



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة الشهيد حمه لخضر الوادي
Université Echahid Hamma Lakhdar El-OUED
كلية علوم الطبيعة والحياة
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
قسم البيولوجيا الخلوية والجزيئية
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

**Etude de l'impact des certaines enzymes
protéolytiques sur quelques effets biologiques des
peptides issus de la digestion des caséines
camelines**

Présenté Par : Asma LAHREM

Hayet ABIKECHI

Devant le jury composé de

Présidente : Melle. Farah REMDAN	MCB	Université d'El Oued
Examineur : Melle. Janette ALLOUCHE	MAA	Université d'El Oued
Promoteur: Mr. Abdelhak MEDJOUR	MAA	Université d'El Oued

Année académique : 2019/2020

Remerciements

Nos remerciements vont tout d'abord à ALLAH le tout puissant pour nous avoir donné la volonté, la patience et le courage de réaliser ce modeste travail

Nous tenons à remercier en premier lieu notre encadreur Mr. MEDJOUR. A pour son aide précieux et ces conseils judicieux.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Melle . REMDAN. F et Melle. ALLOUCHE. J pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions

Nous remercions également le personnel du laboratoire, dirigé par l'ingénieur GOUBI. S, pour les efforts qu'ils ont déployés pour nous aider à accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à tous les professeurs qui nous ont enseigné et qui par leurs compétences nous ont soutenu dans la poursuite de nos études.

Enfin, nous tenons également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Dédicaces

Je Dédie ce modeste travail

*A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie
ma mère qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude,
pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et
sécurité.*

*A l'âme de mon cher père, qui Dieu ait pitié de lui et demeure dans
son espace.*

*A mes frères : KOUIDER, FARES Et mes sœurs : HOUDA, ZAHIRA,
OUAHIDA, RACHIDA en reconnaissance de leur affection toujours
constante*

A tous les membres de ma famille.

*À mon fiancé ABDERREZZAK qui m'a supporté et d'avoir
été très compréhensible .*

A mon collègue au travail: HAYAT

*À tous mes amis : MALIKA, WARDA, NOUR, RANDA,
YAMINA, KHAWLA, IBTISSAM, ABLA*

A tous les maîtres et les professeurs durant tout mon cursus

A tous qui m'aide de près ou de loin.

ASMA

Dédicaces

A l'homme de ma vie, mon exemple éternel, source de joie et de bonheur, celui qui s'est toujours sacrifié pour me voir réussir, à toi mon père.

A la lumière de mes jours, la source de mes efforts, la flamme de mon cœur, mon soutien moral, ma vie et mon bonheur ; maman que j'adore.

A mes frères HICHAM, MEHAMMED et ZIYAD

A ma soeur .SALSABIL

A tout ma famille ABIKCHI

A mon amie intime et binôme : ASMA

A mon collègue: ABID AHMED pour ses efforts et soutien

A mes amis: MANAL, NASEHA et WISSAM

A tous les maîtres et les professeurs durant tout mon cursus

A tous qui m'aide de près ou de loin

HAYAT

Résumé:

Le lait de chamelle contient en son sein des substances antioxydantes naturelles (les vitamines et les enzymes), riche en molécules antibactériennes (lysozymes, lactoferrine et etc.). Des études ont ainsi rapporté que même les protéines camelines et/ou leurs hydrolysats peuvent présenter une activité antioxydante et antibactérienne. Dans le cadre de ce travail nous nous sommes intéressées à évaluer *in vitro* l'activité antioxydante et antibactérienne des caséines camelines avant et après hydrolyses enzymatiques tout en imitant les conditions *in vivo*. Dans le même contexte, on cherche à connaître la capacité de chaque enzyme digestive utilisée de produire un effet antioxydant et antibactérien qui lui est propre, c'est la spécificité de chacune qui lui permet de déchiffrer l'encodage contenu dans la séquence protéique afin de libérer des peptides bioactifs. Dans cette étude 11 échantillons du lait camelin ont été collectés. Les analyses physicochimiques ont montré que la valeur de pH est de $6,42 \pm 0,13$, l'acidité Dornic est de $17,72^{\circ}\text{D} \pm 2,10$ et la densité est de $1,0252 \pm 0,0026$, d'autre part le dosage protéines réalisé sur les différentes fractions protéiques (protéines totales, protéines lactosériques et caséines) a montré que ce lait est riche en caséines avec un taux de $24,03\text{g/l} \pm 1,27$. Par la suite les caséines ont été séparées du reste de lait, lavées puis lyophilisées. Une portion de ces dernières, a été hydrolysées par des enzymes digestives (pepsine et pancréatine) et l'autre a été laissées intacte. Ainsi, quatre fractions ont été préparées : caséines natives totales (CNT), hydrolysats pepsiques de caséines (H-PEP), hydrolysats pancréatiques de caséines (HE PEN) et hydrolysats pepsiques/pancréatiques (H-PEP/HE PEN). Ces fractions ont été utilisées pour évaluer leurs activités antioxydante et antimicrobienne. Le test de FRAP a montré que comparativement aux caséines natives, les hydrolysats exercent un pouvoir réducteur plus important avec des concentrations de 20mg/ml, DO : 700 nm, les absorbances enregistrées : 0,104 pour CNT, 0,134 pour H-PEP, 0,231 pour HE PEN et 0,280 pour H-PEP/HE PEN. L'enquête menée sur les résultats retrouvés par plusieurs auteurs concernant l'activité antimicrobienne, avant et après hydrolyse par des enzymes digestives contre des souches bactériennes (Gram+ et -) a montré que l'effet antibactérien est quasi-absent chez les caséines intactes mais il paraît, une fois ces protéines sont hydrolysées et avec de nuances différentes entre chaque enzymes et l'autre. Cela suggère que des fragments peptidiques antibactériens dérivés des caséines camelines ont été libérés. Les enzymes digestives possèdent un rôle clé dans la production de l'effet biologique et chacune d'elles a sa propre capacité de produire cet effet.

Mots clés: caséines camelines, hydrolyse enzymatique, activité antioxydante, activité antibactérienne, FRAP.

Abstract

Camel milk contains natural antioxidant substances (vitamins and enzymes) within it, rich in antibacterial molecules (lysozymes, lactoferrin and etc.). Studies have thus reported that even camel proteins and / or their hydrolysates can exhibit antioxidant and antibacterial activity. As part of this work we were interested in evaluating in vitro the antioxidant and antibacterial activity of camel caseins before and after enzymatic hydrolyses while mimicking in vivo conditions. In the same context, we seek to know the capacity of each digestive enzyme used to produce an antioxidant and antibacterial effect of its own, it is the specificity of each that allows it to decipher the encoding contained in the protein sequence in order to release bioactive peptides. In this study 11 samples of camel milk were collected. Physicochemical analyzes have shown that the pH value is 6.42 ± 0.13 , the Dornic acidity is $17.72 \text{ }^\circ \text{D} \pm 2.10$ and the specific gravity is 1.0252 ± 0.0026 , of on the other hand, the protein assay carried out on the different protein fractions (total proteins, whey proteins and caseins) showed that this milk is rich in caseins with a rate of $24.03 \text{ g / l} \pm 1.27$). Subsequently, the caseins were separated from the rest of the milk, washed and then lyophilized. A portion of these was hydrolyzed by digestive enzymes (pepsin and pancreatin) and the other was left intact. Thus, four fractions were prepared: total native caseins (CNT), pepsin hydrolyzate of caseins (H-PEP), pancreatic hydrolyzate of caseins (HE PEN) and pepsin / pancreatic hydrolyzate (H-PEP / HE PEN). These factions have been used to assess their antioxidant and antimicrobial activities. The FRAP test showed that compared to native caseins, the hydrolysates exert a greater reducing power with 20 mg / ml concentration, OD: 700 nm, the absorbances recorded: 0.104 for CNT, 0.134 for H-PEP, 0.231 for HE PEN and 0.280 for H-PEP / HE PEN. The investigation carried out on the results found by several authors concerning antimicrobial activity, before and after hydrolysis by digestive enzymes against bacterial strains (Gram + and -) showed that the antibacterial effect is almost absent in intact caseins but it seems, once these proteins are hydrolyzed and with different nuances between each enzyme and the other. This suggests that antibacterial peptide fragments derived from camel caseins have been released. Digestive enzymes have a key role in producing the biological effect, and each has its own ability to produce this effect.

Key words: camel caseins, enzymatic hydrolysis, antioxidant activity, antibacterial activity, FRAP

ملخص

يحتوي حليب الإبل على مواد طبيعية مضادة للأكسدة (فيتامينات وأنزيمات) ، غنية بالجزيئات المضادة للبكتيريا (الليزوزيمات واللاكتوفيرين الخ ...) وقد أفادت الدراسات أنه حتى بروتينات الإبل و / أو تحللها المائي يمكن أن تظهر نشاطًا مضادًا للأكسدة و مضاد للبكتيريا . كجزء من هذا العمل، نحن مهتمون بتقييم النشاط المضاد للأكسدة والبكتيريا في المختبر لكازين الإبل قبل وبعد التحلل المائي الأنزيمي أثناء محاكاة ظروف الجسم الحي. في نفس السياق، نسعى لمعرفة قدرة كل إنزيم هضمي يستخدم لإنتاج تأثير مضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا خاص به، فإن خصوصية كل منها هي التي تسمح له بفك تشفير الترميز الموجود في تسلسل البروتين من أجل الإفراج عن الببتيدات النشطة بيولوجيا. في هذه الدراسة تم جمع 11 عينة من حليب النوق. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن قيمة الأس الهيدروجيني هي 6.42 ± 0.13 ، حموضة دورنيك 17.72 درجة د $2.10 \pm$ والكثافة 1.0252 ± 0.0026 ، من ناحية أخرى، أظهر فحص البروتين الذي تم إجراؤه على أجزاء البروتين المختلفة (إجمالي البروتينات وبروتينات مصل اللبن والكازين) أن هذا الحليب غني بالكازين بمعدل 24.03 جم / لتر $(1.27 \pm)$. تم فصله عن باقي الحليب وغسله ثم تجفيفه بالتجميد. تم تحلل جزء منها بواسطة الإنزيمات الهاضمة (الببسين والبنكرياتين) وترك الجزء الآخر دون مساس. وهكذا ، تم تحضير أربعة كسور: الكازين الأصلي الكلي (CNT) ، تحلل الببسين للكازين (H-PEP) ، تحلل البنكرياتين للكازين (HE PEN) ، تحلل الببسين و البنكرياتين للكازين (H-PEP/HE PEN)، تم استخدام هذه الفصائل لتقييم أنشطتها المضادة للأكسدة والميكروبات. أظهر اختبار FRAP أنه بالمقارنة مع الكازين الأصلي ، تمارس التحلل المائي قوة اختزال أكبر بتركيز 20 مجم / مل ، $OD: 700$ نانومتر ، الامتصاص المسجل: $0.104 \pm$ CNT ، $0.134 \pm$ H-PEP ، $0.231 \pm$ HE PEN و $0.280 \pm$ H-PEP / HE PEN. أظهر البحث الذي تم إجراؤه على النتائج التي توصل إليها العديد من المؤلفين فيما يتعلق بالنشاط المضاد للميكروبات ، قبل وبعد التحلل المائي بواسطة الإنزيمات الهاضمة ضد السلالات البكتيرية (Gram + و -) أن التأثير المضاد للبكتيريا يكاد يكون غائبًا في الكازين السليم ولكن يبدو ، بمجرد تحلل هذه البروتينات وبفروق دقيقة مختلفة بين كل إنزيم والآخر. يشير هذا إلى أنه تم إطلاق شظايا الببتيد المضاد للبكتيريا المشتقة من كازين الإبل. تلعب الإنزيمات الهاضمة دورًا رئيسيًا في إنتاج التأثير البيولوجي ، ولكل منها قدرتها الخاصة على إنتاج هذا التأثير.

الكلمات المفتاحية: كازين الإبل ، التحلل الأنزيمي ، النشاط المضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للبكتيريا ، .FRAP

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Liste d'abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des annexes

Introduction	1
Chapitre I. synthèse bibliographique	
I.1. Aperçu sur le dromadaire	3
I.1.1.Présentation du dromadaire	3
I.1.2.Origine et Historique	3
I.1.3.Classification	3
I.1.4. Distribution et effectif	4
I.1.5. Populations algériennes	7
I.1.6.Production laitière	9
I.1.7.Facteurs de variation	9
I.2. Caractéristiques du lait de chamelle	11
II.1.Caractéristiques organoleptiques	11
II.2. Caractéristiques physico-chimiques	11
II.3. Caractéristiques chimiques et biochimiques	11
I.3. Activités biologiques des caséines	21
I.3.1. Certaines protéases pouvant être utilisées pour la digestion des caséines	21
I.3.1.1. Enzymes gastriques	21
I.3.1.2.Enzyme pancréatiques	23

I.3.2.Activités biologiques	24
I.3.2.1.Activité anti-oxydante	25
I.3.2.2.Activité anti-hypertensive	25
I.3.2.3.Activité antibactérienne	26

Chapitre II: Matériel et méthodes

II.1. Matériel	27
II.1.1.Echantillons du lait	27
II.1.2. Appareillage	27
II.1.3.Petit matériel	27
II.1.4.Produits chimiques, réactifs et matériel biologique	27
II.2.Méthodes	28
II.2.1. Collecte du lait	28
II.2.2. Analyses physico-chimiques	28
II.2.3. Analyses biochimiques	28
II.2.4.Préparation de la substance de caséine	29
II.2.5. Protocole de digestion enzymatique in vitro de caséine	31
II.2.6.Activités biologiques	32
II.2.7. Analyse statistique	36

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Caractérisations physico-chimiques :	38
III.1.1. pH	38
III.1.2. Acidité Dornic	39
III.1.3.Densité	39
III.2.Analyses biochimiques	40
III.2.1.Teneur en protéines totales	40
III.2.2.Teneur en caséines	41
III.2.3.Teneur en protéines lactosériques	41

III.3. Activités biologiques	41
III.3.1. Activités antioxydantes	41
III.3.2. Activité antimicrobienne	47
Conclusion et Perspectives	50
Références bibliographiques	52
Annexe	

Liste d'abréviations

Abréviation	Désignation
α-La	α -lactalbumine
β-Lg	β -lactoglobuline
Abs	Absorbance
AFNOR	Association Française de Normalisation
ANOVA	Analyse of variance
BSA	Albumine Sérique Bovine
°C	Degree Selsius
CA	The CCP hydrolysates with Alcalase
CC	The CCP hydrolysates with α -chymotrypsine
CCP	Camel casein protein
cfu	Colony forming unit
CN	Caséine
CNH	Samples of casein hydrolysates
CNT	Caséines totals
CN-αS1	Caséine α S1
CN-αS2	Caséine α S2
CN-β	Caséine β
CN-γ	Caséine γ
CN-κ	Caséine κ
CP	The CCP hydrolysates with Papain
D.O	Densité Optique
D°	Degré DORNIC
DH	degree of hydrolysis
FAO	Food and Agriculture Organisme of the United Nation
H-CHYM	Hydrolysats chymotrypsique
Hcl	Acide Chlorhydrique.
H-E PAN	Hydrolysats extrait pancréatique
H-PEP	Hydrolysats pepsine

H-PEP avec E PAN	Hydrolysats pepsine avec extrait pancréatique
H-TRY	Hydrolysats trypsique
IC50	concentration inhibitrice à 50%
kDa	Kilo Dalton
min	Minute
MP	milk protein
MPH	milk protein hydrolysate
MTCC	the Microbial Type Culture Collection and Gene Bank
Na₂CO₃	Carbonate de Sodium
Nacl	Chlorure de Sodium.
NaOH	Hydroxyde de sodium
nm	Nanomètre
p / v	poids/volume
pH	Potentiel d'hydrogène
TCA	Acide trichloracétique
TEAC	The Trolox equivalent antioxidant capacity
Tris	Tris-hydroxy-méthyl-amino-méthane
TSA	Trypsic Soy Agar
UF	Ultrafiltration
UV	Ultraviolet
v/v	volume par volum

Liste des figures

N°	Intitulé	Page
01	Evolution des effectifs camelins en Algérie (FAO, 2018)	5
02	Aires de distribution du dromadaire en Algérie (BEN AISSA, 1989)	5
03	Comparaison des séquences primaires de la caséine-k des laits de chamelle (A) et de vache (B)	17
04	Représentation de la micelle de caséine bovine	18
05	Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate calcium	19
06	Courbe d'étalon pour le dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al. (1951) ; réalisée avec l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence	29
07	Protocole de séparation des caséines	30
08	Les caséines brutes sont séparées par précipitation dans des conditions acides formant un culot au fond (photo originelle, 2020).	31
09	Piégeage du radical libre DPPH●	33
10	Réaction de la méthode FRAP	34
11	Pouvoir réducteur de l'acide ascorbique, test FRAP	42
12	Pouvoir réducteur des caséines camelines brutes avant et après hydrolyse.	43

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
01	Classification zoologique du dromadaire (KADIM et al., 2013)	4
02	Effectifs camelins en Algérie	7
03	Concentration moyenne en sels minéraux du lait de chamelle et du lait de vache	12
04	Concentration moyenne en vitamines du lait de chamelle et du lait de vache.	13
05	Répartition des différentes formes d'azoté dans le lait de chamelle et le lait de vache.	14
06	Les valeurs des paramètres physicochimiques du lait de chamelle étudié (de 10 échantillons individuels).	38
07	Analyses biochimiques des échantillons collectés de lait camelin	40

Liste des annexes

N°	Intitulé
01	Acidité dornic (bécher A : lait témoin, bécher B : Après titrage « virage au rose »)
02	Mesure de la densité par thermo-lactodensimétrie (thermo-lactodensimètre marque Nathia) (Photo personnelle, 2020)
03	Mesure de Ph
04	Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY et al. (1951).
05	Les types des Appareils utilisés au cours de l'expérimentation.

