d'extraction des enzymes coagulantes à partir des caillettes.

2.4. Caractérisation des extraits coagulants gastriques

La caractérisation des extraits enzymatiques consiste en la détermination de leur activités coagulante et protéolytique.

2.4.1. Calcul du rendement des extractions

Le rendement d'extraction R pour les extraits de caillettes cameline, bovine et ovine exprimé en pourcentage (%) est défini comme étant le rapport de la masse de l'extrait obtenu (précipité) et la masse de la caillette employée selon VALLES et FURET (1981).

Il est déterminé selon la formule suivante : $R (\%) = M/M_0 \times 100$;

Où :

R (%) : rendement exprimé en pourcentage ;

M : masse en gramme de l'extrait résultant (précipité) ;

M₀ : masse en gramme de la caillette.

2.4.2. Activité protéolytique

La mesure de l'activité protéolytique des extraits coagulants de dromadaire (ECD), bovine (ECB) et ovine (ECO) est fondée sur l'intensité de la protéolyse des caséines camelines en solution sous l'action enzymatique de ces extraits, cette dernière est déterminée par la méthode de GREEN et STACKPOOLE (1975).

Le résultat de cette protéolyse est la libération de peptides de faible poids moléculaire. Ces derniers restent solubles après l'ajout de l'acide trichloracétique (TCA) à 12 %, utilisé pour arrêter la réaction enzymatique.

La teneur en peptides dans le milieu est appréciée par la mesure de l'absorbance à 280 nm, en utilisant un spectrophotomètre UV-visible.

La quantité en peptides du filtrat obtenu est proportionnelle à l'activité protéolytique des extraits coagulants de dromadaire (ECD), bovine (ECB) et ovine (ECO).

Afin d'étalonner le spectrophotomètre, l'eau distillée est utilisée afin de remplacer l'hydrolysate peptide (sur laquelle on ajoute le TCA tout comme pour l'échantillon) pour servir de témoin.

2.5. Calcul du rendement fromager

Le lait est reparti dans des tubes à essais, à raison de 10 ml/tube, suivi d'une incubation dans un bain marie de 35 °C à 38 °C, pendant 15 heures avec l'addition de l'extrait coagulant à raison de 1 ml/10 ml du lait.

Après l'incubation, une centrifugation a été réalisée pendant 20 min à 2000-3500 xg. Le surnageant a été rejeté et on pèse le culot (fromage obtenu et précipité).

Le rendement fromager est obtenu par la relation suivante :

$$R (\%) = Q/Q_0 \times 100 ;$$

Où :

R (%) : rendement fromager du lait exprimé en pourcentage ;

Q : masse en gramme (ou en Kg) de fromage obtenu (précipité) ;

Q₀ : masse en gramme de lait (ou en Kg) (BOUDJENAH, 2012) ou le volume du lait en mL (ou en L) (OUAHIOUNE et LOULI, 2016).

2.6. Analyse statistiques

Les résultats ont été analysé statistiquement par le programme SAS software V 9.0, en utilisant le test t de student et le test ANOVA.

III. Résultats et discussions

III. Résultats et discussions

1. Paramètres physicochimiques

Tableau 07 : Les différents paramètres physicochimiques réalisés sur les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevage : extensif et semi-intensif).

Paramètres	Extensif		Semi-intensif		P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
pH	6,73	0,12	6,59	0,10	0,0281*
Acidité Dornic (D°)	15,625	1,302	17	1,669	0,7072 ^{ns}
Densité	1,0261	0,0036	1,0255	0,0029	0,0875 ^{ns}

*= différence significative ($P \leq 0,05$). ^{ns}= différence non significative ($P > 0,05$).

1.1. pH

Le pH du lait camelin est selon le cas égal à 6,73 pour le lait des chamelles élevées extensif, à 6,59 pour le lait issu d'un élevage semi-intensif. Cette différence est significative ($P \leq 0,05$) (tableau 07).

Valeur de pH (6,73) pour un élevage extensif est proche de pH signalé par KHASKHELI en 2005 au Pakistan (6,77), alors qu'il est apparemment supérieur aux valeurs de pH rapportés par certains auteurs pour le même système d'élevage comme : FAYE *et al.* (2008) au Kazakhstan (6,46) et MEDJOUR (2014) avec des pH de 6,39 et 6,40 à El-Oued et Biskra respectivement. D'autre part et pour le système d'élevage semi-intensif, le pH moyen de 6,59 que nous avons relevé dans cette étude est supérieur à celui rapporté par (BORNAZ, 2009) soit un pH de 6,51, par MEDJOUR en 2014 à EL-Oued qui est de 6,46 et 6,53.

Le pH et le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau d'après ce qui a été confirmé par GORBAN et IZZELDIN en 1997 (MEDJOUR, 2014).

Le pH bas du lait camelin est dû à la fois à sa composition et sa forte concentration en acide gras volatiles, à sa richesse en acides organiques divers et sa teneur relativement élevée en vitamine C (SIBOUKEUR, 2007 ; BOUBEZARI, 2010 ; MAÂMRI et MEKHLOUFI, 2013). D'autre part VIGNOLA en 2002 signale que le pH du lait dépend principalement de la présence de caséines et des anions phosphorique et citrique (MEDJOUR, 2014).

1.2. Acidité Dornic

L'acidité titrable est en moyenne 15,625 pour l'échantillon provenant de système

d'élevage extensif. Celle de système d'élevage semi-intensif est à la valeur de 17 °D. La différence enregistrée n'est pas significative ($P>0,05$) (tableau 07).

La valeur de l'acidité Dornic obtenue pour le lait issu d'élevage extensif se situe en bas de la fourchette des travaux rapportés par certains auteurs pour le même système d'élevage soit 18,2 °D (SIBOUKEUR, 2007) ; 21, 3 °D (MAHBOUB, 2009) ; 18°D (CHETHOUNA, 2011) ; 18.30 °D (ELHATMI *et al.*, 2015) en Tunisie et 20,66 °D (BADIDJA et DJELLABI, 2014) en Algérie ; BOUDJENAH, 2012 (17 °D) ; BENNEDJMA et ROUIDJAA, 2015 (17°D) à Ouargla, (MEDJOUR, 2014) (18,67 °D).

Le résultat que nous avons enregistré pour le lait issu d'élevage semi-intensif est plus bas de celle rapportée par MEDJOUR, 2014 à BISKRA qui est de l'ordre de (20,17 °D) et SAYAH et KHADHOUR en 2017 (20,5 °D). Par contre elle est plus élevée que celle mentionnée par BOUZID et LABIDI, 2015 à EL-Oued (15,30) pour le même mode d'élevage.

Les variations dans la valeur de l'acidité sont généralement dues à la variation de l'alimentation des animaux, aux conditions environnementales ainsi qu'à la période de lactation, aux conditions hygiéniques lors de la traite, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique (TAYBI, 2014 ; BACHTARZI *et al.*, 2015), Il est important de préciser que le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (KAMOUN et RAMET, 1989 ; ABUTARBOUSCH, 1996), elle est inversement proportionnelle à son pH (BENGUETTAIA et LEMLEM, 2013 ; BADIDJA et DJELLABI, 2014). Elles pourraient également être expliquées par une grande richesse en vitamine C du lait camelin. Ainsi, cette acidité titrable permet de mesurer indirectement la richesse du lait en caséines, phosphates, citrates et hydrogénocarbonates (MAÂMRI et MEKHLOUFI, 2013).