Introduction générale

Introduction générale

Le dromadaire (*Camelus dromedarius*) est une espèce qui vit dans plusieurs régions arides et semi-arides du monde. En Algérie, son territoire est confiné notamment dans les zones steppiques et désertiques du Sahara algérien. Il est connu pour sa résistance aux conditions de sécheresse qui sévissent dans ces régions. Malgré l'aridité du milieu dans lequel il vit, sa productivité en lait est élevée (BELKACEMI et SOUAKER, 2017).

Le lait de chamelle a un rôle important dans la nutrition humaine dans les régions chaudes et arides du monde. Ce lait contient tous les nutriments essentiels que l'on trouve dans les autres types de lait. En plus, ce lait se singularise d'un pouvoir thérapeutique très répandu à travers le monde, il est utilisé pour le traitement d'une série des maladies : hydropisie, jaunisse, tuberculose, asthme et leishmaniose. (ABDELGADIR *et al.*, 1998). D'autres propriétés s'ajoutent également telles que des potentielles : anti-cancérigènes (MAGJEED, 2005; HABIB *et al.*, 2013), antidiabétique (AGRAWAL *et al.*, 2007), antihypertenseur (QUAN *et al.*, 2008) et rénoprotecteur (AFIFI, 2010).

La valeur nutritive de ce lait est très remarquable et essentiellement par sa fraction caséique (les principales protéines du lait) qui, de point de vue compositionnel, se diffère de son analogue bovin. Le lait de dromadaire contient à peu près 1,63 à 2,76 % des caséines, ce qui représente environ 52 à 87 % des protéines totales. La caséine β est la principale fraction caséinique (65%) du lait de chamelle suivie de la caséine α S1 (21%), contre 36% et 38% respectivement dans le lait de vache (MEDJOUR, 2014). Quant à la κ -CN, protéine responsable de la propriété coagulante des caséines, ne représente qu'environ 3,47% du total des caséines, contre 13% dans le lait bovin (KAPPELER *et al.* 2003). Le lait de chamelle est similaire au lait humain en ce qui concerne ce pourcentage élevé en caséine β , ce qui pourrait refléter son taux de digestibilité plus élevé et une plus faible incidence allergique dans l'intestin des nourrissons que le lait bovin ; la caséine β est plus sensible à l'hydrolyse peptidique que la caséine α S (EL-AGAMY *et al.*, 2009).

Il est désormais bien connu qu'en plus du rôle physiologique principal des caséines du lait comme source d'acides aminés nécessaires à la croissance du nouveau-né, ces protéines peuvent contenir des peptides cryptés dans leurs séquences, qui peuvent présenter diverses activités biologiques une fois libérées. Tel des peptides pouvant être libérés *in vitro* par hydrolyse enzymatique ou fermentation sous l'action des protéases produites par les bactéries lactiques. Les hydrolysats et les peptides bioactifs dérivés des caséines ont montré plusieurs activités biologiques (SILVA et MALCATA, 2005).

L'effet des certaines enzymes protéolytiques sur la bio-activité des peptides obtenus à partir de caséines du lait de chamelle n'a pas été largement étudié jusqu'à présent. SALAMI

Introduction générale

et al. (2008) ont signalé une plus grande hydrolyse des caséines de chamelle que celle des caséines bovines lors du traitement avec les enzymes pancréatiques. Les activités anti-radicalaires et de conversion de l'angiotensine du lait de chamelle ont également été étudiées par JRAD *et al.* (2014), après hydrolyse par la pepsine et la pancréatine.

Dans ce contexte, cette étude a été entreprise pour mettre en évidence certaines activités biologiques produites par des peptides caséiques camélines, résultants de traitement avec certaines protéases (à savoir : pepsine et pancréatine) et ainsi, de déterminer s'il y existe une corrélation indirecte entre ces protéases et les effets biologiques étudiés.

Chapitre I : synthèse bibliographique

I.1. Aperçu sur le dromadaire**I.1.1. Présentation du dromadaire**

Le chameau est synonyme du nomadisme en milieu désertique (BOUDJENAH, 2012). Dans le climat chaud et aride, les dromadaires (*Camelusdromedarius*) sont des animaux polyvalents; Ils sont la principale source d'alimentation humaine. Ils fournissent du lait, de la viande, des cheveux et des peaux, ainsi que pour d'autres usages tels que le transport sur de courtes distances pour les sociétés rurales et urbaines qui habitent dans les zones arides et semi-arides et utilisés pour le trait dans l'agriculture et pour les usages domestiques comme le transport de l'eau, des céréales, du bois, du sel... (HUSSEIN, 1989; RICHARD, 1989; KHAN *et al.*, 2003; EL-WAZIRY *et al.*, 2012; AL-JUBOORI *et al.*, 2013; JRAD *et al.*, 2013; SIDDIG *et al.*, 2016)

I.1.2. Origine et Historique

Le nom « dromadaire » dérive du terme grecque « *dromados* » qui veut dire course. Il est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des *Camelidae* et dont le nom scientifique est *Camelusdromedarius* (ZEUNER, 1963). Il existe deux espèces : la première est *Camelusdromedarius*: elle est donnée à l'espèce de chameau à une seule bosse, appartenant au genre *Camelus* de la famille des *Camelidae* et dont le nom scientifique est *Camelusdromedarius*; la deuxième est *Camelusbactrianus* (deux bosses). Le dromadaire vit dans les régions chaudes, arides et semi-arides de la planète. Il serait originaire de l'Amérique du Nord où le plus ancien fossile de *Camelidae* a été trouvé et d'où il aurait rejoint l'Asie et l'Afrique, à la suite des glaciations qui sévirent dans pratiquement la quasi-totalité de l'hémisphère nord de la planète durant l'ère tertiaire (DICK *et al.*, 2011).

EPSTEIN (1971) et LHOTE (1987) rapportent que le dromadaire avait été introduit en Afrique du Nord (Egypte) à partir de l'Asie du Sud-ouest (Arabie et Perse. En effet ces ossements appartiennent aux dromadaires des races africaines dont le squelette et surtout la dentition sont très différents des races asiatiques venues probablement avec les conquêtes arabes à partir du IIe siècle (ALOU, 1985).

I.1.3. Classification

Le dromadaire ou chameau à une bosse appartient à la famille des camélidés. Ce sont des ruminants sans cornes, représentés par les genres *Camelus* et *Lama*. Le genre *Camelus* comprend, outre le dromadaire (*Camelusdromedarius*) et le chameau à deux bosses (*Camelusbactrianus*) (ASSIONGBON, 1998). Ces deux espèces sont particulièrement adaptées aux zones arides et désertiques : le chameau dans les montagnes asiatiques, le

dromadaire dans les déserts chauds d'Afrique et d'Arabie (ASSIONGBON, 1998). Le tableau 01, résume la classification de dromadaire.

Tableau 01: Classification zoologique du dromadaire (KADIM *et al.*, 2013).

Règne I	Animal
Embranchement	Vertébrés
Classe	Mammifère
Sous classe	Placentaires
Ordre	Artiodactyles
Sous ordre	Tylopodes
Famille	Camélidés
Genre	Camelus
Espèce	<i>C. dromedaries</i>

I.1.4. Distribution et effectif

Le dromadaire en Algérie n'est pas seulement un animal d'élevage destiné pour la production de viande, lait et autres produits, mais de surcroît au transport du bois de l'Erg vers les villes et son rôle culturel et sportif, ainsi que son utilisation comme animal de selle, de bât et de trait. Il représente un symbole et une clé primordiaux de la vie sociale des bédouins dans le désert (OULADBELKHIR, 2018).

Depuis 1961, les effectifs camelins en Algérie ont doublé, et durant cette période, ils ont connu des fluctuations où l'on rencontre une régression durant les années soixante-dix, due à la révolution agraire qui a provoqué chez les uns de fausses déclarations et chez les autres, une xode rural, se soldant par un délaissement de l'élevage camelin et une augmentation des effectifs durant les années deux milles, dus à la subvention de l'état. La figure 01 représente l'évolution des effectifs camelins en Algérie pendant la période 1961-2014, données tirées à partir des statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (OULADBELKHIR, 2018).

Durant ces dernières années, les effectifs camelins en Algérie ont connu une évolution très nette allant jusqu'au 379094 têtes en 2016 (FAO, 2018 cite par OULADBELKHIR, 2018). La plus grande concentration se trouve dans les wilayas frontalières du Sahara central., (tableau 02)

Au-delà des limites administratives on constate 3 grandes aires de distribution (figure 02) (BEN AISSA, 1989).

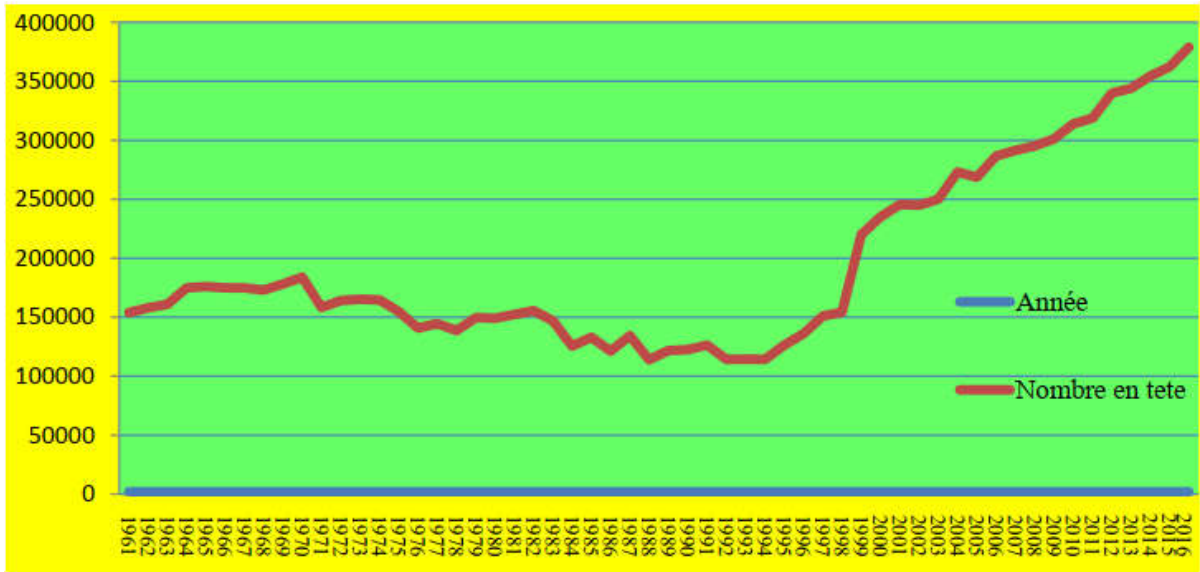


Figure 01: Evolution des effectifs camélins en Algérie (FAO, 2018)

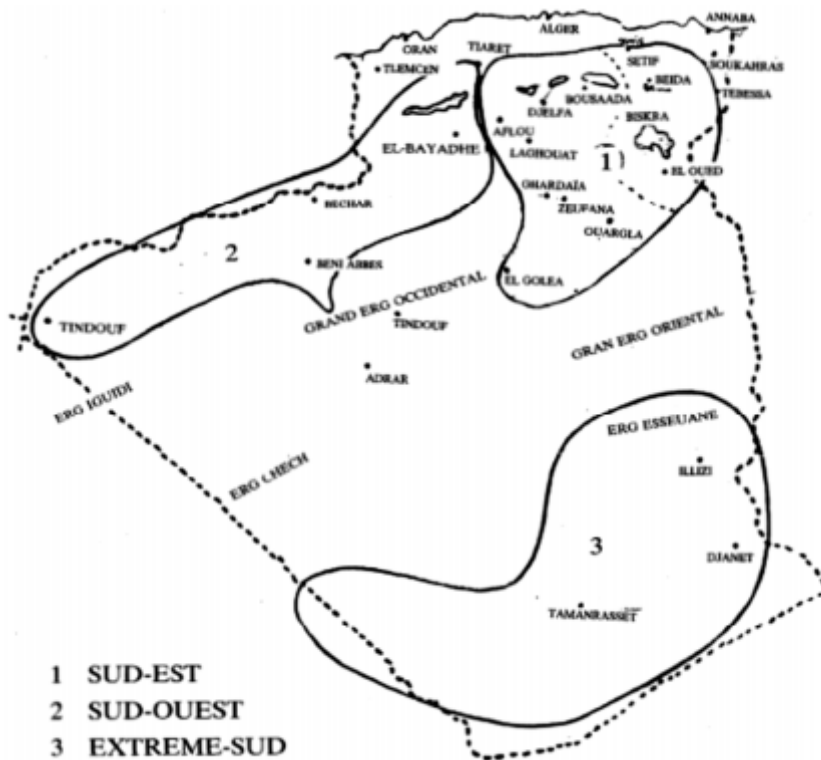


Figure 02: Aires de distribution du dromadaire en Algérie (BEN AISSA, 1989)

➤ **Aire géographique Sud-Est**

Elle comprend plus de 58% des effectifs avec deux zones :

- La zone Sud-est proprement dite comprend :

- Les Wilayate Sahariennes : El-Oued et Biskra.

- Les Wilayate Steppiques : M'sila, Tebessa, Batna et Khenchela

- La zone Centre comprend :

-Les Wilayate Sahariennes : Ouargla et Ghardaia.

- Les Wilayate Steppiques : Laghouat et Djelfa.

A travers un couloir de transhumance El-Goléa - Ghardaia - Laghouat - Djelfa ou Aflou.

➤ **Aire géographique Sud-ouest**

- Le Sud-Ouest possède 15% de l'effectif total et comprend :

-Les Wilayate Sahariennes : Bechar, Tindouf et le Nord-Adrar

-Les Wilayate Steppiques : Naama et El-Bayadh

➤ **Aire géographique l'extreme Sud**

L'extrême Sud possède 28,6% de l'effectif total et comprend :

-Les Wilayates de : Tamanrasset, Illiziet et le Sud-d'Adrar

-Les zones de pâturages sont constituées par les lits d'Oued descendant des massifs du Hoggaret du Tassili n'Ajjer (figure 02) (BEN AISSA, 1989).

Tableau 02: Effectifs camelins en Algérie (MADR 2015 cite par OULADBELKHIR, 2018).

Wilaya	Année 2011	Année 2012	Année 2013
Adrar	40 983	44 370	46 99
Laghouat	1 810	1 850	1 950
Batna	110	43	43
Biskra	2 260	3 005	3 025
Bechar	23 000	23 550	24 320
Tamanrasset	84 909	85 541	85 745
Tebessa	390	390	410
Tiaret	520	275	230
Djelfa	6 330	6 270	6 440
M'sila	1 600	1 600	1 620
Ouargla	29 833	30 858	31 787
El-Bayadh	9 610	17 853	10 060
Illizi	29 698	30 405	31 182
Tindouf	45 300	47 900	51 342
El Oued	31 342	34 125	36 700
Naama		1 005	1 013
Ghardaïa	11 060	11 100	11 150
Total de l'Algérie	318 755	340 140	344 015

I.1.5. Populations algériennes

Les noms des races sont attribués à des groupes d'animaux dans telle ou telle région susceptible de varier selon les pays et les ethnies qui se partagent la zone (FAYE, 1997). La notion de « Race » dépend des critères étroitement pilotés par l'homme en fonction des objectifs fixés à l'animal (GHALEM, 2015).

Les populations camelines appartiennent à deux grands groupes génétiques : le Chaâmbi et le Targui (Méhari) qui comptent toutefois des sous types : Reguibi, Sahraoui, Chameau de l'Aftouh, l'Ajjer, l'Ait Kebbach, Le Berberi, Ouled Sid Cheikh et Chameau de la Steppe (GHALEM, 2015).

I.1.5.1. Dromadaires des steppes

Les circonférences thoraciques et abdominales ne sont pas grandes. La taille est petite avec peu de musculatures. C'est un animal qui ne peut supporter de grandes charges. Il est utilisé dans les transhumances courtes. Cette population cameline se caractérise par la qualité et la quantité de poils produit. La production des poils de cette population est le meilleur du point de vue quantité et qualité par rapport aux autres populations algériennes. Son aire de répartition s'étend entre le Sahara septentrional et la steppe (BENHADID, 2010).

I.1.5.2. Chaambi

Les animaux de cette population sont robustes, possèdent une grande musculature et un fort squelette osseux.

Sa hauteur à l'épaule peut atteindre 1,65 mètre. Les individus de cette population sont de très bons animaux de selle et de transport. Ils sont répandus comme étant les meilleurs par rapport aux autres populations, surtout concernant la production de viande. Ces animaux présentent généralement des poils courts et de couleur foncée. Leur aire de répartition est très vaste. Il est localisé entre les deux Grands Erg (Occidental et Oriental) (BENHADID, 2010).

I.1.5.3. Sahraoui

C'est le résultat du croisement de la race Chaambi avec celle de l'Ouled Sidi Cheikh. Animal medialigne robuste, a pelage foncé, mi-long, c'est un excellent Méhari de troupe qui vit du grand erg occidental au centre du Sahara.(GHALEM, 2015)

I.1.5.4. Ouled Sid cheikh

Les individus sont de tailles moyennes variant entre 1,80 mètre et 1,83 mètre. Ces animaux sont robustes et plus adaptés aux sols caillouteux qu'aux sols sablonneux. Les poils sont de couleur foncée. Son aire de répartition se trouve au niveau de la zone des hauts plateaux dans le nord du Grand Erg Occidental (BENHADID, 2010).

I.1.5.5. Reguibi

Il est réparti dans l'ouest saharien c'est un animal d'assez grande taille, bien adapté à la course mais avec un bon potentiel laitier (entre 1200 et 1500 litres par lactation) (RAHLI, 2014)

I.1.5.6. Aït Khebbach

Animal bréviligne, de taille moyenne, robe foncée et à poil ras, c'est un puissant animal de bat, rencontré notamment au sud-ouest algérien (GHALEM, 2015).

I.1.5.7. Barbari

Se rapproche du Chaambi, mais son poids reste toujours inférieur à ce dernier. Son aire de répartition se trouve entre le Sahara Nord Occidental et la steppe. (BENHADID, 2010).

I.1.5.8. Targui

Les dromadaires Targuis sont des animaux habitués aussi bien aux aides escarpements du Tassili et du Massif central du Hoggar, qu'aux sables. C'est un animal fin avec ses membres très musclés. La bosse est petite et rejetée en arrière. La queue est également petite et les plantes des pieds sont fines. C'est un excellent méhari pour les patrouilles aux frontières. (RAHLI, 2014).

I.1.5.9. Ajjer

Animaux de petites tailles adaptés à la montée, et donc utilisés pour le transport et le tourisme du Tassili. (BENHADID, 2010).

I.1.5.10. Chameau de L'Aftouh

Dromadaire bréviligne trapu, c'est un bon porteur et rencontré chez les Reguibets (Tindouf et Bechar). (BENHADID, 2010).

I.1.6. Production laitière

Dans des conditions drastiques, la chamelle a la possibilité de produire plus de lait que toutes les autres espèces et pendant des temps plus longs. Chaque chamelle produit entre 1000 et 2000 litres de lait par période de lactation de 8 à 18 mois (BOUDJENAH, 2012). La moyenne quotidienne de production laitière se situe entre 3 et 10 kilogrammes (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. Dans des conditions intensives d'alimentation, il n'est pas rare d'obtenir des moyennes de production comprises entre 3000 et 8000 Kg de lait et des valeurs quotidiennes de l'ordre de 20 litres. (CHEHMA, 2004).

I.1.7. Facteurs de variation

Les facteurs de variation de la production sont bien sûr les mêmes que pour les autres espèces et on dispose sur ces aspects de quelques éléments d'analyse (génétique, qualité et

quantité de l'alimentation disponible, conditions climatiques, fréquence de la traite, rang de mise bas, état sanitaire). (MEDJOUR, 2014).

I.2. Caractéristiques du lait de chamelle**I.2.1. Caractéristiques organoleptiques**

Le lait de chamelle est généralement blanc opaque (YAGIL, 1982; FARAH, 2004; AL HAJ et AL KANHAL, 2010; MAL et PATHAK, 2010) en raison notamment de la structure et de la composition de sa matière grasse, relativement pauvre en β -carotène (SAWAYA *et al.*, 1984) et est d'un aspect moins visqueux que le lait de vache (KAMOUN, 1990; SBOUI *et al.*, 2009). Il a une saveur douce (FARAH, 2004), sucré (YAGIL, 1982; AL HAJ et AL KANHAL, 2010) et forte (YAGIL, 1982; FARAH, 2004), avec un goût légèrement salé (YAGIL, 1982; FARAH, 2004; AL HAJ et AL KANHAL, 2010; MAL et PATHAK, 2010).

I.2.2. Caractéristiques physico-chimiques**I.2.2.1. pH**

Son PH qui varie de 6,2 à 6,5 est plus bas que celui du lait de vache (6,8) ou du lait de femme (7,6). (SENOUSSI, 2011).

Le pH du lait camelin frais se situe entre 6,5 et 6,7, un léger abaissement du pH à 6,4 et 6,0 est aussi enregistré. Le pH du lait camelin est similaire à celui du lait de brebis, mais un peu acide par rapport à celui du lait bovin, ce dernier se situe entre 6,6 et 6,8. (SOUID, 2011).

I.2.2.2. Extrait sec total

La teneur en matière sèche totale d'échantillons de lait camelin cru analysée est égale à 130 g/l. Cette valeur est proche à celle du lait bovin (128 g/l). (KAMOUN, 1995).

I.2.2.3. Densité

Il est moins dense que le lait de vache, sa densité moyenne est 1.029 g/cm^3 . (MEDJOUR, 2014).

I.2.2.4. Acidité

L'acidité moyenne du lait camelin en degré Dornic est 14.66°D . (GHENNAM *et al.*, 2007).

I.2.3. Caractéristiques chimiques et biochimiques**I.2.3.1. Teneur en eau**

La teneur en eau varie en fonction de sa disponibilité dans l'alimentation. Pendant la période de sécheresse, elle atteint sa valeur maximale. D'une manière générale, elle est présente dans le lait en quantité suffisante pour couvrir les besoins du chamelon. En cas de restriction des chammelles en eau alimentaire, le lait se traduit par une dilution (86%), dans un régime déficient, elle s'élève à 91%. Il semble que c'est un mécanisme d'adaptation au manque d'eau permettant de protéger le chamelon de la soif. (SIBOUKEUR, 2011).

I.2.3.2. Sels minéraux

Les sels minéraux de lait de chamelle sont aussi diversifiés que ceux rencontrés dans le lait de vache (tableau 03). On y dénombre en effet des macros et des oligo-éléments qui se trouvent sous forme de sels (phosphates, chlorures et citrates) ou de métaux divers (sodium, potassium, magnésium, calcium, fer, cuivre, zinc...etc.).

Au niveau quantitatif, si la composition en macro-éléments (Na, K, Ca, Mg...) est relativement similaire à celle du lait bovin, le lait camelin se caractérise néanmoins par des taux plus élevés en oligo-éléments (YAGIL et ETZION, 1980 ; SAWAYA *et al.*, 1984 ; ELAMIN et WILCOX, 1992; GORBAN et IZZELDIN, 1997; BENGOUNI *et al.*, 1994).

Tableau 03: Concentration moyenne en sels minéraux du lait de chamelle et du lait de vache. (KAMAL, 2016).

Type de lait	Concentration (mg/L)									Référence
	Macro-éléments					Oligo-éléments				
	Na	K	Ca	Mg	P	Fe	Cu	Zn	Mn	
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	-	-	-	BENGOUNI <i>et al.</i> , 1994
	688	1464	1180	125	889	2,37	1,44	6,08	0,82	MEHAIA <i>et al.</i> , 1995
	590	1560	1140	105	-	2,90	-	5,47	0,51	AL-HAJ et ALKANHAL, 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

(-) : valeurs non déterminées.

I.2.3.3. Lactose

Le taux moyen de lactose contenu dans le lait de dromadaire est de 4,62% contre 4,80% dans le lait de vache ; la teneur, qui peut être comprise entre 2,90% et 5,80%, présente une plus grande variabilité que pour le lait de vache, dont la teneur peut se situer entre 4,40 et 5,20%. (RAMET, 1993).

I.2.3.4. Matières grasses

La matière grasse du lait de chamelle est difficile à séparer par écrémage. Ceci est dû à la faible taille des globules gras et à leur composition particulière (annexe 01). En effet, le lait de chamelle se caractérise par sa richesse en acide gras insaturés (40,1%) et plus particulièrement en acide palmitoléique. Aussi, le point de fusion de la matière grasse du lait de chamelle serait relativement bas. (BAGUI et BENABDERAHMANE, 2008).

I.2.3.5. Vitamines

La composition en vitamines du lait de dromadaire diffère de celle du lait de vache par une teneur en vitamine C un peu supérieure (tableau 04) ; le taux de vitamine A est beaucoup plus faible et de plus très variable. Il en est de même de teneur en riboflavine et en vitamine B12 ; la concentration en niacine est par contre beaucoup plus élevée, compte tenu du nombre très restreint de données disponibles sur la composition vitaminique du lait de dromadaire (RAMET, 1993).

Tableau 04 : Concentration moyenne en vitamines du lait de chamelle et du lait de vache (KAMAL, 2016).

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	MEDHAMMAR <i>et al.</i> , 2012
A(Rétinol)	0,15	0,15	0,97	0,27	0,47
B1(Thiamine)	0,32	0,58	0,13	0,57	0,51
B2(Riboflavine)	0,40	0,78	1,24	1,56	1,75
B3(Niacine)	4,47	4,46	-	0,63	0,93
B5(Acide pantothénique)	0,85	0,85	-	3,63	3,81
B6(Pyridoine)	0,51	0,50	0,54	0,50	0,41
B9(Acide Folique)	0,0040	0,004	-	0,053	-
B12(Cobalamine)	0,0015	0,002	-	0,004	0,0046
E(Tocophérol)	-	0,51	1,50	0,15	-
C(Acide ascorbique)	23,26	29,07	30,07	12,60	-

(-): Valeurs non déterminées.

I.2.3.6. Fraction azotée

La teneur moyenne en caséine et en protéines lactosériques dans le lait de chamelle varient entre 1,9 et 2,3% et entre 0,7 et 1,0% respectivement (FARAH, 1996 et 2011). Les valeurs en azote caséinique, en azote des protéines lactosériques et en azote non protéique, exprimées en pourcentage de l'azote total, sont respectivement comprises entre 71% et 76%, 17% et 23% et 4,6% et 5,8 % (FARAH, 1996).

I.2.3.6.1. Azote non protéique

Cette fraction est caractérisée par une haute valeur biologique qui est due à sa richesse en urée, acides aminés libres, créatine (SIBOUKEUR, 2007; FAYE *et al.*, 2010; BOUDJENAH, 2012), nucléotides, certains précurseurs de vitamines ainsi que des peptides,

de l'acide urique, de la taurine (SIBOUKEUR, 2007; BOUDJENAH, 2012), de la créatinine (BOUDJENAH, 2012), de l'acide hippurique et de l'ammoniac (FAYE *et al.*, 2010)...etc.

I.2.3.6.2. Azote protéique

Le lait de chamelle est une source importante de protéines et d'énergie pour les habitants du désert car il contient tous les acides aminés essentiels (AZZA *et al.*, 2007).

La teneur totale en protéines du lait de chamelle est semblable à celles du lait de vache (tableau 05). Les valeurs sont dans la gamme de 27 g/l à 40 g/l et le rapport de protéines de lactosérum à la caséine est d'environ 0,4 et donc plus élevée que dans le lait de vache qui est d'environ 0,2 (KAPPELER, 1998).

Comme le lait des autres espèces, on peut privilégier deux fractions des protéines dans le lait de chamelle et qui peuvent être distinguées selon leur solubilité en milieu acide (les caséines et les protéines du lactosérum). D'après (WANGOH *et al.*, 1998), les caséines précipitent à leur pH isoélectrique qui est d'environ 4,3 alors que les protéines du lactosérum restent solubles dans cette zone de pH.

Tableau 05: Répartition des différentes formes d'azoté dans le lait de chamelle et le lait de vache (KAMAL, 2016).

Type de lait	Composition de l'azote total (%)			Références
	Azote caséique	Azote sérique	Azote non protéique	
Lait de chamelle	76,0	17,0	7,0	FARAH et RUEGG, 1989
	72,0	22,0	6,0	ABU-LEHIA, 1987
	71,0	23,0	6,0	BAYOUMI, 1990
	65,4	24,5	10,1	MEHAIA <i>et al.</i> , 1995
	68,4	19,8	11,5	MEHAIA, 1996
Lait de vache	76,0	17,5	5,5	MIETTON <i>et al.</i> , 1994
	78,4	16,6	5,0	MEHAIA <i>et al.</i> , 1995

I.2.3.6.2.1. Caséines

Les caséines représentent entre 72 et 76% des protéines totales du lait camelin et 80% du lait bovin, ovin, caprin et seulement 40% du lait humain (FOX, 2001).

Les caséines sont constituées de 4 protéines différentes : (α_1 , α_2 , β et κ) dont les deux premières sont particulièrement sensibles au calcium (calcium sensitive caseins). Ces caséines ont tendance à s'associer en particules sous formes sphériques ou micelles, de taille variable et fortement hydratées et minéralisées. L'assemblage et la cohésion de cette structure micellaire sont assurés par des liens phosphocalciques (HAMBRAEUS, 1982).

A la différence des protéines solubles qui ont une structure globulaire compacte et résistante à l'attaque protéolytique, les caséines présentent une structure lâche et peu ordonnée qui les rend accessibles aux enzymes protéolytiques (SCHMIDT, 1982).

Plusieurs travaux ont été réalisés pour la séparation et la caractérisation des caséines camelines, notamment par chromatographie et électrophorèse (FARAH et FARAH, 1985; MOHAMED *et al.*, 1990; OCHIRKHUYAG *et al.*, 1997; KAPPELER *et al.*, 1998). Les séquences nucléotidiques des ADN complémentaires qui codent pour les quatre caséines camelines ont été déterminées par KAPPELER *et al.* (1998). En comparant les caséines bovine et camelines, KAPPELER *et al.* (1998) déduisent que les dernières sont moins phosphorylées et moins riches en phosphate de calcium micellaire (BOUDJNAH, 2012). Selon leur solubilité ou non à pH 4,6 et à 20°C, WANGOH *et al.* (1998) ont étudié la précipitation des caséines à différents pH allant de 3,55 à 5,30 à 20°C. Ces auteurs ont constaté qu'une meilleure séparation entre les deux grands groupes des protéines a lieu à pH 4,3. Ce dernier pH (4,3) semble être le plus proche du pH isoélectrique des caséines du lait camelin.

I.2.3.6.2.1.1. Différents types de caséines

A. Caséines α_1

Elle contient 215 acides aminés pour une masse moléculaire de 25,773 kDa et un point isoélectrique de 4,4 (KAPPELER *et al.*, 1998). La caséine α_1 a deux variantes A et B qui sont phosphorylés au niveau des résidus serines : 18, 68, 70, 71, 72 et 73 (MAHBOUB, 2009).

B. Caséines α_2

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 (KAPPELER *et al.*, 1998).

C. Caséines β

La β -caséine est constituée de 217 acides aminés avec un poids moléculaire de 28,6 kDa (AL HAJ et AL KANHAL, 2010), Son point isoélectrique est à pH 4,76 (KAPPELER *et al.*, 1998). Dans cette protéine, les sites de phosphorylation y sont présents en 4 positions (Ser 15, 17, 18, et 19) (HAMIDI, 2015).

D. Caséines γ

Il s'agit des fragments C-terminaux résultant de la protéolyse de la caséine β par la plasmine (protéase alcaline du lait). (SANDRA, 2001).

E. Caséines κ

Caséine- κ représente 3,5 % et 13 % des caséines totales respectivement dans le lait de chamelle et de vache (El-AGAMY, 2006). Les séquences primaires de la caséine- κ des laits de chamelle et de vache sont présentées dans la figure 03.

La caséine- κ du lait de chamelle est composée d'une séquence de 162 acides aminés avec une masse moléculaire de 22,4 kDa et un point isoélectrique de 4,10 (KAPPELER *et al.*, 1998). En revanche, la séquence de caséine- κ du lait de vache est constituée de 169 acides aminés avec une masse moléculaire de 20,5 kDa (FARRELL *et al.*, 2004 ; SALMEN *et al.*, 2012). La différence de concentrations en acides aminés de la caséine- κ du lait de chamelle et celle du lait de vache a fait l'objet de quelques travaux de recherche (tableau VII). SALMEN *et al.* (2012) ont montré que la caséine κ du lait de chamelle était plus riche en lysine, méthionine, thréonine, leucine, phénylalanine et histidine, alors que les teneurs en thréonine, valine et isoleucine étaient plus élevées dans le lait de vache. Les travaux de KAPPELER *et al.* (1998) ont montré que le site de clivage de la caséine- κ du lait de vache se situe au niveau de la liaison Phe₁₀₅ - Met₁₀₆, alors que celui du lait de chamelle se trouve au niveau de la liaison Phe₉₇ - Ile₉₈. En outre, la caséine κ du lait de chamelle contient un résidu de proline supplémentaire dans sa séquence (Pro₉₅) qui joue un rôle majeur dans la stabilité de la séquence de la caséine- κ (KAPPELER *et al.*, 1998). La séquence de la caséine κ du lait de chamelle compte cinq sites de résidus glycosylés contre six pour celle du lait de vache. Par contre, les séquences de caséine κ du lait de chamelle et du lait de vache ont le même nombre de sérine phosphorylé (1 site) (figures 03 A et B). La glycosylation se trouve au niveau des résidus de thréonine dans la partie C-terminale de la protéine. Cette partie glycosylée forme une chevelure hydrophile à la surface de la micelle contribuant à l'augmentation de la stabilité stérique des micelles grâce à leurs charges négatives (WALSTRA, 1990).