1.3. Densité

La densité est 1,0261 dans le cas de lait provenant des chamelles élevées en extensif et égal à 1,0255 pour le lait issu des chamelles élevées en élevées en semi-intensif. Néanmoins la différence enregistrée n'est pas significative ($P>0,05$).

Pour le lait issu des chamelles en élevage extensif, le résultat que nous avons enregistré est généralement supérieur de celui rapporté par certains auteurs dans d'autres régions pour le même système d'élevage tels que SIBOUKEUR, 2007 (1,0230) ; CHETHOUNA, 2011 (1,022) ; SIBOUKEUR et SIBOUKEUR, 2012 (1,023) à Ouargla. D'autre part, il est comparable à ceux retrouvé par BENGUETTAIA et LEMLEM, 2013 (1,025) ; MAÂMRI et MEKHLOUFI, 2013 (1,025) ; BADIDJA et DJELLABI, 2014 (1,025).

Par contre pour le lait issu des chamelles en élevage semi-intensif, le résultat est supérieur à celui cité par BOUZID et LABIDI, 2016 à EL-Oued (1,024). Toutefois, il est

inférieur à celui cité par DIAB *et al* en 2020 (1,030).

La densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche dégraissée) (MEDJOUR, 2014). Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de laits analysés et entre celles citées dans la littérature. Elle dépend aussi, de la température et du régime alimentaire de l'animal (LABIOUI et 2009 ; DEBOUZ *et al.*, 2014), WANGOH (1997) a rapporté que la densité et l'acidité semblent dépendre de la race et du type d'élevage (HAMIDI, 2015).

2. Paramètres biochimiques étudiés

2.1. Taux des différentes fractions protéiques

Tableau 08 : Taux des différentes fractions protéiques pour les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevages : extensif et semi-intensif) en utilisant la BSA comme étalon (standard).

Paramètres	Extensif		Semi-intensif		P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Protéines totales (g/l)	23,837	0,632	29,368	2,635	0,0241*
Caséines (g/l)	17,848	0,443	23,330	1,770	0,0065**
Protéines lactosériques (g/l)	5,989	0,466	6,038	1,015	0,9438 ^{ns}

*= différence significative ($P \leq 0,05$). **= différence hautement significative ($P \leq 0,01$). ^{ns}= différence non significative ($P > 0,05$).

2.1.1. Teneur en protéines totales

Le dosage de protéines du lait camelin collecté a été réalisé par la méthode de LOWRY *et al.* (1951), en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine étalon.

La teneur en protéines totales du lait camelin égal à 23,837 g/l pour lait des chamelles conduites en système d'élevage extensif, cette valeur est nettement plus faible que celle du lait camelin en élevage semi-intensif (29,368 g/l). La différence enregistrée entre les deux valeurs est significative ($P \leq 0,05$).

Le résultat obtenu pour le lait issu des chamelles conduites en extensif sont inférieurs à ceux obtenus par SBOUI *et al.* (2009), 34,15 g/l ; 30,8 et 33,1 g/l (WANGOH, 1997) ; 34,6 g/l (SHAMSIA, 2009) et 35,6 g/l (SIBOUKEUR, 2005) ; 28,11 g/l signalé par DIAB *et al* en 2020 sur de lait des chamelles élevées en extensif. Par ailleurs, le résultat obtenu pour les

chamelles élevées en semi-intensif est inférieur à ceux retrouvés DIAB et BOUDOUDA en 2020 (49,15 g/l) et (41 g/l - 49 g/l) qui ont été rapportés par MEHAIA (1995) sur la race Majaheim en Arabie saoudite conduite en élevage intensif. Sur ce contexte, et d'après ces résultats, on constate que nos résultats sont conformes avec la littérature.

Ces variations sont sous l'influence tant des facteurs extrinsèques liés à l'animal (alimentation, climat, saison, conduite du troupeau...) que des facteurs intrinsèques (race, âge, stade de lactation, nombre de mise bas ...) (MAHBOUB, 2009). Le régime alimentaire basé sur l'herbe entraîne la baisse des taux de protéines et de matière grasse du lait. DELABY et PEYRAUD (1994), montrent qu'un régime à base de blé a induit un accroissement modéré du taux protéique du lait de vache par rapport à un régime à base d'herbe conservée ou pâturée. Ils précisent que le taux butyreux est amélioré lors d'apport de concentrés en quantités plus importantes (MEDJOUR, 2014). WOLTER (1997), montre que l'élevage par ensilage de maïs, betteraves et concentrés entraîne une augmentation de taux de protéines, alors que l'élevage par l'herbe ou un ensilage médiocre, entraîne un abaissement de taux de protéines (MEDJOUR, 2014).

2.1.2. Teneur en caséines

La teneur en caséines du lait camelin est égal à 17,848 g/l pour le lait camelin en élevage extensif, cette valeur est plus faible que celle enregistrée pour le lait camelin en élevage semi-intensif (23,330 g/l). La différence enregistrée est hautement significative ($P \leq 0,01$).

Des teneurs comparables à celle enregistrée pour le lait camelin provenant des chamelles en élevage extensif, ont été évoquées par KAMOUN (1995) 19,7 g/l, 19,8 g/l (HADDADIN *et al.*, 2007), mais elle est nettement inférieure à celle rapportée par MEDJOUR (2014) à El-Oued avec 25,45 g/l.

Pour le lait camelin issu des chamelles en élevage semi-intensif, la valeur enregistrée est nettement inférieure à celle rapportée par MEDJOUR (2014) à El-Oued avec 37,47 et 32,12 g/l et la valeur enregistrée par DIAB et BOUDOUDA (2020) avec 29,11 g/l.

La différence entre les teneurs en caséines rapportées par ces auteurs revient probablement à la saison de la récolte de lait où les teneurs les plus faibles sont enregistrées en période estivale (KAMOUN, 1998).

2.1.3. Teneur en protéines lactosériques

La teneur en protéines sériques du lait camelin est égal à 5,989 g/l pour lait issu des chamelles conduites selon le système d'élevage extensif, cette même valeur semble bien inférieure à celle obtenue pour lait camelin provenant de l'élevage en semi-intensif (6,038

g/l), néanmoins la différence enregistrée entre ces deux valeurs n'est pas significative (tableau 08).

Ces taux paraissent inférieurs à ceux rapportés par FARAH (1993) (7 g/l) ; SIBOUKEUR (2005) (7,5 g/l) et DIAB et BOUDOUDA (2020) avec 13,66 g/l et MEDJOUR (2014) à Biskra avec 11,26 g/l pour un système d'élevage extensif et à El-Oued avec 11,64 et 10,98 g/l pour un système d'élevage semi intensif.

Ce taux en protéines sériques du lait camelin est d'un grand intérêt du fait que c'est dans cette fraction qu'on retrouve des facteurs antibactériens particulièrement puissants (lysozyme, lactoferrine et immunoglobulines...) (ELAGAMY, 2000).

3. Rendement des extractions

Tableau 09 : Rendement des extractions enzymatique à partir des différents types de caillettes (prélevées)

Type de caillette	Ovine	Bovine	Cameline
Poids de caillette (g)	50,82	55,36	51,27
Poids de précipité humide (g)	0,31	0,556	0,406
Rendement (%)	0,60	1,004	0,791

L'extraction a été menée en utilisant le protocole proposé par VALLES et FURET (1977). Trois extraits (ECO ECB et ECC) issus respectivement des : ovine, bovine et cameline.