(A) Caséine-κ du lait de chamelle

EVQNQEPTC FEKVERLLNE KTVKYFPIQF VQSRYPYGI NYYQHRLAVP⁵⁰
 INNQFIPYPN YAKPVAIRLH AQIPQCQALP NIDPPTVERR PRPRPSF⁹⁷LI⁹⁸AI¹⁰⁰
 PPKKT*QDKT*V NPAINTVATV EPPVIPT*AEP AVNTVVIAEA S**SEFITTST*P¹⁵⁰
 ETT*TVQITST EI¹⁶²

(B) Caséine-κ du lait de vache

QEQNQEPIR CEKDERFFSD KIAKYIPIQY VLSRYPSYGL NYYQQKPVAL⁵⁰
 INNQFLPYPY YAKPAAVRSP AQILQWQVLS NTVPAKSCQA QPTTMARHPH¹⁰⁰
 PHLSF¹⁰⁵LM¹⁰⁶AIPP KKNQDKTEIP TINT*IASGEP T*ST*PTT*EAVE ST*VATLEDS**P¹⁵⁰
 EVIESPPEIN TVQVT*STAV¹⁶⁹

Figure 03: Comparaison des séquences primaires de la caséine-k des laits de chamelle (A) et de vache (B) selon KAPPELER *et al.* (1998).



Site de l'hydrolyse par la chymosine: *les résidus glycosylés: **la sérine phosphorylé.

I.2.3.6.2.1.2. Micelle de caséine

La micelle de caséines permet, par un regroupement adéquat, de maintenir en solution des protéines non globulaires et de fixer en son sein une quantité importante de phosphate de calcium et magnésium colloïdal (KADA NEE BENAKLI et ANANE, 2018).

Pour comprendre comment ces protéines arrivent à s'organiser dans le lait et permettre les différentes transformations connues en produits dérivés du lait, trois modèles ont été proposés jusque-là :

- à noyau enveloppé de WAUGH *et al.* (1971) ;
- à structure interne uniforme décrit par GARNIER et DUMAS (1970) ;
- En submicelles de SCHMIDT (1980), (figure 04). Ce dernier, qui repose sur

l'existence de submicelles de caséines, qui s'associent par pontage phosphocalcique (figure 05), reste l'un des plus admis, car il est conforté par les essais de comportements des protéines dans divers conditions (action enzymatique de la chymosine immobilisée, fixation de la β-lactoglobuline en surface induite par des traitements thermiques excessifs, action des détergents ...etc) (HOLT, 1992). Néanmoins, l'observation, par balayage aux rayons X, pour la première fois de la structure des micelles de caséines sur un domaine étendu d'échelles delongueurs allant de 2 nm à 1000 nm et l'analyse des courbes de diffusion qui en découlent

n'ont pas confirmé la présence de ces structures "submicellaires" (PIGNON *et al.*, 2004; MARCHIN *et al.*, 2007).

Globalement dans ces représentations, la caséine est présente de façon prononcée en surface de la micelle, notamment avec son pôle fortement hydrophile et est de ce fait accessible à l'enzyme coagulante (BOUDJNAH, 2012).

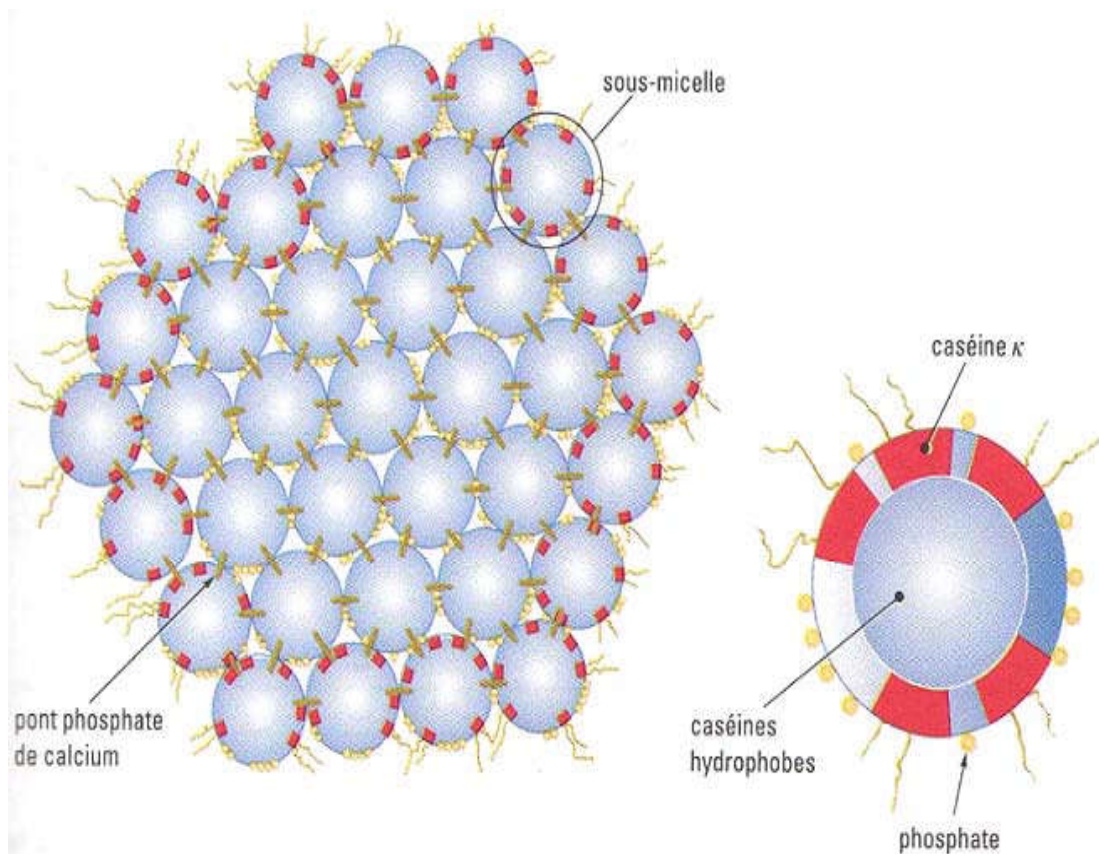


Figure 04: Représentation de la micelle de caséine bovine selon le modèle de SCHMIDT(1980).

En ce qui concerne l'organisation structurale de la micelle de caséines cameline, les rares travaux publiés sur ce sujet ont concerné exclusivement l'aspect et la taille visualisée par microscopie électronique. Elle est de forme sphérique, de taille variable (25 à 400 nm selon GOUDA *et al.* (1984) et est composée d'un certain nombre de submicelles (FARAH et BACHMANN, 1987).

KHEROUATOU (2004) a mentionné que la micelle du lait de dromadaire diffère de son homologue du lait de référence sur plusieurs aspects :

- un diamètre micellaire plus important (0,4-0,5 μm contre 0,13-0,16 μm) ;
- une distribution de taille plus large (0,6 μm contre 0,3 μm) ;
- une minéralisation plus élevée (11,4 contre 7,2 g/100g de poids sec) ;
- un taux de caséines totales plus faible (20,60 g/kg contre en moyenne 28 g/kg).

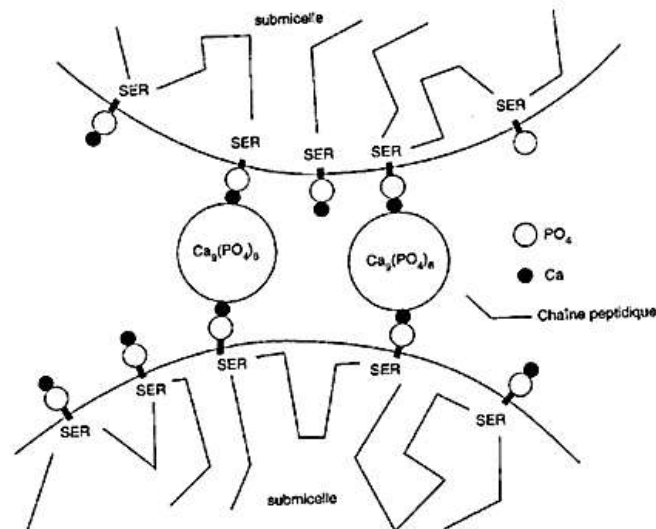


Figure 05: Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate calcium (SCHMIDI, 1982)

I.2.3.6.2.2. Protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum sont la deuxième composante principale des protéines du lait camelin, elles constituent 20 à 25% des protéines totales. La teneur en protéines lactosériques dans le lait de chamelle se fluctue entre 0,9 à 1,0 % de la composition globale du lait et elle est plus importante que celle du lait de vache avec 0,7-0,8 % (AL-ALAWI *et* LALEYE, 2011). Près de 90% des protéines de lactosérum est constitué de : l' α -lactalbumine (α -La), le sérum albumine, les immunoglobulines et la lactophorine, le reste étant des protéines mineures telles que la lactoferrine, le lysozyme, les protéose-peptones, la lactoperoxydase (EL-HATMI *et al.*, 2007; FARAH, 2011).

La composition en protéines lactosériques du lait camelin est différente de celle du lactosérum du lait bovin, où le lait de chamelle semble déficient en β -lactoglobuline (β -La) (EI-AGAMY, 2000; KAPPELER *et al.*, 2003) comme c'est le cas du lait humain (SALAMI *et al.*, 2008). Cette protéine a été signalée comme étant l'une des principales sources d'allergie du nourrisson ce qui limite l'utilisation du lait de vache pour la préparation du lait maternisé (SALAMI *et al.*, 2008). L' α -La est la principale composante de la fraction protéique du lactosérum camelin. A l'opposé, la β -La représente la composante principale (50%) des protéines lactosériques bovins suivie par l' α -La (25%) (AMIOT *et al.*, 2002).

Certaines propriétés des protéines de lactosérum de lait de chamelle ont été jugées différentes de celles des protéines du lactosérum d'autres espèces. Leur stabilité thermique est avérée être considérablement plus élevée que celle des protéines du lactosérum bovin (EL AGAMY, 2000 ; AL-ALAWI *et* LALEYE, 2008). Il a été signalé que la dénaturation des protéines lactosériques de chamelle est plus faible (32-35%) que celle observée pour les protéines du lactosérum bovin (70-75%) à 80 °C pendant 30 min (AL-SALEH, 1996; FARAH, 1986).

I.3. Activités biologiques des caséines

Il est maintenant bien connu qu'à côté du rôle physiologique principal des caséines du lait en tant que source d'acides aminés nécessaires à la croissance du nouveau-né, ces protéines peuvent contenir des peptides cryptés dans leurs séquences, qui peuvent présenter diverses activités biologiques une fois libérées (JRAD *et al.*, 2015). Par conséquent, les caséines peuvent jouer des fonctions biologiques importantes après avoir été hydrolysées avec différentes protéases (JRAD *et al.*, 2015 ; KUMAR *et al.*, 2016). Certains auteurs ont également signalé que les peptides bioactifs dérivés des caséines diminuent le risque de maladie cardiaque, de diabète et de cancer bien qu'ils possèdent des activités : antioxydantes, réduction de la pression artérielle, liaison aux minéraux, stimulation de la croissance et antimicrobiennes (KUMAR *et al.*, 2016).

I.3.1. Certaines protéases pouvant être utilisées pour la digestion des caséines

Les enzymes protéolytiques (protéases ou protéinases) font partie de la classe des hydrolases (EC 3.4.21-24.x). En effet, ce sont des enzymes qui catalysent l'hydrolyse des protéines dans des sites bien spécifiques en scindant la liaison peptidique qui lie deux acides aminés dans une chaîne peptidique et sont produites extracellulairement comme intracellulairement (KUMAR *et al.*, 2008).

Dans l'hydrolyse enzymatique, le taux de clivage des liaisons peptidiques dépend principalement de deux facteurs : la spécificité de l'enzyme et l'accessibilité aux liaisons peptidiques (ADLER-NISSEN, 1986).

I.3.1.1. Enzymes gastriques**I.3.1.1.1. Pepsine**

La pepsine, découverte par Theodor Schwann en 1825, fut la première enzyme identifiée dans la famille des protéases aspartiques. En 1836, Schwann avait dénommé pepsine la protéase qu'il avait obtenue à partir de l'estomac de porc (FOLTMANN *et al.*, 1995).

La pepsine est une endoprotéase appartenant à la famille des protéases à acide aspartique, 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 hydrolyse les liaisons peptidiques dans lesquelles un acide aminé aromatique (Tyr, Trp, Phe) engage sa fonction amine (RAISONNIER, 2004). Lors de la coupure de la liaison peptidique, les deux acides aspartiques jouent simultanément le rôle de donneur et de receveur de protons (DUNN, 2002).

I.3.1.1.2. Chymosine

Le nom chymosine, donné par le pharmacien avallonnais Jean-Baptiste Deschamps (1840), dérive du mot grec "Khymos" qui veut dire « liquide gastrique ». On l'appelle aussi rennine, mais l'Union Internationale de Biochimie et de Biologie Moléculaire (IUBMB) préfère le terme chymosine pour éviter la confusion avec la rénine, enzyme plasmatique spécifique qui hydrolyse l'angiotensinogène (ISSELNANE, 2014).

La chymosine (EC 3.4.23.4), est une enzyme néonatale possédant une forte activité coagulante. Elle clive spécifiquement la caséine dans la position (Phe105-Met106) du lait de vache et la position (Phe97-Met98) (MEDJOUR, 2014) provoquant la coagulation du lait dans l'estomac des pré-ruminants (FOLTMANN, 1970 ; 1992 ; KAGEYAMA *et al.*, 2000). Ce phénomène permet aux protéines du lait d'être suffisamment exposées aux enzymes gastriques pour une digestion plus complète (PETIT *et al.*, 1987).

Elle est une protéine globulaire constituée d'une seule chaîne polypeptidique de 323 acides aminés (35,6 kDa) (FOLTMANN, 1992). Elle est synthétisée *in vivo* sous forme de préprochymosine de 381 acides aminés (42,1 kDa) avec une séquence signalé amino-terminale de 16 acides aminés hydrophobes, clivés avant la sécrétion, produisant ainsi la prochymosine de 365 acides aminés (40,7 kDa) (FOLTMANN, 1966).

La prochymosine devient active sous l'action de l'acidité présente dans le milieu gastrique. A pH 4-5, elle est convertie en chymosine mature par coupure d'un pro-segment de 42 acides aminés N terminaux, tandis qu'à pH 2, elle subit un clivage d'un peptide de 27 acides aminés N-terminaux générant un intermédiaire actif appelé pseudo-chymosine de 338 acides aminés (37,4 kDa) (PEDERSEN *et al.*, 1979). Ce dernier est stable à un pH inférieur à 3 ou supérieur à 6 mais à pH 4,5, il se transforme en chymosine (KUMAR *et al.*, 2010).

Au moins trois variantes génétiques ont été mises en évidence pour la chymosine bovine : la chymosine A, B et C (DONNELLY *et al.*, 1984 ; DONNELLY *et al.*, 1986). La variante C a été considérée comme un produit de dégradation de la chymosine A, avec perte d'un tripeptide (Asp244-Glu245-Phe246) (DANLEY et GEOGHEGAN, 1988).

En PAGE SDS, les trois variantes ont la même mobilité électrophorétique avec un PM de 35,6 kDa mais ils peuvent être séparés l'un de l'autre par chromatographie liquide haute performance (HPLC) (RAMPILLI *et al.*, 2005).

Bien que la chymosine A possède une plus grande activité coagulante que la chymosine B, cette dernière reste la plus utilisée en fromagerie car elle a une plus grande durée de conservation (PALMER *et al.*, 2010).

I.3.1.2. Enzyme pancréatiques

Le pancréas et en particulier la cellule acineuse qui est capable d'exprimer et de sécréter des grandes quantités des molécules dont 90% sont douées d'une activité enzymatique. Le pancréas humain délivre quotidiennement de 6 à 20g d'enzymes (de proenzymes inactives ou zymogènes) (MEDART, 2005)

I.3.1.2.1. Endopeptidases

A. Trypsine

La trypsine (EC 3.4.21.4) est une des protéases à sérine, sécrétée par les cellules acineuses du pancréas sous forme d'une pro-enzyme appelée le trypsinogène (MIKES *et al.*, 1966). Ce dernier est activé au niveau du duodénum sous l'action de l'entéropeptidase, par hydrolyse spécifique de la liaison Lys15- Ile16. Dès qu'une très faible quantité de trypsine est libérée du précurseur, la réaction devient autocatalytique (ABITA *et al.*, 1969). La trypsine est formée de 201 résidus d'acides aminés en une seule chaîne polypeptidique et possède quatre ponts disulfures, son poids moléculaire est de 24KDa. (KAUFFMAN, 1965; HUBER *et al.*, 1974).

Le rôle physiologique de la trypsine est alors de participer au processus de digestion: hydrolyse des protéines alimentaires en petits peptides ou acides aminés assimilables (GHASEMI, 2007). C'est une endoprotéase qui hydrolyse les liaisons peptidiques dans lesquelles un acide aminé (Lys, Arg) engage sa fonction acide (RAISONNIER, 2004).