Les rendements d'extractions des enzymes coagulants ont été évalués respectivement à 0,60 % ; 1,004 % et 0,791 %. D'autres auteurs avancent des rendements plus élevés, tels que BOUDJENAH, (2012) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 22 % en travaillant sur la caillette de dromadaire, SLAMANI et BELLAL (2015) qui ont obtenu un rendement d'extraction de 0,73 % sur la caillette ovine ; KHADHOUR et SAYEH (2016) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 2,7 % pour la caillette de dromadaire et 2,9 % pour la caillette de bovine ; HAMIDI (2015) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 16,21% pour une caillette d'origine ovine.

Cette différence est due à la nature des tissus animaux utilisés, l'âge des animaux, l'influence de la quantité de caillette mise en œuvre, conditions d'extraction lors de la macération et due aux conditions expérimentales et nutrition.

4. Mesure de l'activité protéolytique

Tableau 10 : Activité protéolytique pour les deux types d'échantillons du lait camelin collecté (provenant d'élevage : extensif et semi-intensif) en utilisant un extrait enzymatique à partir des caillottes bovines.

Paramètres	Extensif		Semi-intensif		P
	Do moyenne	Ecart-type	Do moyenne	Ecart-type	
Activité protéolytique	0,8447	0,0372	0,9607	0,0299	0,0136*

*= différence significative. ns= différence non significative. Do= densité optique mesurée à 280 nm.

La mesure de l'activité protéolytique des extraits nous permet de caractériser le pouvoir protéolytique de chacun, par la mesure du taux de peptides issus de l'hydrolyse enzymatique des caséines camelines de lait issu des chamelles appartenant aux deux types d'élevage (extensif et semi-intensif) uniquement par préparation coagulante bovine (ECB) (défaut d'épuisement des quantités préparées pour les deux extraits enzymatiques : camelin et ovine).

L'activité protéolytique de ECB sur les deux substrats (les deux types du lait issus : des chamelles en élevage extensif et semi-intensif) est illustrée dans le tableaux 13. Elle peut renseigner également sur l'impact de système d'élevage camelin sur la qualité de fromage obtenu.

En effet, dans l'industrie fromagère, on cherche encore à ce que les enzymes coagulantes utilisées aient une activité coagulante élevée et une activité protéolytique faible (RAMET, 1997 ; SIBOUKEUR *et al.*, 2005 ; FGUIRI *et al.*, 2021) parce que une forte activité protéolytique est généralement indésirable car, si la quantité de peptides libérés de cette hydrolyse enzymatique est élevée elle serait à l'origine du développement d'amertume dans les fromages. Dans le même contexte, dans notre étude, le type de système d'élevage a une influence sur qualité fromagère obtenu de par la quantité des peptides libérés par chacun d'échantillons de lait camelin en utilisant le même type d'extrait enzymatique. L'importance dans l'absorbance de la lumière UV, indique l'importance de la quantité de peptides libérés.

D'après cette expérience on constate, donc, que la qualité de fromage qui peut être obtenu par le système d'élevage extensif est meilleur, car c'est dans ce dernier qu'on obtient moins d'absorbance, donc moins de peptides générés. La différence d'absorbance entre les deux est significative $P \leq 0,05$ (tableau 10). Les caséines du lait issu des chamelles en élevage

semi-intensif sont plus fragiles et dégradables contre l'attaque des protéases que celles qui sont issus du lait des chamelles en élevage extensif.

Nos résultats se concordent avec ceux de KHADHOUR et SAYAH (2016) qui ont obtenu 0,1470 pour d'élevage extensif et 0,2110 pour élevage semi-intensif.

5. Rendement fromager

Le rendement fromager de chaque extrait enzymatique (Tableau 11).

Dans le cas du lait provenant des chamelles élevées en extensif, le meilleur rendement fromager est donné par l'extrait enzymatique camelin suivi par celui de bovin puis par celui d'ovin. Dans le cas du lait provenant des chamelles élevées en semi intensif, le meilleur rendement fromager est donné par l'extrait enzymatique ovin, suivi par celui issu de camelin puis celui de bovin. Malgré cela, les différences enregistrées avec les deux types du lait et entre les trois extraits enzymatiques sont sans signification, P toujours supérieur à 0,05 (Tableau 11). Ce qui indique que d'après cette étude que l'origine enzymatique semble sans impact sur le rendement fromager.

Tableau 11 : Rendement fromager (analyse de différences entre les extraits enzymatiques utilisés) pour les échantillons du lait camelin provenant de deux types d'élevage (extensif et semi-intensif), en utilisant trois types d'extrait enzymatique (à partir des caillettes : ovine, bovine et cameline). Les données ont été analysées par le test ANOVA.

Echantillon	Caillette ovine		Caillette bovine		Caillette cameline		P
	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	Moyenne	Ecart-type	
Lait camelin (extensif) %	14,440	2,470	14,970	0,416	15,190	1,164	0,7868 ^{ns}
Lait camelin (semi-intensif) %	16,297	0,474	15,450	2,606	15,867	0,868	0,8181 ^{ns}

ns= différence non significative ($P > 0,05$).

D'autre part, à travers le tableau 12 on peut se renseigner sur le rendement obtenu avec chacun des types du lait (provenant des systèmes d'élevage : extensif et semi-intensif) en fonction des caillettes utilisées.

Il semble que le lait provenant des chamelles conduites en système d'élevage semi-intensif est celui qui a donné le meilleur rendement fromager et avec tous les extraits enzymatiques employés. Malgré cet avantage observé pour le lait provenant des chamelles conduites en système d'élevage semi-intensif, mais il semble que ce système d'élevage est

sans impact sur le rendement fromager, de fit que les différences enregistrées ne sont pas significatives (Tableau 12).

Tableau 12 : Rendement fromager (analyse de différence entre les deux systèmes d'élevage) pour les échantillons du lait camelin provenant de deux types d'élevage (extensif et semi-intensif), en utilisant trois types d'extrait enzymatique (à partir des caillottes : ovine, bovine et cameline). Les données ont été analysées par le test T de student.

Paramètres	Extensif		Semi-intensif		P
	Moyenne (%)	Ecart-type (%)	Moyenne (%)	Ecart-type (%)	
Extrait enzymatique de caillotte ovine	14,44	2,47	16,30	0,47	0,2703 ^{ns}
Extrait enzymatique de caillotte bovine	15,28	0,42	15,45	2,61	0,9194 ^{ns}
Extrait enzymatique de caillotte cameline	15,19	1,16	15,87	0,87	0,4647 ^{ns}

ns= différence non significative ($P > 0,05$).

Conclusion

CONCLUSION

Le lait de chamelle, comme celui des autres mammifères, est un milieu de composition chimique et physique complexe qui permet au jeune chamelon, ainsi qu'à l'homme de couvrir ses besoins énergétiques et nutritionnels pendant.

Le passage du système d'élevage camelin traditionnel au système semi-intensif par certains éleveurs de la région avait pour objectif d'intensifier la production laitière, avait un impact sur certaines caractéristiques de ce lait ainsi des changements ont été observés et qui ont touché :

- Le pH qui a diminué d'une manière significative ;
- La teneur en protéines totales du lait a augmenté d'une manière significative ;
- La teneur en caséines a augmenté d'une manière significative ;
- Concernant le rendement fromager de ce lait a été observé d'avoir une augmentation légère (dans le lait provenant des chèvres en élevage semi-intensif), ce qui peut être considéré comme un avantage résultant de transition de système d'élevage camelin de l'extensif au semi-intensif, cette observation était de même avec tous les extraits enzymatiques qui ont été utilisés (camelin, bovin et ovine). Malgré cela on constate d'après l'analyse de probabilité que ce changement qui a touché le rendement n'était pas significatif ;
- Par ailleurs et pour l'activité protéolytique (un inconvénient pour l'industrie fromagère, rendant amère et désagréable le goût du fromage) qui correspond à la libération des peptides suite à la digestion par les différentes protéases, ainsi on a observé une augmentation de cette activité et de manière hautement significative dans le cas du lait issu des chèvres en élevage semi-intensif, ce qui est en effet un inconvénient si on veut utiliser ce lait pour en faire du fromage.

D'autre part, concernant la caractérisation des extraits enzymatiques qu'on a obtenus des différentes caillottes utilisées dans cette étude on a observé que :

- Le rendement d'extraction le plus élevé a été observé dans le cas de la caillotte bovine, suivie de la caillotte cameline et finalement la caillotte ovine, ce qui rend la caillotte cameline quantitativement le support le plus important pour extraire des protéases coagulantes ;
- Le rendement fromager moyen la plus important (pour les deux types de lait camelin provenant de système d'élevage : extensif et semi-intensif) a été

obtenu par les protéases camelines (probablement l'effet de l'espèce), suivies des protéases ovines puis bovine.

Cette étude a permis de comprendre et de mettre en évidence certains détails de l'effet de système d'élevage sur coagulation fromagère du lait camelin qui n'étaient guère étudiés auparavant, le plus important et que le l'augmentation de taux des caséines du lait camelin suite à la transition de système d'élevage (de l'extensif au semi-intensif) est sans doute un facteur, jouant, un grand rôle dans l'augmentation de rendement fromager.

Egalement, il faut noter qu'on augmentant le rendement fromager suite à la transition dans le système d'élevage en rendant le goût de fromage plus amère et désagréable.

Cependant, pour obtenir des résultat plus clair et expliquer d'avantage les mécanismes jouant un rôle clé dans l'impact de système d'élevage camelin sur la transformation fromagère, il faut déployer plus d'efforts et les études expérimentales et sur le terrain doivent être intensifiées dans ce contexte ainsi :

Des analyses physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle doivent être réalisées sur un échantillon plus large comportant des laits individuels, et des laits de mélange collectés dans des régions différentes où les deux types d'élevage coexistent. D'autre part, le recours à des techniques de séparation et d'analyses plus sophistiquées tels que l'utilisation des membranes de dialyses des différentes Cut-off, l'HPLC, la FPLC, le PAGE-SDS, le séquençage des caséines et l'utilisation d'une large gamme des protéases) permettra de faire une caractérisation d'une manière plus complète et fiable.

Références bibliographiques

~A~

- ABU-TARBOUSH H, M. (1996). Comparison of associative growth and proteolytic activity of yoghurt starters in whole milk from camels and cows. *Journal of Dairy Science*, 79(3), 366-371.
- ABBAS,S.,HIFSA,A.,AALIA,N., &LUBNA, S. (2013). Physico-chemical analysis and composition of camel milk. *International Research*, 2(2), 85-98.
- Adlerova, L., Bartoskova1, A. and Faldyna, M. Lactoferrin: a review. *Veterinari Medicina*, 53, (9): 457–468, 2008.
- ABDULLAHI A. (2019). Camel Milk-A Review. *J Anim Sci Livest Prod* Vol.3 No.1:3.
- ALAIS, C. (1974). *Science du lait ; principes des techniques laitières*, 3ème ed., Publicité Sep, 807p.
- ANDREN A.,ROGINSKI H., FUQUAY J. FOX P. ELSEVIER. (2002).
- Rennets and coagulants in *Encyclopedia of Dairy Science*. p281-286.
- ANIFANTAKIS E. (1976). Influence d'une présure d'agneau sur la qualité du fromage Kefalotyri, *Le lait* Jan-Fév 1976 N° 551-552 p76-83.
- ANTONINI, J., et RIBADEAU DUMAS, B. (1971). Isolement, purification et propriétés de deux zymogènes gastriques bovins, propriétés des protéases correspondants. *Biochimie*, 53:321-329.
- AGRAWAL, R.P. AGRAWAL, S.C. SWAMI, R. BENIWAL, D.K. KOCHAR, M.S. SAHANI, F.C. TUTEJA, S.K. (2003). Ghouri Effect of camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study *Journal of Camel Practice and Research*, 10, pp. 45–50.
- AGRAWAL, R. P., et al. (2013). "Camel milk: a possible boon for type 1 diabetic patients." *Cellular and molecular biology* 59.1: 99-107.
- AGRAWAL,R.,JAIN,S.,SHAH,S.,CHOPRA, A.AND AGRAWAL, V. (2011). Effect of camel milk on glycemic control and insulin requirement in patients with type 1diabetes: 2- years randomized controlled trial. *European Journal of Clinical Nutrition* 65, 1048–1052, September,.
- AL KANHALL, HAMAD A. (2010). "Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk." *International Dairy Journal* 20.12: 811-821.

- ALMEIDA, ROBERTO R. (2011). Camel milk : Characteristics and perspectives for use in clinical practice. Rev Chil Nutr Vol. 38, N°2, June 2011, pp. 211–218, 2011.
- AL-WABEL, NASER A., et al. (2012). "Antiulcerogenic effect of camel milk against ethanol induced gastric ulcers in rats."
- AMANY, S., MAHMOUD, A. et AHMED, M. (2005). Anti-schistosomal activity of colostral and mature camel milk on Schistosomamansonii infected mice. Asia Pac J ClinNutr. 14 (4):432–438.
- AMJAD, A. AND MOHAMMAD, A. (2011). Hepatoprotective Effects of Camel Milk against CCl4-induced Hepatotoxicity in Rats. Asian Journal of Biochemistry. Vol. 6, Issue: 2, page: 171–180.
- ASRESIE, ALEME, et MOHAMMED YUSUF. (2014). "Traditional Consumption, Therapeutic Value and Its Derived Dairy Products of Dromedary Camel (Camelus Dromedaries) Milk in Somali Regional State, Eastern Ethiopia: A Review." Global Journal of Animal Scientific Research 3.1 (2014): 240-246.

~B~

- BARBANO, D. M., and RASMUSSEN, R. R. (1992). Cheese yield performance of fermentation-produced chymosin and other milk coagulants J.dairy Sci. 75:1-12.
- BOHAK, Z. (1969). Purification and characterisation of chicken pepsinogen and chicken pepsin J. biological chemistry.Vol. 244, N°.17: p.4638-4648.
- BOUBEZARI, M.T. (2010). Contribution a l'étude des caractéristiques physicochimiques et mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. Mémoire de magistère en médecine vétérinaire, Université Mentouri de Constantine, Algérie.
- BADIDJA, S., & DJELLABI, F.Z. (2014). Etude comparative de la composition physicochimique de lait camelin et humain. Mémoire de master en sciences biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- BOUDJENAH, H.S. (2012). Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : Effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaires. Thèse de doctorat en sciences biologiques, Université Mouloud

Mammeri de Tizi Ouzou (Algérie).