B. Chymotrypsine

La chymotrypsine appartenant à la famille des protéases à sérine (DUBOIS, 2006), c'est une endopeptidase synthétisée dans le pancréas sous la forme d'un précurseur inactif le chymotrypsinogène, qui sous l'action d'enzymes protéolytiques des intestins grêles est converti en chymotrypsine (DUBOIS, 2006). Elle hydrolyse les liaisons peptidiques dans lesquelles un acide aminé aromatique (Tyr, Trp, Phe ainsi que Met) engage sa fonction acide

La chymotrypsine est composée de 241 AA avec un poids moléculaire de 25,230 KDa. Elle présente une structure globulaire compacte de trois chaînes reliées par deux ponts disulfures, inter chaînes, Cys1-Cys122, Cys136-Cys201 et repliées en 2 domaines (domaine 1 et domaine 2), de 120 acides aminés, chacun étant constitué essentiellement d'un tonneau β , formé de 6 brins β anti-parallèles. Il y a une certaine similarité de séquences entre les deux domaines. Elle possède également trois ponts disulfures intra chaîne: Cys42-Cys58, Cys168-Cys182, Cys191-Cys220 (BROWN et HARTLEY, 1966).

III.1.2.2. Exopeptidases

Ces enzymes catalysent l'hydrolyse des liaisons peptidiques à l'extrémité des chaînes. (SALAH, 2008)

I.3.1.2.2.1. Carboxypeptidases

Ce sont des métallocarboxypeptidases qui possèdent un atome de zinc, fortement lié à l'enzyme et nécessaire à son activité hydrolytique, sécrétées sous la forme d'un précurseur inactif (procarboxypeptidase). (SALAH, 2008)

A. Carboxypeptidase A

Elle existe sous forme de deux variantes A1 et A2 dans le suc pancréatique humain. Ces variantes agissent tous au niveau des acides aminés aromatiques et complètent l'action de la chymotrypsine. (SALAH, 2008)

B. Carboxypeptidase B

Elle est présente sous forme de deux variantes dans le suc pancréatique humain. Ces dernières complètent l'action de la trypsine par l'hydrolyse des liaisons peptidiques C-terminale impliquant soit l'arginine soit la lysine (GIARDINA *et al.*, 1999).

I.3.2. Activités biologiques

Les caséines peuvent jouer différentes fonctions biologiques après avoir été hydrolysées avec différentes protéases. Des publications récentes montrent que les peptides bioactifs dérivés de la caséine peuvent réduire le risque des maladies cardiaques, de diabète et de cancer (MCLACHLAN, 2001; RIVAL *et al.*, 2001). Des tels rapports stimulent l'intérêt pour les aliments fonctionnels, qui ont des propriétés favorables à la santé grâce aux activités préventives et thérapeutiques des peptides de caséine. Les peptides bioactifs modérant les maladies cardiovasculaires présentent un intérêt particulier car ces maladies affectent environ un tiers de la population humaine adulte. L'enzyme de conversion de l'angiotensine (ECA, EC 3.4.15.1) est une hydrolase peptidique de dipeptide jouant un rôle important dans la régulation de la pression artérielle. Les peptides dérivés du lactosérum et de la caséine ont montré des activités inhibitrices de l'ECA (LOPEZ-FANDINO *et al.*, 2006).

I.3.2.1. Activité anti-oxydante

L'oxydation est un processus vital dans tous les organismes vivants, même si ses effets secondaires sont la production des radicaux libres (REN *et al.*, 2008). Le mécanisme d'action de l'oxydation est lié à l'inactivation des espèces réactives de l'oxygène (ROS) par piégeage des radicaux libres, chélation des métaux de transition pro-oxydatifs et réduction des hydroperoxydes (ZHOU *et al.*, 2012). Il est bien documenté que la formation des radicaux libres est un facteur majeur impliqué dans la progression des nombreuses maladies humaines,

telles que les maladies vasculaires cérébraux, l'athérosclérose et le cancer, qui ont été considérées comme les principales causes de décès chez l'homme (DAVALOS *et al.*, 2004).

Des hydrolysats de caséine ayant une activité anti-oxydante cellulaire ont été rapportés dans des nombreuses études (GARCIA-NEBOT *et al.*, 2011) ont signalé que les caséinophosphopeptides présentaient des effets cyto-protecteurs contre le stress oxydatif induit par H₂O₂ dans les cellules Caco-2 (XIE *et al.*, 2013).

L'activité anti-oxydante des caséines issues du lait de chamelle et de leurs hydrolysats a été rapportée par plusieurs auteurs, La β -CN cameline a montré une activité antioxydante élevée après hydrolyse par la chymotrypsine (SALAMI *et al.*, 2011). Comme la fraction des caséines du lait de chamelle est riche en β -CN, ce composant pourrait être la meilleure source de peptides antioxydants (JRAD *et al.*, 2014). KUMAR *et al.* (2016) ont montré que l'hydrolyse des caséines camelines par des protéases telles que l' α -chymotrypsine, papaïne et l'alcalase produit des hydrolysats avec une activité anti-oxydante beaucoup plus élevée que celle des caséines natives.

I.3.2.2. Activité anti-hypertensive

L'ECA (enzyme de conversion de l'angiotensine) est une carboxypeptidase peptidique qui catalyse la production de l'angiotensine II (peptide qui entraîne une vasoconstriction) et l'inactivation de la bradykinine (nona peptide qui est un puissant vasodilatateur endothélium-dépendant), les molécules inhibant de manière significative son activité peuvent exercer une activité anti-hypertensive *in vivo*, mais il est clair qu'une inhibition significative de l'ECA *in vitro* ne justifie pas un effet anti-hypertenseur *in vivo* (HERNANDEZ-LEDESMA *et al.*, 2011).

SALAMI *et al.* (2010) ont rapporté que les peptides inhibiteurs de l'ECA ont été libérés à la suite des actions successives de la pepsine, ou de la chymotrypsine sur les caséines camelines totales.

SALAMI *et al.* (2011) ont mesuré *in vitro* l'inhibition de l'activité de l'ECA par les caséines du lait camelin (caséine entière de dromadaire et β -CN) et qui a montré une forte activité inhibitrice de l'ECA après l'hydrolyse avec de la pepsine et avec le mélange de 3 protéases (pepsine, chymotrypsine, trypsine). Les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que le β -CN peut jouer un rôle important dans la caséine du lait de chamelle comme source naturelle d'agents antihypertenseurs.

I.3.2.3. Activité antibactérienne

Dans le lait, des systèmes inhibiteurs naturels ou non, peuvent agir sur les micro-organismes, certains sont liés à la composition physico-chimique de lait (OMANE et ZRUG,

2015), parmi ces composants figurent des protéines ou le lait de chamelle est connu pour être une source importante de peptides (HILL *et al.*, 1974)

Certaines études ont montré que la caséine a des avantages antibactériens. La caséine a été utilisée pour inhiber les bactéries qui causent les infections des gencives (Gingivitis) (HUSSIEN,2011)

Chapitre III Matériel et méthodes

II.1. Matériel**II.1.1. Echantillons du lait**

Les échantillons de lait cru utilisés proviennent des chamelles (*Camelus dromedarius*) de la population Sahraoui en élevage extensif dans des parcours naturels sahariens de Taibat commune de la wilaya de Ouargla. Les chamelles dont les échantillons ont été pris, sont estimées au 12^{ème} mois de la lactation.

II.1.2. Appareillage

- Centrifugeuse (Marque SIGMA, modèle 2-6E, Allemagne);
- Centrifugeuse (Marque FUNKE GERBER, Allemagne) ;
- Etuve (Marque MEMMERT, Allemagne) ;
- Agitateurs magnétiques de paillasse, chauffants et non chauffants (Marque LABTECH, modèle LMS-1003 ; Corée);
- pH-mètre (Marque HANNA, modèle 584, Roumanie);
- Spectrophotomètre UV-visible (Marque JENWAY ; modèle 7300) ;
- Balance analytique avec une précision de 0,1mg (Marque RADWAG, modèle AS 220. R2, Pologne) ;
- Lyophilisateur à plateau (CHRIST).
- Bain marie (Marque MEMMERT, Allemagne) ;
- Lactodensimètre (Marque Nathia) ;
- Hotte (Marque BOF ; Chine) ;
- Four à moufle (Marque NABERTHERM, L3/11 température maximale (1100 °C), Allemagne).

II.1.3. Petit matériel

Un certain nombre d'accessoires et petits matériels spécifiques est utilisé dans le cadre de cette étude : Micropipettes, pipettes graduées, pipettes jaugées, Poire d'aspiration, béchers, erlenmeyers, fioles jaugées, fiole à vide, papiers filtre, coupelle en porcelaine, tubes à hémolyse, burettes, éprouvettes, entonnoirs, entonnoir Büchner, spatules...etc.

II.1.4. Produits chimiques, réactifs et matériel biologique

- Solvants (acide chlorhydrique, acide trichloracétique, éthanol, méthanol, eau distillée, acide ascorbique...)
- Sels et tampons (hydroxyde de sodium...)
- Colorants et réactifs spécifiques (Réactif de Folin-Ciocalteu, phénolphtaléine...)

- Matériel biologique (Albumine sérique bovine, La pepsine d'origine porcine et des extrait pancréatique de porc pancréas).

II.2.Méthodes

II.2.1. Collecte du lait

Le lait est trait pendant le mois de janvier, à partir de chamelles saines. Il est recueilli proprement et dans des flacons en plastique neuves et propres (50ml chacun). Les flacons étaient placés immédiatement dans une glacière contenant des blocs de réfrigérant et transportés vers le laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie, université de Chahid Hamma Lakhdar, où ils ont subi des analyses préliminaires (pH, densité et acidité titrable). Les échantillons sont ensuite congelés à -18 °C jusqu'à leur utilisation ultérieure.

II.2.2. Analyses physico-chimiques

II.2.2.1. 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. (MEDJOUR, 2014)

La densité est déterminée à 20°C par l'utilisation d'un thermolactodensimètre (voir l'annexe 02).

II.2.2.2. Détermination de l'acidité Dornic (acidité titrable)

L'acidité titrable du lait est exprimée en gramme d'acide lactique par litre de lait (AFNOR, 1985).

Elle est basée sur le titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénolphthaléine (voir l'annexe 01)

II.2.2.3. Mesure du pH

La valeur du pH a une importance exceptionnelle par l'abondance des indications qu'elle donne sur la richesse du lait en certains de ces constituants, sur son état de fraîcheur ou sur sa stabilité (Mathieu, 1998). On détermine le pH à l'aide d'un pH-mètre. (voir l'annexe 03).

II.2.3. Analyses biochimiques

II.2.3.1. Dosage des protéines

La détermination de la teneur en protéines du lait de chamelle est effectuée par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

Le principe repose sur le développement d'une coloration bleu foncée suite à l'addition à la solution protéique d'un sel de cuivre en milieu alcalin, puis du réactif de Folin-Ciocalteu. La

coloration résulte de la réaction du cuivre avec les liaisons peptidiques et la réduction de l'acide phospho-tungstomolybdique par la tyrosine, le tryptophane et la cystéine. Les espèces réduites absorbent la lumière à 750nm. Le dosage des protéines est réalisé par l'emploi d'un spectrophotomètre visible. (voir l'annexe 04)

La concentration en protéines de l'échantillon analysé est déterminée en se référant à une courbe d'étalonnage établie en employant de l'albumine sérique bovine (BSA) (GUILLOU *et al.*, 1986)(figure 06).

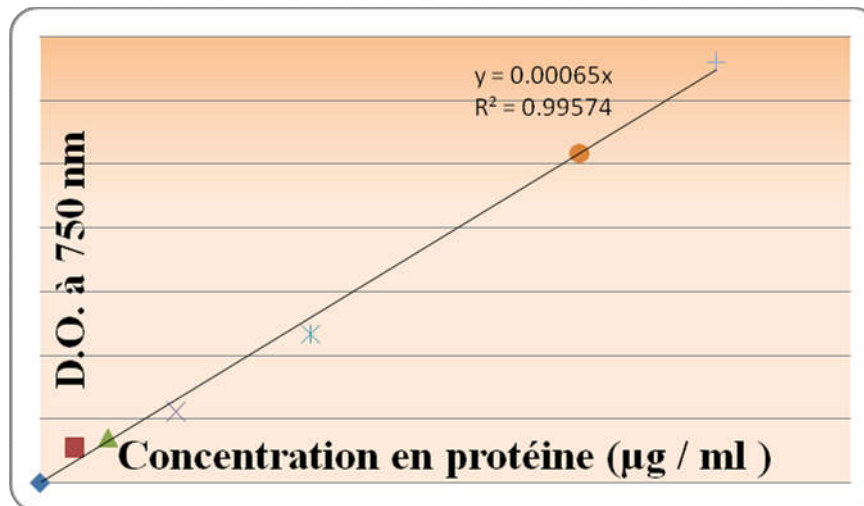


Figure 06 : Courbe d'étalon pour le dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951) ; réalisée avec l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence.

II.2.4. Préparation de la caséine

II.2.4.1. Ecrémage

Afin d'éliminer la matière grasse, le lait est d'abord écrémé par une centrifugeuse réfrigérée $3500 \times g$ pendant 20min et dans une température de $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ (figure 07).

II.2.4.2. Séparation des protéines majeures de lait

Les caséines entières sont séparées du reste de lait par précipitation à pH 4,3, via l'ajout de HCl 1N. Les caséines sont récupérées par centrifugation à $3500 \times g$ pendant 20 min à une température de $20\text{ }^{\circ}\text{C}$. Le précipité ainsi obtenu (figure 08) est lavé à l'eau distillée. Cette opération de lavage est répétée trois fois afin d'épuiser les protéines solubles du lactosérum ainsi que les constituants non protéiques tels que le lactose et les minéraux (WAKABAYASHI *et al.*, 2006). Les caséines camelines brutes sont lyophilisées (figure 08) et stockées à $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ jusqu'à utilisation.

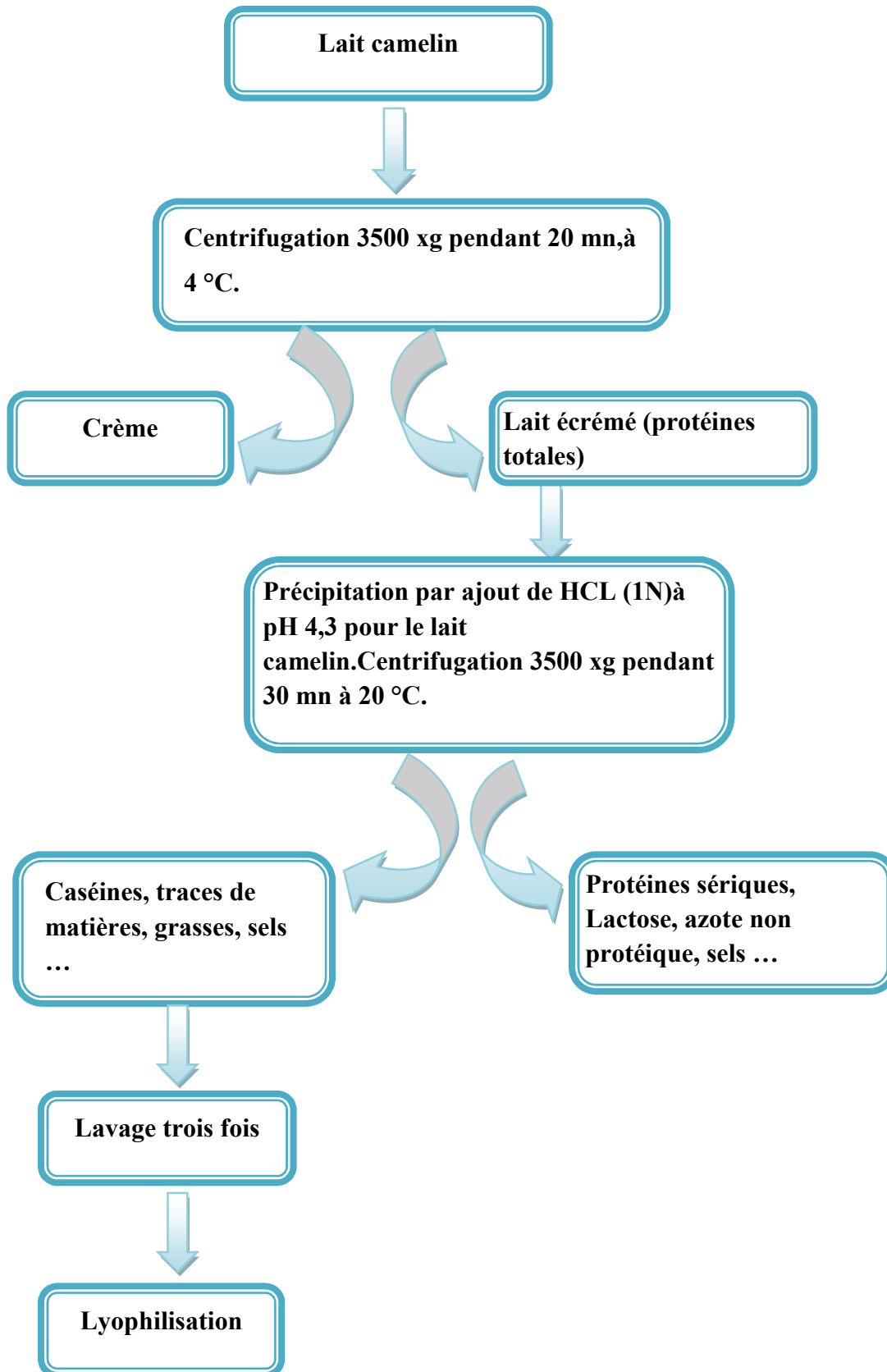


Figure 07: Protocole de séparation des caséines

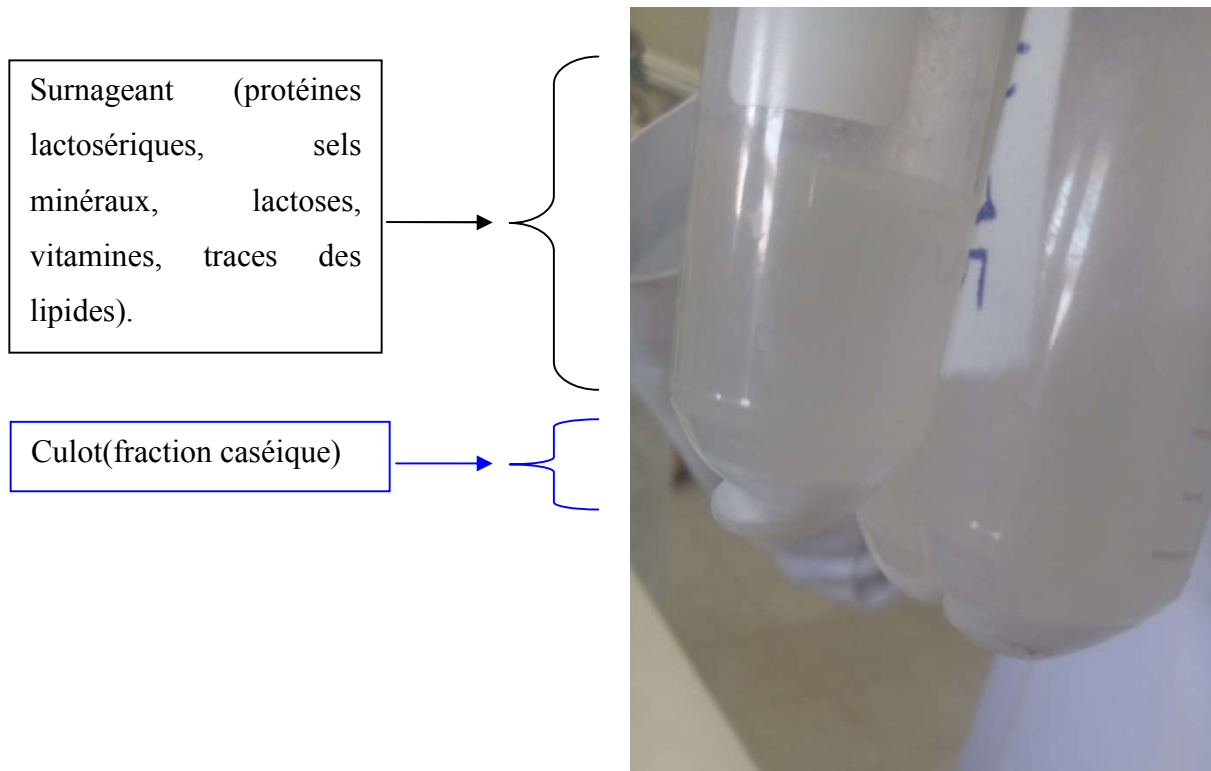


Figure 08: Les caséines brutes sont séparées par précipitation dans des conditions acides formant un culot au fond (photo originelle, 2020).

II.2.5. Protocole de digestion enzymatique in vitro de caséine

II.2.5.1. Caractéristiques des enzymes utilisés

II.2.5.1.1. Pepsine

La pepsine est une endoprotéase appartenant à la famille des protéases à acide aspartique. L'une de ses remarquables caractéristiques est sa grande activité dans cet environnement acide ; elle hydrolyse les liaisons peptidiques dans lesquelles un acide aminé aromatique (Tyr, Trp, Phe) engage sa fonction amine (RAISONNIER, 2004). Lors de la coupure de la liaison peptidique, les deux acides aspartiques jouent simultanément le rôle de donneur et de receveur de protons (DUNN, 2002).

II.2.5.1.2. Extrait pancréatique

A. Endopeptidases

La trypsine et la chymotrypsine, sont des endopeptidases pancréatiques actives à un pH optimal de 7,7 et à une température proche de celle du corps humain, soit entre 37 et 40°C. Elles ont un poids moléculaire similaire, avoisinant 24 KDa (FRITSCHÉ, 2003). La trypsine agit sur les liaisons peptidiques dont le groupement carboxylique provient de la lysine ou de l'arginine alors que la chymotrypsine clive avec plus d'efficacité les liaisons

peptidiques dont la fonction carboxylique est fournie par les acides aminés aromatiques (tryptophane, tyrosine ou phénylalanine) (GAILLARD, 2003).

B. Exopeptidases

Les carboxypeptidases sont constituées des carboxypeptidases A et B. Elle clivent les acides aminés C-terminaux des protéines au niveau des acides aminés aromatiques. (carboxypeptidase A) ou des acides aminés B (carboxypeptidase B).

Les aminopeptidases détachent l'un après l'autre les aminoacides situés en position N-terminale (OUANGO, 2011).

II.2.5.2. Déroulement du protocole

Tous les échantillons ont été digérés *in vitro* par la procédure simplifiée décrit par PARROT *et al.* (2003). Pour l'étape de digestion gastrique, 20mg d'échantillons lyophilisés, ont été dissous dans 1ml d'eau distillé. Le pH a été ajusté à 2,0 avec 1mol/l de HCl. Pepsine (EC 3.4.23.1) dissoute à 1 g/l dans 0,01 mol/l HCL, a été ajouté à un rapport massique enzyme-substrat de 1 :200. La digestion a été effectuée à 37°C pendant 30 min. Pour imiter l'étape de digestion *in vivo*, le pH a été augmenté à 7,5 avec 40% p/p de NaOH ajouté goutte pour simuler le pH dans le duodénum.

25µl de pancréatine à 2g/l dans l'eau, ont été ajoutés à 975 µl de digestion peptidique pour obtenir un rapport massique enzyme-substrat de 1:400. Une digestion intestinale simulée d'échantillons a été réalisée à 37°C pendant 4h. Ensuite, la réaction d'hydrolyse des protéines a été arrêtée par chauffage à 85°C pendant 5 min. Les échantillons digérés ont été directement stockés à -20°C.

De cette façon, nous avons préparé trois solutions, la première en ajoutant uniquement de la pepsine, et la seconde en ajoutant l'extrait pancréatique, tandis que la troisième en ajoutant d'abord de la pepsine, puis l'extrait pancréatique, en imitant leur ordre d'intervention dans une condition *in vivo* (tel qu'il est passé normalement dans la lumière intestinale).

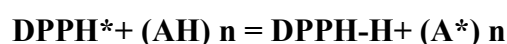
II.2.6. Activités biologiques

II.2.6.1. Activités antioxydantes

II.2.6.1.1. Élimination des radicaux diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH)

A. Principe

Cette méthode est basée sur la mesure de la capacité des antioxydants à piéger radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazil (DPPH)(figure 09). Ce dernier est réduit à la forme d'hydrazine (non radicalaire) en acceptant un atome d'hydrogène (BRAND-WILLIAM *et al.*,1995). On peut résumer la réaction sous la forme de l'équation:



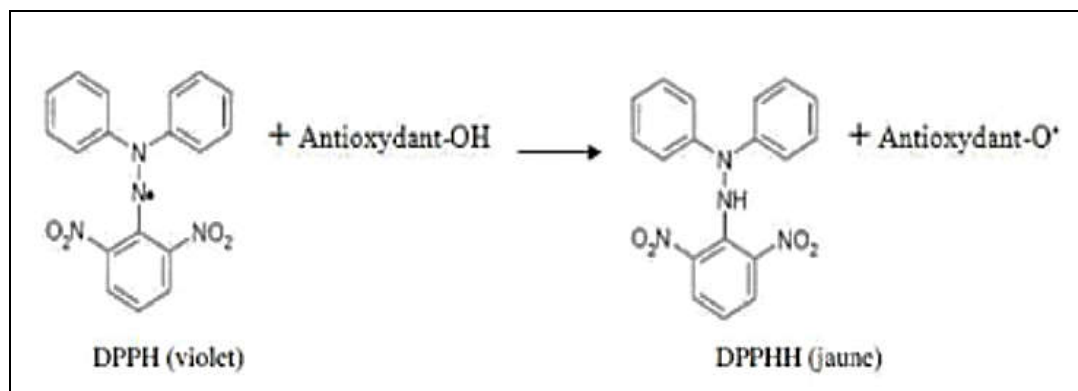


Figure 09: Piégeage du radical libre DPPH• (CONGO, 2012)

B. Mode opératoire

La capacité de piéger le 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH) radical par des antioxydants ajoutés dans les échantillons a été estimée après la méthode de BRAND-WILLIAMS *et al.* (1995) avec une légère modification par (KUMAR *et al.*, 2016). 1 ml de réactif DPPH (100 M) a été mélangé à 0,25 ml de 0,1 M de tampon Tris-HCl (pH 7,4) et 25 ml d'échantillon d'hydrolysate dans des tubes à essai. Le contenu a été doucement mélangé et l'absorbance dans le temps $t = 0$ min (t_0), a été mesurée à 517 nm. Les tubes d'échantillons ont également été incubés à température ambiante dans l'obscurité pour la mesure de l'absorbance dans le temps $t = 20$ min (t_{20}). L'éthanol a été utilisé comme blanc. L'activité de piégeage des radicaux libres a été calculée comme une diminution de l'absorbance de l'équation :

$$\text{Activité de balayage (\% d'inhibition)} = 100 - [(A_{t20} / A_{t0}) \times 100].$$

II.2.6.1.2. Pouvoir antioxydant réducteur ferrique

A. Principe

La méthode de FRAP est basée sur la réduction de l'ion ferrique (Fe^{3+}) en ion ferreux (Fe^{2+}) (figure 10). Cette méthode évalue le pouvoir réducteur des composés (OU *et al.*, 2001).

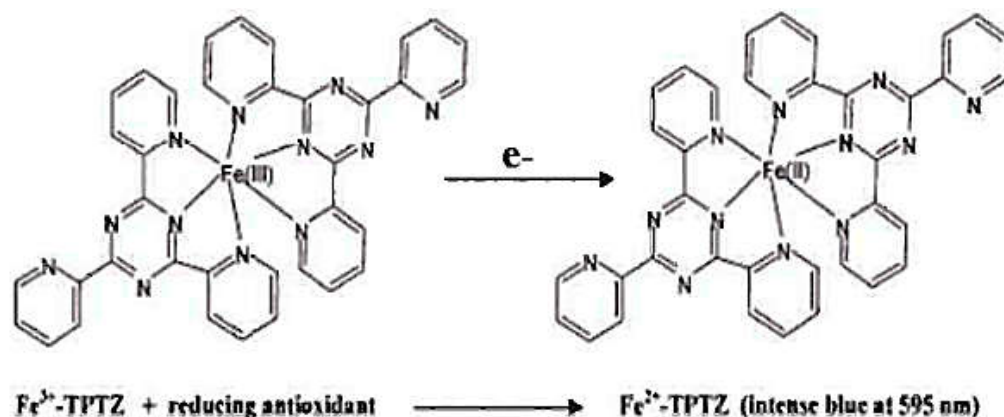


Figure 10: Réaction de la méthode FRAP (Prior *et al.*, 2005).

B. Mode opératoire

La capacité de réduire le fer ferrique a été déterminée en utilisant la méthode de WU *et al.* (2003) avec des légères modifications par OUSSAIEF *et al.* (2019). Une aliquote de 1 ml de chaque échantillon à différentes concentrations (1-20 mg / ml) a été mélangé avec 1 ml de tampon phosphate (0,2 M, pH 6,6) et 1 ml d'une solution de ferricyanure de potassium à 1% (p / v). Les mélanges ont été incubés à 50 °C pendant 20 min. Ensuite, 1 ml d'acide trichloracétique à 10% a été ajoutés et les mélanges réactionnels ont été centrifugés pendant 10 min à 3000 xg. Par la suite, un volume de 1 ml de surnageant a été mélangé avec 1 ml d'eau distillée et 0,2 ml de chlorure ferrique à 0,1% (p / v). Après 10 min de réaction, l'absorbance a été mesurée à 700 nm en utilisant un spectrophotomètre UV-visible.

II.2.6.1.3. Acide azinobis-3éthylbenthiazoline-6-sulfonique (ABTS+) activité de récupération des radicaux

A. Principe

L'ABTS est un radical cation caractérisé par sa couleur bleu vert foncé qui va disparaître après la réduction par un antioxydant donneur des protons (hydrogène). Ce radical est facilement formé à partir de l'acide correspondant par oxydation en présence de persulfate de potassium. Plus la perte de couleur est rapide plus le donneur d'hydrogène considéré comme un antioxydant fort.

B. Mode opératoire

L'activité d'élimination des radicaux libres du caséine cameline (CN) et leurs hydrolysats (CNH) ont été analysés par JRAD *et al.* (2014), selon la méthode décrite par RE *et al.* (1999) et adapté pour les petits volumes par SADATE *et al.* (2011).

Le cation radicalaire ABTS^{•+} a été produit par dissoudre 7 mM de cation ABTS^{•+} dans 2,45 mM de persulfate de potassium et le mélange est laissé à l'obscurité pendant 15 h à température ambiante avant utilisation. Le réactif cationique radical ABTS^{•+} a ensuite été dilué avec 5 mM du tampon phosphate de sodium, pH 7,4 pour atteindre une absorbance de 0,7 à 740 nm.

Le radical est stable pendant au moins 1 h à 22 °C. Un volume de 150 µl de chaque échantillon (CN ou CNH dans 20% d'acétonitrile dans l'eau correspondant aux différentes concentrations) a été ajoutée à 150 µL d'ABTS^{•+} (réactif radicalaire) et incubé pendant 10 min à 30 °C. Toutes les analyses ont été effectuées en triplet. L'absorbance a été mesurée à 740 nm. L'activité de nettoyage radical des échantillons testés, exprimés en pourcentage d'inhibition (%), ont été calculés avec l'équation:

$$\text{Activité (\%)} = [1 - (A_r - A_b) / (A_i - A_b)] \times 100$$

Où un A_i est l'absorbance de l'ABTS^{•+} (cation radicalaire initial), A_r est l'absorbance du reste radical, et A_b est l'absorbance du blanc (dans le cas de tampon phosphate, $A_b = 0,09$).

La valeur d'IC₅₀ est définie comme la concentration de l'échantillon capable de transformer 50% d'ABTS^{•+} en ABTS[•], c'est-à-dire lorsque l'absorbance du reste radical ($A_r - A_b$) était égale à celle de ($A_i - A_r$). Ainsi, logIC₅₀ correspondait aux ordonnées à l'origine de la courbe $\log [(A_r - A_b) / (A_i - A_r)]$ au \log (concentration de l'échantillon).

La capacité antioxydante équivalente de Trolox (TEAC) a été calculé comme décrit par RE *et al.* (1999).

II.2.6.2. Activité anti-microbienne

A. Mode opératoire

Quatre organismes pathogènes et d'altération, à savoir. *Escherichia coli* (MTCC n°2991), *Bacillus cereus* (MTCC n° 6728), *Staphylococcus aureus* (MTCC n° 7443) et *Listeria monocytogenes* (MTCC n° 657) ont été utilisés dans le protocole d'essai. Les cultures lyophilisées ont été activées et les cultures ont été maintenues à la température de réfrigération par sous-culture. La population bactérienne requise a été obtenue par dilution en série avec de l'eau peptonée stérile. Le débit de dose d'inoculum a été normalisé sur la base

du nombre de cellules dans l'inoculum. Le débit de dose des cultures microbiennes mentionnées ci-dessus a été optimisé dans la plage de 10⁴ à 10⁵ cfu / ml.

La technique de la plaque de coulée a été utilisée pour l'inoculation et les milieux de solidification. 1 ml de la culture d'essai (10⁴-10⁵ cfu/ ml) ont été uni distribué formellement en versant 15 à 20 ml de milieu pré-stérilisé et a permis la solidification. Dans chaque plaque, trois puits (8-10 mm de diamètre) ont été fabriqués en utilisant un perce-bouchon stérile. Environ 100 l de chacune d'hydrolysats et des fractions ont été versés dans un puits sur un milieu solide en gélose nutritive pour tous les organismes d'essai et incubée à 37 °C pendant 24 h. Les diamètres de la zone inhibitrice entourant les puits étaient mesurés à l'aide d'un pied à coulisse numérique. (KUMAR *et al.*, 2016b)

II.2.7. Analyse statistique

Toutes les analyses sont effectuées en triple et les données sont exprimées en moyenne ± écart type (SD) réalisées par Microsoft Office Excel 2007.