- BADAOU D., SIBOUKEUR O. K. et MATI A. (2001). Contribution à la connaissance du lait de chamelle : essai de caractérisation des protéines par électrophorèse sur gel de polyacrylamide (PAGE). Actes du Séminaire International sur « l'éco-développement en zones arides », 6-8 février, Ghardaïa.
- BENNEDJMA, I., & ROUIDJAA, S. (2015). Evaluation de la qualité physico-chimique et biochimique et suivie de l'activité protéolytique du lait camelin (collecté localement) durant sa transformation en fromage. Mémoire de master en sciences biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- BOUUZID, A., & LABIDI, H. (2015). Caractérisation physico-chimique et organoleptique du lait des espèces laitières dans la région du souf (wilaya d'El oued). Mémoire de master en sciences biologiques, Université Echaid Hamma Lakhdar - El oued, Algérie.
- BACHTARZI, N., AMOURCHE, L., & DEHKAL, G. (2015). Qualité du lait cru destiné à la fabrication d'un fromage à pâte molle type Camembert dans une laiterie de Constantine (Est algérien). International Journal of Innovation and Scientific Research, vol.17 no. 1, 34-42.
- BENGUETTAIA, H., & LEMLEM, Y. (2013). Caractérisation physicochimique et biochimique du lait camelin collecté localement en mi de lactation. Mémoire de master en sciences biologiques, Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.
- BEN AISSA R. (1989). Le dromadaire en Algérie. CIHEAM-IAMZ, Options Méditerranéennes : Série A. Séminaires Méditerranéens n° 2. p. 19-28.
- BRULE G. ET LENOIR J. (1987) La coagulation du lait in Le Fromage A. Eck 2ème édition Tech. et Doc.

~C~

- CECCHINATO A, PENASA M, CIPOLAT GOTET C, DE MARCHI M, BITTANTE G.(2012). Short communication: Factors affecting coagulation properties of Mediterranean buffalo milk. J. Dairy Sci.; 95:1709-1713.
- CAREMES, C.(1990). Les adventices des cultures méditerranéennes en Tunisie, leurs plantules, leurs semences. Publication agricole n° 27.p 102-103

- CHETHOUNA, F. (2011). Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologiques du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Mémoire de magister en biologie, Université kasdi merbah Ouargla, Algérie.
- CHOW, R.B., and KASSELL, B. (1968). Bovine pepsinogen and pepsin. I- Isolation, purification and some properties of the pepsinoge The Journal of Biological Chemistry Vol. 243, N° 8:1718-1724.
- CORRERA A. (2006). Thèse de doctorat en écologie et gestion de la biodiversité. Muséum national d'histoire naturelle Paris.
- CUVELLIER G.F. (1993). Production des enzymes in Biotechnologie. Coord Scriban R. 4ème édition Tec. et Doc. Lavoisier .P948.

~D~

- DEBOUZ, A., GUERGUER, L., HAMID OUDJANA, A., & HADJ SEYD, AEK. (2014). Etude comparative de la qualité physico-chimique et microbiologique du lait de vache et du lait camelin dans la wilaya de Ghardaïa. Département de Biologie Revue El Wahat pour les Recherches et les Etudes. Vol.7n°2 : 10 – 17.
- DESMAZEAUD M., LUQUET F.M. (1997). Les enzymes utilisées en industrie laitières in Laits et produits laitiers coord. Tech et Doc Lavoisier. P582-602.
- DIAB, A., & BOUDOUDA, W .(2020). Etudes comparative de l'effet des certains extraits enzymatiques sur l'aptitude à la coagulation du lait camelin entre deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif) dans des conditions In Vitro et In Silico. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.
- D'URSO, S., CUTRIGNELLI, M., CALABR,` S., BOVERA, F., TUDISCO, R., PICCOLO, V. et OINFASCELLI, F. (2008).Influence of pasture on fatty acid profile of goat milk. J Anim Physiol Anim Nutr, 92:405–10.

~E~

- ELAGAMY E. I. (2000). Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo milk proteins. Food Chemistry, 68, p. 227-232.

- EPSTEIN (H.), (1971). The origin of the domestic animals of Africa. New York African Publishing Corporation. Vol. 2 . 719 p.
- ERNSTROM, C.A., and WONGT, N.P. (1983). Milk clotting enzymes and cheese chemistry. In: Fundamentals on dairy chemistry. Ed., B.H. Webb, A.H. Johnson and J.A. Alford .2 ème ed., the Avi publishing Company Inc, p. 662-771, 929p.
- EL-HATMI, H., JRAD, Z., SALHI, I., & KHORCHANI, T. (2015). Comparison of composition and whey protein fractions of human, camel, donkey, goat and cow milk. *Mljekarstvo Dairy* 65(3), 159-167.
- EHLAYEL, M., HAZEIMA, K., AL-MESAIFRI, F. et BENER, A. (2011). Camel milk: an alternative for cow's milk allergy in children. *Allergy Asthma Proc.* May-Jun; 32(3):255–8, 2011.
- EL SAYED, I., et al. (1992). "Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins." *Journal of Dairy Research* 59.02 (1992): 169-175.
- EL-AGAMY, E. I., M. NAWAR, S. M. SHAMSIA, S. AWAD et G. F. W. HAENLEIN. (2009). Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children. *Small Rum. Re82*: 1-6
- EL-HATMI, H., GIRARDET, J. et ATTIA, H. (2007): Characterization of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrum. *Small Rumin Res*, 70:267–71.

~F~

- FARAH, Z. (1993). Composition and characteristics of camel milk. *Journal of Dairy Research* 60, 603-626.
- FAYE, B. (1997). Guide de l'élevage du dromadaire ; 126 pages.
- FAYE B., KONUSPAYEVA G., MESSAD S. ET LOISEAU G. (2008). Discriminant milk components of Bactrian camel (*Camelus bactrianus*), dromedary (*Camelus dromedarius*) and hybrids. *Dairy Science and Technology*, 88. P. 607-617.
- FAYE B., ABDELHADI O.M.A, AHMED A.I. et BAKHEIT S.A. (2011). Camel in Sudan: future prospects. *Livestock Research for Rural Development*. Volume 23, Article 219.

- **FGUIRI I., ATIGUI M., SBOUI A., SAMIRA A., MARZOUGUI C., DBARA M., HAMMADI M et KHORCHANI T. (2021).** Camel Milk-Clotting Using Plant Extracts as a Substitute to Commercial Rennet. Hindawi Journal of Chemistry. P : 1-8.
- FOLTMANN, B. (1971). The biochemistry of prorennin and rennin (chymosin) In: Milk proteins, chemistry and molecular biology. Ed., H.A. McKenzie V. II, Academic press, p. 217-252.