Chapitre III: Résultats et discussion

III.1. Caractérisations physico-chimiques :

Les valeurs des trois paramètres physico-chimiques (pH, acidité Dornic et densité) sur les échantillons du lait analysé sont rapportés dans le tableau 06.

Tableau 06: Les valeurs des paramètres physicochimiques du lait de chamelle étudié (de 10 échantillons individuels).

Echantillon	pH	Acidité °D	Densité
1	6,69	13	1,023
2	6,63	16	1,026
3	6,20	20	1,023
4	6,30	19	1,021
5	6,43	16	1,028
6	6,38	20	1,026
7	6,42	17	1,0285
8	6,45	18	1,028
9	6,40	19	1,0275
10	6,32	18	1,022
11	6,42	19	1,0 25
Moyenne	6,42± 0,13	17,72°D ± 2,10	1,0252±0,0026

III.1.1. pH

Le lait camelin serait légèrement plus acide que les laits humain (pH : 7,01) et bovin (pH : 6,6) (SIBOUKEUR, 2007). Le pH des échantillons de lait camelin mesurés dans le cadre de la présente étude est égal en moyenne à $6,42 \pm 0,13$ (tableau 06).

Les valeurs de pH relevées dans la présente étude se rapprochent de celles rapportées par certains auteurs dans d'autres pays tels que (SBOUI *et al.*, 2009) en Tunisie (6,41) et (SIBOUKEUR, 2007) (6,31) et (CHETHOUNA, 2011) (6,37) à Ouargla. D'autres auteurs avancent des valeurs plus élevées, on peut citer (KIHAL *et al.*, 1999) à bechar (6,57), (MAHBOUB *et al.*, 2010) à Ouargla (6,65), (SOUID, 2011) (6,54) et (BOUDJENAH, 2012) (6,53).

GORBAN et IZZELDIN (1997), signalent que le pH et le goût du lait peuvent dépendre de la nature des fourrages et de la disponibilité de l'eau. Par ailleurs, la forte

concentration en acides gras volatiles (YAGIL, 1985) et la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire font diminuer le pH de celui-ci (YAGIL, 1985 ; FARAH *et al.* 1992 ; SALEY, 1993 ; HADDADIN *et al.*, 2007).

VIGNOLA (2002) signale que le pH du lait dépend principalement de la présence des caséines et des anions phosphorique et citrique.

III.1.2. Acidité Dornic

Les échantillons de lait camelin analysés, présentent une acidité titrable de l'ordre de $17,72^{\circ}\text{D} \pm 2,10$ (tableau 06). Cette valeur se situe dans la fourchette des travaux rapportés par certains auteurs soit $18,2^{\circ}\text{D}$ (SIBOUKEUR, 2007), 18°D KHASKHELI *et al.*, (2005) en Inde. D'autres auteurs rapportent des valeurs plus élevées ou plus basses. Ainsi, KONUSPAYEVA (2007) et FAYE *et al.* (2008) au Kazakhstan signalent des valeurs plus élevées (26 et $24,04^{\circ}\text{D}$ respectivement). En revanche, les valeurs évoquées par, MEILOUD *et al.* (2011) en Mauritanie (16°D), ELAMIN et WILCOX (1992) en Arabie Saoudite (15°D), ABU-LEHIA (1994) en Arabie Saoudite (15°D) et KAMOUN (1994) en Tunisie ($15,6^{\circ}\text{D}$) sont plus faibles

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; ABU-TARBOUSCH, 1996), c'est-à-dire que le pH arrive à se maintenir approximativement au même niveau malgré l'élévation de l'acidité dornic.

III.1.3.Densité

La valeur de la densité des échantillons de lait camelin examiné est égal en moyenne à $1,0252 \pm 0,0026$. Cette valeur est située dans la fourchette publiée par la FAO (1995) d'après une compilation de diverses sources ($1,0250-1,0380$) et la fourchette rapportée par FARAH (1993) $1,025-1,032$, avec une moyenne de $1,029$. D'autres auteurs ont trouvé des valeurs proches : DAGET et LHOST (1995) avec $1,026$, LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994) avec $1,026$ à 15°C .

La densité du lait varie en fonction de la concentration des éléments dissous et en suspension (la matière sèche dégraissée) (MOSBAH, 2012 cite par MEDJOUR, 2014). Ce qui explique la variabilité des valeurs entre les différents échantillons de lait analysés et entre celles citées dans la littérature.

III.2. Analyses biochimiques

III.2.1. Teneur en protéines totales

Les résultats consignés dans le tableau 07 indiquent une teneur moyenne en protéines totales de lait camelin qui est égale à $33,92 \pm 1,67$ g/l. Celle-ci se rapproche de celles du lait bovin obtenus par GHERBI, ZITOUNA (2019), 35,99 g/l. Ces résultats rejoignent ceux obtenus par SBOUI *et al.* (2009), 34,15 g/l ; KAMOUN (1994), 34,3 g/l ; 30,72 g/l (ATTIA *et al.*, 2001) ; 30,8 et 33,1 g/l (WANGO, 1997) ; 34,6 g/l (SHAMSIA, 2009) et 35,6 g/l (SIBOUKEUR, 2005). Néanmoins, Il paraît plus faible que celle rapportée par (MEDJOUR, 2014) 36,71 g/l et KAMOUN (1994) soit 39 g/l, mais elle est plus importante à celle rapportée par GHERBI et ZITOUNA (2019), 29,29 g/l et 28 g/l (ELAMINE et WILCOX, 1992).

Tableau 07: Analyses biochimiques des échantillons collectés de lait camelin.

	Moyenne	Ecart-type
Protéines totales (g/l)	33,92	1,67
Protéines sériques (g/l)	9,89	0,49
Caséines (g/l)	24,03	1,27

YAGIL et ETZION (1980), signalent que la concentration en protéine du lait camelin est maximale juste après la parturition et arrive à atteindre 11,6 %, puis elle diminue et atteint des valeurs comprises entre 4,6 et 5,7 % en régime hydraté ou entre 2,5 et 3,3 % en régime peu hydraté. Quant à sa composition, elle varie en fonction des stades de lactation. Selon KAMOUN (1994), les deux premiers mois de lactation se caractérisent par une diminution des taux protéiniques et butyreux du lait camelin. Ces derniers atteignent une valeur minimale coïncidant avec le pic de lactation, puis retrouvent, en fin de lactation, un niveau comparable à celui de départ.

Des nombreux auteurs montrent qu'un 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'herbes conservées ou pâturées. Ils précisent que le taux butyreux est amélioré lors d'apport des concentrés en quantités plus importantes.

Enfin, les races et les conditions saisonnières en particulier influenceraient également la teneur en protéines du lait de chamelle (AL HAJ et AL KANHAL, 2010).

III.2.2. Teneur en caséines

La teneur en caséines du lait camelin égal à 24,03g/l±1,27 (tableau 07). Elle est plus faible que celle de la caséine bovine obtenue par MEDJOUR (2014), 35,5g/l.

Des teneurs proches ont été évoquées : MEDJOUR (2014) (25,45g/l); KAMOUN (1995) (23 g/l). Des teneurs plus importantes sont rapportées par certains auteurs tel que (SIBOUKEUR, 2007), 28,15g/l.

Cette même valeur est nettement importante à celles obtenues par GHERBI et ZITOUNA (2019), 12,33 g/l; FERHAT et MESSAI (2019), 18,64g/l.

Il est admis que, comparativement au lait bovin, le lait de dromadaire est pauvre en caséines, protéines responsables de la consistance du lait coagulé et son équilibre minéral, ce qui amplifie son inaptitude à la coagulation (KAMOUN, 1995).

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

III.2.3. Teneur en protéines lactosériques

La teneur en protéines sériques des échantillons du lait camelin est égal 9,89g/l (tableau 07). Cette valeur semble proche de celle de lait bovin obtenue par MEDJOUR (2014), 11,07g/l.

Elle est comparable à celle rapportée par ABU-LEHIA (1987) 9 g/l et BAYOUMI (1990) 10 g/l. D'autre part, elle semble plus importante à celle rapportée par (SIBOUKEUR, 2007) soit 7,51 g/l et par (FARAH, 1993) soit (7g/l) et elle est plus faible que celle rapportée par GHERBI et ZITOUNA (2019), 16,97g/l et par MEDJOUR (2014), 11,26 g/l.

La fraction des protéines lactosériques 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).

III.3. Activités biologiques

III.3.1. Activités antioxydantes

III.3.1.1. Pouvoir réducteur du fer (test FRAP: Ferric Reducing Antioxydant Power)

La réduction de fer ferrique (Fe^{3+}) en fer ferreux (Fe^{2+}) est un test rapide, reproductible, et facile à exécuter (LIM *et al.*, 2006).

Le pouvoir réducteur a été évalué pour déterminer la capacité d'un échantillon à céder des électrons ou des protons, qui a été rapporté comme étant en corrélation directe avec le clivage des peptides (AMEUR et LASMI, 2016) et par conséquent, les activités antioxydantes

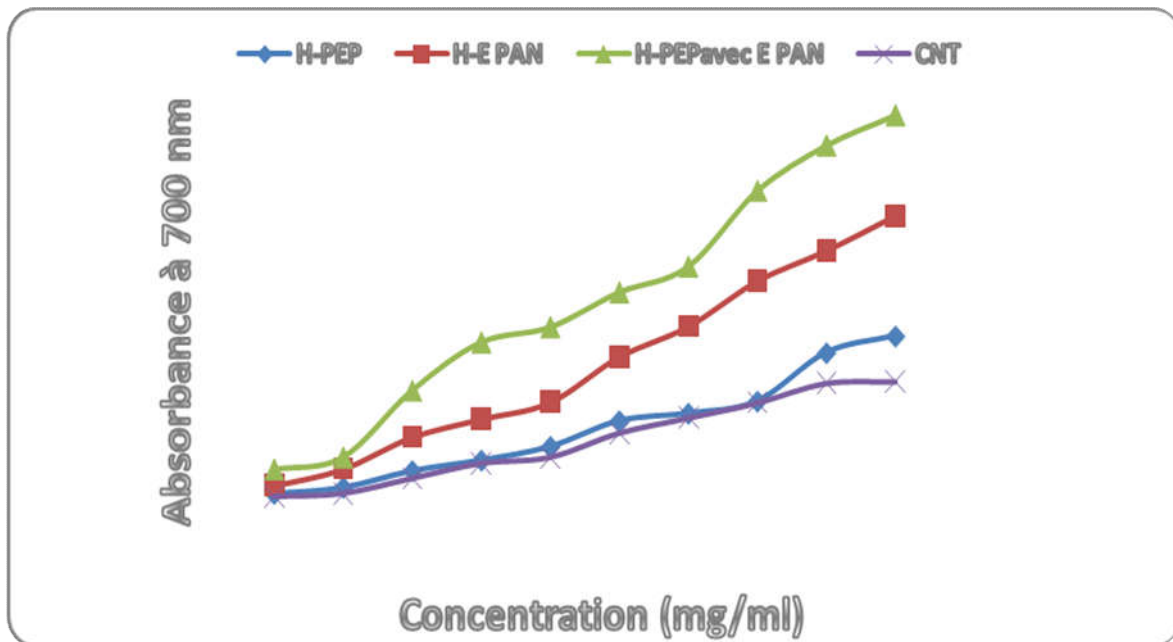


Figure 12: Pouvoir réducteur des caséines camelines brutes avant et après hydrolyse.

(CNT) : caséines totales, (H-PEP) hydrolysats de caséine par action de la pepsine, (H-E PAN) : hydrolysats de caséine par action de la pancréatine, (H-PEP avec E PAN) : hydrolysats de caséine par action successive des pepsine et pancréatine.

Nous remarquons qu'à la concentration de 20 mg/ml, le pouvoir réducteur est beaucoup plus important dans le cas des peptides issus de l'hydrolysats des caséines par la pepsine avec l'extrait pancréatique (Absorbance = 0,280), suivi par les peptides provenant de l'hydrolysats pancréatique (Absorbance = 0,231), puis ceux de l'hydrolysats par la pepsine (Absorbance = 0,134) et finalement les caséines intactes qui possèdent le pouvoir réducteur le plus réduit (Absorbance=0,104). Ces résultats sont conformes avec les données des autres chercheurs, AMEUR et LASMI (2016), qui ont étudié l'activité antioxydante de la caséine de lait de chamelle avant et après hydrolyse par la trypsine et la chymotrypsine, ils ont signalé que les hydrolysats de caséines camelines exercent un pouvoir réducteur nettement plus élevé que des caséines natives, KUMAR *et al.* (2016), qui ont, également, étudié l'activité antioxydante des hydrolysats des caséines traités avec trois enzymes séparément (alcalases, papaïne et α -chymotrypsine), ont montré que l'augmentation du pouvoir réducteur après hydrolyse a suggéré que ce processus a contribué à l'activité antioxydante par la génération des peptides préalablement inactifs cryptés dans la séquence des caséines natives. JRAD *et al.* (2014) et SALAMI *et al.* (2011) qui ont aussi signalé une activité antioxydante de la caséine de lait de chamelle hydrolysée par digestion avec des enzymes gastro-intestinales, SALAMI *et al.* (2011), ont en outre rapporté que l' α -chymotrypsine pouvait produire des hydrolysats

d'origine β -caséique avec une activité antioxydante plus élevée que dans le cas de la trypsine et de la pepsine.

Il est maintenant bien connu que la β -caséine bovine produit des peptides anti-radicalaire durant la digestion gastro-intestinal ou la fermentation (KANSCI *et al.*, 2004). Comme la fraction des caséines du lait camelin est riche en β -caséine (65% du total des caséines), ce composant peut être la meilleure source de peptides antioxydantes (JRAD *et al.*, 2014). La β -caséine cameline a montré une activité antioxydante élevée après hydrolyse avec la chymotrypsine (SALAMI *et al.*, 2011). La β -caséine cameline comprend 8 résidus de Phe, un acide aminé aromatique avec un grand pouvoir anti-radicalaire, tandis que la β -caséine bovine en contient 5 et cela peut être une explication de l'activité antioxydante potentielle des caséines camelines. (JRAD *et al.*, 2014). L'activité d'élimination des radicaux de Tyr, ainsi que de Trp, a été expliquée par la réactivité des structures phénoliques et indoliques qui fonctionnent comme donneurs d'hydrogène (PIHLANTO, 2006).

TANG *et al.* (2010), dans leur sujet sur l'activité antioxydante sur la fraction des peptides, Ils ont montré que chaque petit peptide avait une activité antioxydante importante.

Les travaux précédents ont aussi suggéré que les peptides des caséines des petites tailles libérées par les enzymes protéolytiques exercent une activité antioxydante plus élevée que les fractions de haut poids moléculaire (KUMAR *et al.*, 2016 ; RAHIMI *et al.*, 2016).

Les acides aminés les plus efficaces avec une activité antioxydante et les meilleurs piègeurs de radicaux libres sont Cys, Trp, Tyr, Met, Phe, His, Ile, Leu et Pro. Pas seulement la composition en acides aminés d'une protéine est importante mais aussi son accessibilité et le positionnement de l'acides aminés (ELIAS *et al.*, 2005 et 2008; ARCAN et YEMENICIOGLU, 2007).

Clarification

A cause de la pandémie de Covid19, les portes des universités ont dû fermé après le communiqué du ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique menant l'arrêt des toutes les activités au sein de tous les établissements de l'enseignement supérieure, d'où l'impossibilité de continuer nos travaux pratiques. Cette problématique a été, heureusement, remédié par le procès-verbal du juin 2020 de conseil scientifique de la faculté des sciences de la nature et de la vie, université Echahid Hamma Lakhdar, qui a donnée aux étudiants de 2^{ème} année de master la possibilité de soutenir leurs travaux de mémoire de fin d'étude en se satisfaisant de discuter, dans la partie résultat et discussion, les travaux précédents qui sont dans le même champ de recherche à la place de leurs résultats inachevés.

Ceci est appliquée pour ce qui suit.

III.3.1.2. Élimination des radicaux diphényl-1-picrylhydrazyle (DPPH)

La DPPH a été couramment utilisée dans l'analyse de l'activité antioxydante et le système de test peut être utilisé pour la caractérisation primaire du potentiel de piégeage des peptides.

Selon les résultats de KUMAR *et al.* (2016) qui a étudié le test de DPPH sur des hydrolysats de caséine traités aux trois enzymes séparément (alcalase, papaïne et l' α -chymotrypsine), Où ils ont trouvé que les trois enzymes avaient significativement ($P < 0,05$) augmenté l'activité de piégeage de DPPH jusqu'à 6 h de temps d'hydrolyse. Par rapport aux deux autres enzymes, l' α -chymotrypsine a produit des hydrolysats qui avaient une activité antioxydante significativement ($P < 0,05$) plus élevée après 2h d'hydrolyse. Les hydrolysats produits par l'alcalase ont également montré une activité piégeant la DPPH significativement plus élevée ($P < 0,05$) que les hydrolysats produits par la papaïne.

Les hydrolysats des caséines avec : l'alcalase (CA), la chymotrypsine (CC) et la papaïne (CP) ont été ultrafiltrés d'une manière séquentielle à travers une membrane d'ultrafiltration Millipore 8400 pour obtenir les différentes fonctions à savoir. F0 : hydrolysat entier, F1 : peptides <1 kDa, F2 : peptides 1-5 kDa, F3 : peptides 5-10 kDa et F4 : peptides > 10 kDa. Ces fractions ont été évaluées in vitro contre le DPPH.