~G~

- GADER, ABDEL GALIL M. ABDEL, et ABDULQADER A. ALHAIDER. (2016). "The unique medicinal properties of camel products: A review of the scientific evidence." Journal of Taibah University Medical Sciences.
- Ghalem R.(2016). Etude des caractéristiques physico-chimiques, Biochimiques du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru.
- GIZACHEW, AYELE, JABIR TEHA, TADESSEBIRHANU,(2015). Ethiopia Nekemte. "Review on Medicinal and Nutritional Values of Camel Milk."
- GREENBERG HB, ESTES MK. (2009). Rotaviruses from pathogenesis to vaccination. Gastroenterology 2009; 136: 1939-51.
- GUL, W., FAROOQ N., ANEES D., KHAN U., REHAN F. (2015). "Camel Milk: A Boon to Mankind." International Journal of Research Studies in Biosciences (IJRSB) 3.11(2015): 23-29.
- GUO, H., PANG, K., ZHANG, X., ZHAO, L., DONG M. et REN, F.(2007). Composition, physicochemical properties, nitrogen fraction distribution, and amino acid profile of camel milk. J Dairy Sci, 90:1635–1643. Jrad, Z., et al. "Antimicrobial activity of camel milk casein and its hydrolysates. "Acta Alimentaria 44.4 (2015): 609-616.

~H~

- HADDADIN M.S.Y., GAMMOH S.I. et ROBINSON R.K. (2008). Seasonal variations in the chemical composition of camel milk in Jordan. Journal of Dairy Research 75 (1), p. 8-12.

- HAMIDI, M. (2015). Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire par la couche de kaolin du gésier des poules. Thèse de Doctorat en sciences agronomiques, Université Mohamed Khider - Biskra, , Algérie.

~I~

~J~

- JILO K. et DECHASA T.(2016). Jimma university school of veterinary medicine, chemical composition and medicinal values of camel milk: Review. Volume 4, Issue 4, April 2016, PP 13-25 ISSN 2349-0357 (Print) & ISSN 2349-0365 (Online).

~K~

- KARRAY N., LOPEZ C., OLLIVON M. et ATTIA H. (2005). La matière grasse du lait de dromadaire : Composition, microstructure et polymorphisme. 12 N°5-6, p. 439 – 446.
- KHASKHELI M., ARAIN M. A., CHAUDHRY S., SOOMRO A. H. et QURESHI T. A.(2005).Physico-chemical quality of camel milk.Journal of Agriculture and Social Sciences,(2). P. 164-166.
- KAMOUN M, et BERGAOUI R. (1989) Un essai de production et de transformation de lait de dromadaire en Tunisie: Revue d'Elevage et Médecine Vétérinaire des Pays Tropicaux, 42, 13-115.
- KAMOUN M. (1995). Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. CIHEAM-IAMM. Options méditerranéennes, Séries séminaires. n°13. P. 81- 103.
- KAMAL, M.M. (2016). Contribution à l'étude de la structure-texture du lait de chamelle lors de la coagulation et du traitement thermique : comparaison avec le lait de vache
- KAPPELER, S., Z. FARAH et Z. PUHAN. (2005). 50-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. J. Dairy Sci. 86: 498-508

- KONUSPAYEVA , KONUSPAYEVA, E. LEMARIE, B. FAYE, G. LOISEAU, D. (2008). Mont et Fatty acid and cholesterol composition of camel's (Camelus bactrianus, Camelus dromedarius and hybrids) milk in Kazakhstan Dairy Science and Technology, 88 (2008), pp. 327–340
- KONUSPAYEVA, G., B. FAYE, et G. LOISEAU. (2009). "The composition of camel milk: a meta- analysis of the literature data." Journal of Food Composition and Analysis 22.2: 95-101.
- KONUSPAYEVA, G., SERIKBAYEVA, A., LOISEAU, G., NARMURATOVA, M. et FAYE, B. (2005). Lactoferrin of Camel Milk of Kazakhstan. NATO Series, I: Life and behavioural Science. Vol. 362, 158-167,.
- KORASHY, H., EL GENDY, M., ALHAIDER A., et EL-KADI, A. (2012). Camel milk modulates the expression of aryl hydrocarbon receptor-regulated genes, Cyp1a1, Nqo1, and Gsta1, in murine hepatoma Hepa 1c1c7 cells. J Biomed Biotechnol. 782 642, 2012.

~L~

- LABIOUI, H., EL-MOUALDI, L., BENZAKOUR, A., EL-YACHIOUI, M., BERNY, E., & OUHSSINE, M. (2009). Etude physico-chimique et microbiologique de lait crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 7-16.
- LEVY, AVI, LILLIAN STEINER, et REUVENYAGIL. (2013). "Camel milk: disease control and dietary laws." Journal of Health Science 1.1 (2013): 48-53.
- LEFEBVRE-CASES E., GASTALDI E., VIDAL V., MARCHESSEAU S., LAGAUDE A., CUQ J.L., TARODO DE LA FUENTE B. (1998). Identification of interactions among casein gels using dissociating chemical agents. J. Dairy Sci., 81, 932-938.
- LO PIERO A.R., PUGLISI I. ET PETRONE G. (2002). Characterization of lettuce, a serine like protease from Lactuca sativa leaves, as a novel enzyme for milk clotting. J. Agric. Food Chem. 50: 2439- 2443.

~M~

- MANSARD V. (1993). Note sur les animaux utilisés à la chasse sous les Tang. Anthropozoologica, n° 18, 91- 98.

- MAGHRABY, AMANY S., MAHMOUD A. MOHAMED, et AHMED M. ABDEL-SALAM. (2005). "Anti-schistosomal activity of colostral and mature camel milk on *Schistosoma mansoni* infected mice." *Asia Pacific journal of clinical nutrition* 14.4 (2005): 432.
- MAÂMRI, H., & MEKHLLOUFI, S. (2013). Caractérisation des extraits gastriques coagulants issus de dromadaire non sevré. Mémoire de master en sciences biologie, Université Kasdi Merbah Ouargla, Algérie.
- MAHBOUB, N. (2009). Contribution à l'amélioration de la fromageabilité du lait camelin : Etude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines (type présure). UNIVERSITE KASDI MERBAH-OUARGLA.
- MAGJEED, N.A. (2005). Magjeed Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1 *Journal of the Saudi Chemical society*, 9 (2) (2005), pp. 253–263
- MAL ET AL., 2006G. MAL, D.S. SENA, V.K. JAIN, M.S. (2006). Sahani Therapeutic value of camel milk as a nutritional supplement for multiple drug resistant (MDR) tuberculosis patients *Israel Journal of Veterinary Medicine*, 61 (2006), pp. 88–91
- MAL, G., ET AL. (2006). "Therapeutic value of camel milk as a nutritional supplement for multiple drug resistant (MDR) tuberculosis patients." *Israel Journal of Veterinary Medicine* 61.3/4: 88.
- MAL, G., SUCHITRA, D., JAIN, V. AND SAHANI, M. (2006). Therapeutic value of camel milk as nutritional supplement for multiple drug resistant (MDR) tuberculosis patients. Vol. 61 – No. 3–4.
- MAL, G., SUCHITRA, S. D. AND SAHANI, M. S. (2007). Changes in chemical and macro-minerals content of dromedary milk during lactation. *Journal of Camel Practice and Research*, 14(2): 195-197. Malik, Ajamaluddin, et al. "A study of the anti-diabetic agents of camel milk." *International journal of molecular medicine* 30.3 (2012): 585-592.
- MANSSON, H. (2008): Fatty acids in bovine milk fat. *Food Nutr Res*, 52. DOI: 10.3402/fnr.v52i0.1821.
- MARKIEWICZ-GÓRKA, IWONA, ET al. (2011). "Influence of selenium and/or magnesium on alleviation alcohol induced oxidative stress in rats,

normalization function of liver and changes in serum lipid parameters."

Human & experimental toxicology (2011): 0960327111401049.

- MEDJOUR, A.(2014). Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques du lait collecté à partir de chameilles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes d'élevage (extensif et semi-intensif. UNIVERSITE MOHAMED KHIDER DE BISKRA.
- MEHAIA M.A. (1995). The fat globule size distribution in camel, goat, ewe and cow milk. *Milchwissenschaft*, 50, p. 260-263.
- MOHAMAD, R., ZEKRY, Z. AL-MEHDAR, H., SALAMA, O., EL-SHAIEB, S., EL-BASMY, A., AL- SAID,M. et SHARAWY, S. (2010). Camel milk as an adjuvant therapyfor the treatment of type 1 diabetes: verification of a traditional ethnomedical practice. *J Med Food*. Apr;12(2):461–5, 2009. Mona, E., Ragia, O., Abeer, A. and Mosa, T. Biochemical Effects of Fermented Camel Milk on Diarrhea in Rats. *New York Science Journal*; 3(5), 2010.
- MIETTON B.(1995). La typologie des fromages, Symposium organisé par la fondation des Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agricultures et Agroalimentaire Canada. Octobre. 245p.
- MULLAICHARAM, WORLD J PHARM SCI et CLAPPERTON, J.L. (2014). Structures of the triglycerides of cow,,s milk, fortified milk (including infant formula) and human milk. *J. Soc. Dairy*.

~N~

~O~

- OUAHIOUNE D. et LOULI F. (2016). Standardisation du lait de vache : impact de l'enrichissement sur le rendement fromager et les pertes en matières dans le lactosérum d'un fromage à pâte molle type camembert fabriqué à la laiterie STLD de Tizi-Ouzou. Mémoire de master en Biologie (Option Alimentation Humaine et Qualité des Produits). Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou (Algérie).
- OULD AHMED M. (2009). Caractérisation de la population des dromadaires (*Camelusdromedarius*) en Tunisie. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. Institut national agronomique de tunisie.

- OULAD BELKHIR Amar. (2018). Caractérisation des populations camelines du Sahara septentrional Algérien. Evaluation de la productivité et valorisation des produits. UNIVERSITE KASDI MERBAH – OUARGLA.
- OMAR, R.H., ELTINAY, A.H. (2008). " Microbial quality of camel's raw milk in central southern region of united Arab Emirates," Emir J Food Agric., 20 (1): 76-83.

~P~

- PANWAR, ROHIT, et al. (2015). "Camel milk: Natural medicine-Boon to dairy industry."

~Q~

~R~

- RAO, M. B., TANKSALE, A. M., GHATGE, M. S, AND. DESHPANDE, V. V. (1998). Molecular and Biotechnological Aspects of Microbial Proteases Microbiology and Molecular Biology Reviews Vol. 62, N°. 3: 597-635.
- REDWAN, EL- RASHDY M., et ASHRAF TABLL. (2007). "Camel lactoferrin markedly inhibits hepatitis C virus genotype 4 infection of human peripheral blood leukocytes." Journal of immunoassay & immunochemistry 28.3 (2007): 267-277.
- RICHARDSON, G.H. (1975). Rennin and the formation of milk curd In: Enzymes in food processing. Ed., G.Reed. Academic press, p. 362-391, 573p.
- RICHARD D. et GERARD D. (1985). La production laitière des dromadaires Dankali (Ethiopie). In Conférence internationale sur les productions animales en zones arides. 7-12 septembre 1985, Damas, Syrie. Maisons-Alfort, CIRAD-EMVT, France 16 p.

~S~

- SAYAH, K., & KHADHOUR,N. (2017). Etude comparative de l'aptitude à la coagulation du lait camelin entre deux mode d'élevage (extensive et semi intensive). Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.

- SALAMI, MARYAM, et al. (2011). "Biological activity of camel milk casein following enzymatic digestion." *Journal of dairy research* 78.04 (2011): 471-478.
- Saltanat H (2009). The influences of camel milk on the immune response of chronic hepatitis B patients, *Chinese J. Cellular Mol. Immunol*; 25: 431-433. Grant, David, et al. "SoyBase, the USDA-ARS soybean genetics and genomics database." *Nucleic acids research* (2009): p798.
- SBOUI A., KHORCHANI T., DJEGHAM M. et BELHADJ O.(2009). Comparaison de la composition physicochimique du lait camelin et bovin du Sud tunisien; variation du pH et de l'acidité à différentes températures, 293 – 304.
- SEHER ABBAS, HIFSA ASHRAF ,DR. AALIA NAZIR, DR. LUBNA SARFRAZ . (2013). PHYSICO-CHEMICAL ANALYSIS AND COMPOSITION OF CAMEL MILK Volume No.2 Issue No.2 June 2013
- SHAMSIA, S. M. (2009). "Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks." *International Journal of Genetics and Molecular Biology* 1.2 (2009): 052-058.
- SHARMA, CHAKRAPANY, et CHANDAN SINGH. (2014). "Therapeutic Value of Camel Milk–A Review." *Advanced Journal of Pharmacie and Life science Research* 2.3 (2014): 7-13.
- SIBOUKEUR O. (2007). Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctoraten Sciences Agronomiques. Institut national agronomique ELHarrach-Alger (Algérie).
- SIBOUKEUR, A., & SIBOUKEUR, O. (2012). Caractéristiques physico-chimiques et biochimiques du lait de chamelle collecté localement en comparaison avec le lait bovin. *AST Annales des Sciences et Technologie*, vol.4. n°2.
- SIBOUKEUR O., MATI A. ET HESSAS B. (2005). Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelusdromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers Agricultures* (14), n° 5, p. 473-478.

- SILVA, S.V., and MALCATA, F.X. (2005). Studies pertaining to coagulant and proteolytic activities of plant proteases from cynaracardunculus. Food Chemistry 89. p19-26.
- SMAIL R., RACHEK S., SIBOUKEUR O.K. et MATI A. (2002). Comportement électrophorétique des protéines du lait camelin collecté dans deux régions du sud algérien : Ouargla et Tamanrasset. Actes du 26ème Congrès Mondial de Laiterie, 24-27 septembre, Paris.
- SKIDMORE J.A. (2005). Reproduction in dromedary camels: an update. Anim. Reprod.,2, N°3, p.161-171.

~T~

- TRABER, MARET G., et JAN F. STEVENS. (2011). "Vitamins C and E: beneficial effects from a mechanistic perspective." Free Radical Biology and Medicine 51.5: 1000-1013.

~U~

~V~

- VEISSEYRE R., (1979). Technologie du fromage : 3ème édition. Maison Rustique, 714 p.
- VISESSANGUAN W., BENJAKUL S., SMITINONT T., KITTIKUN C., THEPKASIKUL P., PANYA A. (2006). Changes in microbiological, biochemical and physico-chemical properties of Nham inoculated with different inoculum levels of Lactobacillus curvatus. LWT - Food Science and Technology. vol. 39, 814-826.

~W~

- WANGO, J., FARAH, Z., and PUHAN, Z. (1993). Extraction of rennet and its comparison with calf rennet extract. Milchwissenschaft, 48, 322-325.
- WANGO J. (1997). Chemical and Technological Properties of Camel (Camelusdromedarius) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- WANGO J., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998). Composition of Milk from 3 Camels (Camelus dromedarius) Breeds in Kenya during Lactation. Milchwissenschaft, 53, 136-139.

- WANGO J., FARAH Z. et PUHAN Z. (1998). Iso-electric focusing of camel milk proteins. Int. Dairy J.,8, p. 617-621.

~X~

~Y~

- Yamamoto A. (1975). Proteolytic enzymes in Enzymes in food processing 2nd Edition, Reed G. Academic press.
- YAGIL R. et ETZION Z. (1980). Effect of drought conditions on the quality of camel milk. J. Dairy. Res., 47, 159-166.
- YAGIL, REUVEN. (2004). "Camel milk and autoimmune diseases: historical medicine."
- YAGIL, REUVEN. (2013). "Camel milk and its unique anti-diarrheal properties."The Israel Medical Association Journal 15: 35-36.
- YASSIN, MAGDY HASSAN, et al. (2015)."Antimicrobial Effects of Camel Milk against Some Bacterial Pathogens." Journal of Food and Nutrition Research 3.3: 162-168.
- YOSEF, S., REUBEN, B., MARK, M. et REUVEN, Y. (2005). Camel Milk for Food Allergies in Children. IMAJ Vol 7 December.

~Z~

- ZICARELLI, L. (2004). Buffalo milk: its properties, dairy yield and mozzarella production. Vet Res Commun,28:127–35.

Annexes

Annexe 1 : Mesure de pH par pH mètre (Marque Consort, modèle C3010) .



Annexe 2 : Mesure de la densité par thermo-lactodensimétrie (thermo-lactodensimètre marque Nathia).



Annexe 3 : Détermination de l'acidité Dornic (acidité titrable)

Protocole Norme Française 04-206 (Janvier 1969).

Elle n'est pas applicable au lait additionné d'un conservateur, ce dernier pouvant fausser les résultats.

Matériels et produits :

- 10 ml du lait entier.
- Un bécher de 100 ml.
- phénolphthaléine à 1% dans l'alcool à 95%
- La soude Dornic (N/9) (0.11 N)
- Burette de 50 ml (graduée en 0,05 ml)
- Pipette jaugée à 10 ml

Mode opératoire :

Un échantillon précis de 10 ml de lait est placé dans un bécher de 100 ml en présence de 0,1 ml de phénolphthaléine à 1% dans l'alcool à 95%. La soude Dornic (N/9) est ajoutée à la burette jusqu'au virage au rose. La coloration rose doit persister au moins 10 secondes. Dans ces conditions, l'acidité exprimée en degrés Dornic est équivalente au nombre de dixièmes de ml de soude Dornic versée pour avoir le virage de l'indicateur. C'est-à-dire par exemple 1,8 ml $\times 10 = 18^{\circ}\text{D}$.

Annexe 4 : Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY et al. (1951)

1. Solutions :

Solution A :

-Soude 2N.....50 ml

Solution B :

- Carbonate de sodium anhydre (Na_2CO_3) (2%).....4 g/200ml eaudistillée

Solution C :

- $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (1 g / 100ml).....2 ml

- Tartrate double de Na et de K (1 g /100ml).....2 ml

Solution D :

- Solution B50 ml

- Solution C.....1 ml

Solution mère de BSA

- BSA.....50 mg - Eau
distillée (qsp).....50 ml

Gamme étalon :

A partir de la solution de BSA, des dilutions sont préparées suivant le tableau ci-dessous

Numéro dedilution	1	2	3	4	5	6
ConcentrationenBSA μ g/ ml						
Solution mèrede BSA μ l	0	50	100	200	400	500
Eaudistillée μ l	1000	950	900	800	600	500

Annexe 5 : Différents étapes pour l'extraction des enzymes utilisée dans cette étude.

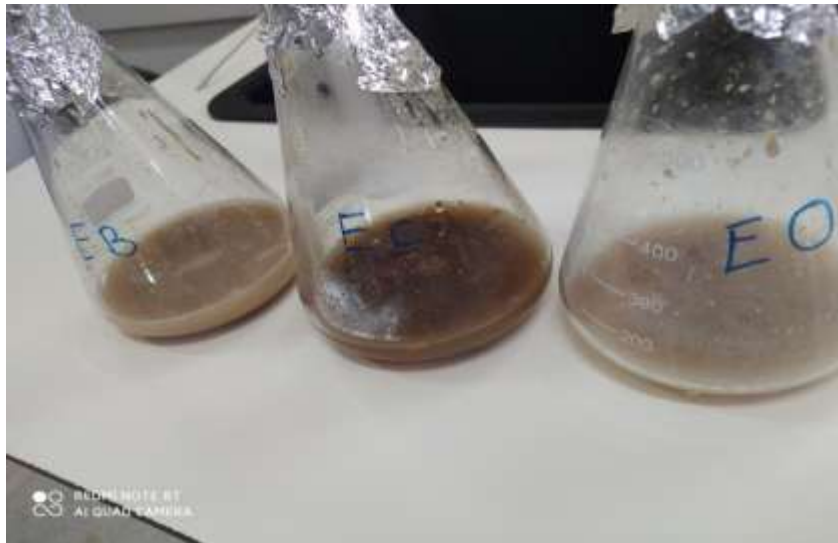
Dégraisses



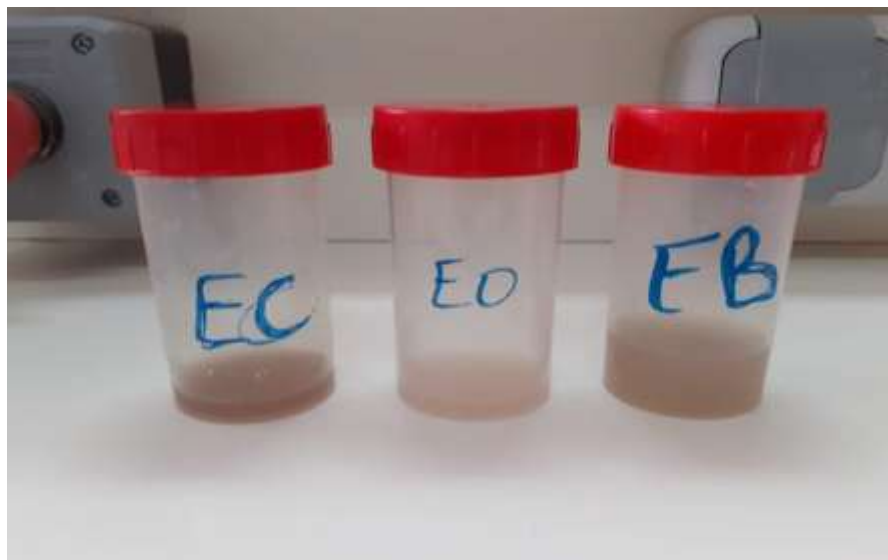
Filtration



Annexe 6 : solution macérée non filtrée de caillettes de dromadaire , bovin et ovin.



Annexe 7 : Extrait enzymatique.



EC: Extrait enzymatique dromadaire .

EO: Extrait enzymatique ovin.

EB : Extrait enzymatique bovin.