Dans le groupe CA, l'activité DPPH de F0 (32,25 % \pm 0,20) d'inhibition a été enregistrée de manière significative ($P < 0,05$) plus élevée par rapport aux autres groupes, mais était comparable à la fraction F4 (29,88 % \pm 0,32). Dans le groupe CP, F0 et F4 étaient comparables mais significativement ($P < 0,05$) supérieure aux fractions F1 (24,39 % \pm 0,17), F2 (24,92 % \pm 0,17) et F3 (25,39 % \pm 0,12). Dans le groupe CC, le taux d'inhibition de DPPH était significativement ($P < 0,05$) plus élevée en F0 (37,65 % \pm 0,15) que tous les autres traitements. Parmi les trois groupes, c'est-à-dire CA, CC et CP, l'activité d'inhibition de DPPH la plus élevée a été enregistrée pour CC, indépendamment des fractions. Selon AMEUR et LASMI (2016), qui ont étudié l'activité antioxydante de la caséine de lait de chamelle avant et après hydrolyse par la trypsine et la chymotrypsine, et utilise le test de DPPH. L'activité anti-radicalaire des caséines camelines augmente significativement après hydrolyse par la trypsine et la chymotrypsine, les pourcentages d'inhibition obtenus sont : 25,96 % pour les caséines totales, 52,4 % pour l'hydrolysat de trypsine et 58,01 % pour l'hydrolysat de chymotrypsine.

III.3.1.3. Activité de neutralisation des radicaux acide azinobis-3éthylbenthiazoline-6-sulfonique (test à l'ABTS)

L'ABTS forme également un radical libre relativement stable, qui est décoloré sous sa forme non-radicalaire.

Selon KUMAR *et al.* (2016a), le résultat de l'activité d'absorption des radicaux ABTS a augmenté de manière significative ($P < 0,05$) avec l'augmentation de degré d'hydrolyse au fil du temps comme les tests précédents, et en comparant des échantillons traités par des enzymes, les hydrolysats produits par l' α -chymotrypsine avaient une activité antioxydante significativement plus élevée ($P < 0,05$). Cependant, parmi les deux enzymes, à savoir l'alcalase et la papaïne, les hydrolysats produits par l'alcalase a montré une activité ABTS significativement plus élevée ($P < 0,05$). Ces conclusions étaient conformes à une autre étude réalisée aussi par KUMAR *et al.* (2016 b) qui a indiqué que l'activité de l'ABTS de F4 était comparable à F1 et F2, les autres valeurs étaient significativement variaient les uns des autres ($P < 0,05$). Dans le groupe CC, la fraction F0 a enregistré l'activité ABTS la plus élevée (91,28 % \pm 0,13) suivi de F3 (87,38 % \pm 0,15), F2 (84,14 % \pm 0,15), F4 (81,52 % \pm 0,21) et F1 (81,09 % \pm 0,18). L'activité ABTS de F1 et F4 étaient comparables, mais les autres groupes différaient significativement ($P < 0,05$) l'un de l'autre. Pour le groupe CP, l'activité à l'ABTS enregistrée a été plus faible que dans les deux autres groupes, mais parmi les différentes fractions de même groupe, l'activité la plus élevée à nouveau a été enregistrée pour F0 (70,90 % \pm 0,14), suivi de F3 (67,52 % \pm 0,23), F2 (65,05 % \pm 0,11), F1 (62,85 % \pm 0,30) et F4 (62,24 % \pm 0,22). Dans le groupe CP, l'activité ABTS de F1 (62,85 % \pm 0,30) était comparable à celle de F2 (65,05 % \pm 0,11) et F4 (62,24 % \pm 0,22), mais les deux autres fractions différaient significativement ($P < 0,05$). Parmi les trois groupes à savoir, CA, CC et CP, une activité ABTS significativement plus élevée a été enregistrée pour le groupe CC pour toutes les fractions et correspondent aux résultats de JRAD *et al.* (2014) qui ont étudié l'activité d'absorption des radicaux ABTS des hydrolysats de caséine traités à la pepsine et à la pancréatine qui a fait l'objet d'une enquête pour détermination de l'IC50 (concentration inhibitrice de 50 % des radicaux libres de l'ABTS) et la valeur de TEAC (capacité antioxydante en équivalent Trolox). Les caséines intactes ont montré une activité de piégeage des radicaux libres et une TEAC = 1,60 μ M \pm 0,12 et IC50 = 12,03 μ M \pm 2,17. Après hydrolyse ultérieure par la pepsine et la pancréatine, la valeur IC50 déterminée pour les hydrolysats des caséines est égal à 24,70 μ M \pm 2,98 et une valeur de TEAC (0,25 μ M \pm 0,01), indiquant que les hydrolysats des caséines ont montré un nettoyage radical plus fort. Cela suggère que des peptides antioxydants ont été libérés et ces peptides ont été générés à partir

des caséines. La fraction de caséine du lait de chamelle est riche en β -CN (65% du total des caséines), ce composant pourrait être la meilleure source de peptides antioxydants (JRAD *et al.*, 2014). Ceci est confirmé par SALAMI *et al.* (2011) dans son étude de l'activité antioxydante de la caséine entière de dromadaire et de la β -CN après l'hydrolyse par les enzymes gastro-intestinal en mesurant les valeurs TEAC, sur la base de la consommation de radicaux ABTS colorés. La caséine entière et la β -CN traitées à la chymotrypsine ont montré l'activité antioxydante la plus élevée, suivie d'un traitement à la pepsine et enfin au traitement à la trypsine qui a montré l'activité antioxydante la plus faible. Selon la taille des peptides l'activité antioxydante la plus élevée était observée pour les peptides de poids moléculaire de 5 à 10 kDa. Cette découverte suggère que les activités antioxydantes des peptides dépendent non seulement de leur composition en acides aminés mais aussi de leurs taille et séquence. Ce résultat est confirmé par RAHIMI *et al.* (2016) dans son étude sur la puissance de balayage radical des échantillons (des peptides produits par hydrolyse enzymatique des caséines de lait de chamelle en utilisant l'enzyme de la proteinase K.

III.3.2. Activité antimicrobienne

L'activité antimicrobienne des caséines camelines et de leurs hydrolysats a été étudiée par plusieurs auteurs

JRAD *et al.*(2014), ont mené une étude sur l'activité antibactérienne des caséines de dromadaire avant et après hydrolyse par voie gastro-intestinale des enzymes contre 3 bactéries à Gram positif (*Listeria innocua*, *Bacillus cereus* et *Staphylococcus aureus*) et 2 bactéries à Gram négatif (*Escherichia coli* et *Pseudomonasaeruginosa*) ont été analysées. En présence de 20 g /l des caséines camelin natives, la croissance cellulaire n'a été significativement inhibée que pour la souche d'*E. Coli*. La croissance des 4 autres souches n'a pas été significativement affectée (*L. innocua*) ou favorisée (*B. cereus*, *S. aureus* et *P. aeruginosa*). Cependant, on peut noter que la croissance de *L. innocua* a été significativement inhibée en présence des caséines natives à une concentration de 40 g/l.

À l'exception de la croissance d'*E. Coli*, qui était également inhibée par les caséines natives et leurs hydrolysats, on peut observer que la croissance de toutes les autres souches bactériennes était plus lente en présence des hydrolysats des caséines camelines que dans le cas de la présence des caséines camelines natives. Ensemble, ces observations suggèrent que des fragments des caséines camelines inhibant la croissance de ces souches bactériennes a probablement été libérée par les enzymes protéolytiques gastro-intestinales. Étant donné que l'analyse par chromatographie sur gel filtration des masses moléculaires indique que les hydrolysats des caséines camelines contenait principalement des peptides de poids

moléculaire apparent inférieur à 1 kDa, il est probable que ces peptides antibactériens ont également un poids moléculaire inférieur à 1 kDa. Ce serait conforme à l'observation de SILVA et MALCATA (2005) que les fragments antibactériens dérivés des caséines ont une masse moléculaire variant de 0,4 à 6 kDa.

D'après les résultats de KUMAR *et al.* (2016b), leur étude a pu montrer l'efficacité des hydrolysats des caséines camelines contre quelques bactéries Gram+ (*Listeria monocytogenes*, *Bacillus cereus*, et *Staphylococcus aureus*) et une bactérie Gram- (*Escherichia coli*), ces hydrolysats sont produits suite à la digestion enzymatique par des différentes enzymes à savoir : l' α -chymotrypsine, l'alcalase et la papaïne, les différents hydrolysats ont montré des efficacités différentes les unes des autres contre la croissance bactérienne cela en outre mis en évidence l'impact de chacune d'enzymes utilisées.

ALMI-SEBBANE *et al.* (2018), en testant l'activité antibactérienne des β caséine et de ses hydrolysats ont vu que seulement, les hydrolysats ont montré une activité contre les bactéries utilisées. Cependant, la fraction <1 kDa présentait de manière significative ($P < 0,05$) un effet inhibiteur plus élevé contre *S. aureus*, *L. innocua* et *E. coli* que les autres fractions, tandis que la fraction d'hydrolysat de β caséine > 10 kDa n'ont eu aucun effet.

Des nombreux auteurs ont déjà signalé que la fraction des caséines, de poids moléculaire inférieur à 1 kg/mol, avait l'activité antibactérienne la plus élevée dans les hydrolysats des caséines obtenus après hydrolyse par des enzymes diverses, y compris la gamme d'enzymes protéolytiques impliquées dans la caséinolyse pendant l'affinage du fromage (NGUYEN THI *et al.*, 2014) ou digestion gastro-intestinale.

Les caséines hydrolysées sont connues pour être des mélanges très complexes pouvant contenir jusqu'à des centaines de peptides différents (SILVA *et al.*, 2006). Les hydrolysats des caséines sont très compliqués en raison des différences dans les substrats protéiques et spécificités enzymatiques de la pepsine et des différentes enzymes protéolytiques présentes dans la pancréatine. Cependant, certaines tendances similaires avec les hydrolysats de caséines bovines et ovines ont été observé: LOPEZ-EXPOSITO *et al.* (2006) ont rapporté que les hydrolysats peptiques d'ovins α_{S2} -CN ont inhibé la croissance de diverses bactéries Gram-positives. Les peptides antimicrobiens dérivés des protéines du lait possèdent souvent un effet amphiphile et caractère cationique, qui semble être significatif pour leur mécanisme d'action, car il est connu que la liaison électrostatique entre les peptides et les membranes bactériennes (chargés négativement) est l'étape initiale du processus de formation des pores conduisant à la mort cellulaire (BENKERROUM, 2010).

Ces différences dans l'activité antimicrobienne des hydrolysats entiers et de ses fractions et également avec différentes enzymes peuvent être dues aux différences de taille, de nature ionique et de concentration des peptides(KUMAR *et al.*, 2016b).

Conclusion et Respectives

Conclusion et Respectives

La plupart des études précédentes portaient sur les plantes en tant que source d'activités biologiques.

Dans ce travail, nous avons contribué à la mise en évidence d'une source animale (caséines du lait camelin)

Considérant que le lait est l'un des aliments le plus fréquemment consommé par l'homme pour sa valeur nutritionnelle et thérapeutique, le lait de chamelle, en particulier, notamment chez les habitants des régions arides et désertiques.

Les protéines de lait camelin sont l'une des sources les plus riches en acides aminés essentiels nécessaires à la croissance et au maintien de l'organisme. Elles jouent, également, un rôle important dans la promotion de la santé et de la prévention contre plusieurs maladies.

Le présent travail avait pour objectif d'étudier certains des effets biologiques (l'activité antioxydante et antimicrobienne) des caséines camelines et de leurs hydrolysats produits par des enzymes digestives, d'un part, d'autre part, il s'agit également de déterminer les rôles de ces différentes protéases dans ce contexte.

Pour se faire et dans un premier temps, un dosage des protéines du lait camelin a été réalisé (par la méthode de LOWRY *et al*, 1951), afin d'apprécier la teneur des protéines caséiques en l'occurrence. Ce dernier a montré que le lait camelin contient une teneur importante en ces protéines, évaluées à un taux de $24,03\text{g/l} \pm 1,27$.

Ensuite, les caséines ont été séparées du reste de lait et lyophilisées. Une portion de ces dernières a servi comme substrat contre l'attaque des enzymes digestives utilisées dans cette étude (pepsine, pancréatine), et l'hydrolyse est suivie dans les conditions optimales de chacune de ces protéases (pH, température et temps, en particulier), jusqu'à l'obtention des hydrolysats finaux. Trois types d'hydrolysats ont été réalisés (avec pepsine seule, avec pancréatine seule, avec la succession de ces deux enzymes, tout en imitant le phénomène de protéolyse naturelle telle qu'elle passe dans le tube digestif.

En ce qui concerne l'activité antioxydante, celle-ci a été évaluée par un test de FRAP. Comparativement aux caséines natives, les hydrolysats exercent un pouvoir réducteur nettement plus important où on a enregistré des absorbances à la longueur d'onde 700 nm (par spectrophotomètre) avec une concentration de 20mg/ml qui étaient : 0,104 pour les caséines totales, 0,134 pour l'hydrolysats produit par l'action de la pepsine, 0,231 pour l'hydrolysats produit par l'action de la pancréatine et 0,280 pour l'hydrolysats produit par l'action de la pepsine et de la pancréatine ensemble. Les résultats montrent que les peptides des trois hydrolysats possèdent une bonne activité, donc ces molécules sont considérées comme des agents antioxydants de première classe et peuvent être employées pour des applications

Conclusion et Respectives

thérapeutiques, sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention contre des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires. On peut classer ces molécules d'après leur capacité antioxydante : Hydrolysat caséique produit par la pepsine et la pancréatine ensemble, hydrolysat caséique produit par la pancréatine, hydrolysat caséique produit par la pepsine et finalement l'antioxydant le plus faible sont les caséines totales,

Dans le second volet de notre étude, nous avons discuté des résultats précédents concernant l'activité antibactérienne, En vue de cela, une étude comparative a été menée entre certains auteurs : JRAD *et al.*(2014), KUMAR *et al.* (2016b) et ALMI-SEBBANE *et al.* (2018) et d'autres. D'après ces derniers, nous avons conclu que l'activité antibactérienne des caséines du lait de chamelle peut être largement augmentée par leur hydrolyse via l'utilisation des enzymes digestives. Cela suggère que les fragments peptidiques pourvus d'activité antibactérienne, dérivés des caséines camelines ont été libérés.

Les enzymes digestives possèdent un rôle clé dans la production de l'effet biologique et chacune d'elles a sa propre capacité de produire cet effet.

Ces protéines, étant peu étudiées, possèdent une vraie potentialité et une source riche de peptides bioactives d'où la nécessité d'en faire beaucoup d'autres investigations afin d'améliorer encore plus le savoir dans ce contexte, notamment à travers l'utilisation des techniques de séparation et de fractionnement plus performantes (ultrafiltration, HPLC et SDS-PAGE) et la caractérisation des masses de ces peptides par l'utilisation de techniques très fiables telles que la spectrométrie de masse et la chromatographie sur gel filtration et l'identification de leurs séquences en utilisant la MALDI-TOF et le séquençage par la méthode d'Edman.

Références

bibliographiques

Références bibliographiques

- ABDELGADIR, W. S., AHMED, T. K., & DIRAR, H. A. (1998).** The traditional fermented milk products of the Sudan. *International Journal of Food Microbiology*, 44(1-2), 1-13.
- ABITA, J. P., DELAAGE, M., LAZDUNSKI, M., & SAVRDA, J. (1969).** The Mechanism of Activation of Trypsinogen: The Role of the Four N-Terminal Aspartyl Residues. *European journal of biochemistry*, 8(3), 314-324.
- ABU-LEHIA, I. H. (1987).** Composition of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42(6), 368-371.
- ABU-LEHIA, I. H. (1994, October).** Recombined camel's powder. In *Actes du Colloque: "Dromadaires et chameaux animaux laitiers"*. 24-26.
- ABU-TARBOUSH, H. M. (1996).** Comparison of associative growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *Journal of Dairy Science*, 79(3), 366-371.
- ADLER-NISSEN, J. (1986).** Enzymic hydrolysis of food proteins. Elsevier applied science publishers, 110-169.
- AFIFI, M. E. (2010).** Effect of camel's milk on Cisplatin-induced nephrotoxicity in Swiss Albino mice. *American journal of biochemistry and biotechnology*, 6(2), 141-147.
- AGRAWAL, R. P., SARAN, S., SHARMA, P., GUPTA, R. P., KOCHAR, D. K., & SAHANI, M. S. (2007).** Effect of camel milk on residual β -cell function in recent onset type 1 diabetes. *Diabetes research and clinical practice*, 3(77), 494-495.
- AL HAJ, O.A. ET AL KANHAL, H. A. (2010).** Compositional, technological and nutritional aspects of dromedary camel milk. *International Dairy Journal* xxx. 1-11.
- AL-ALAWI A.A. et LALEYE L.C. (2011).** Characterization of camel milk protein isolates as nutraceutical and functional ingredients. Collaborative Research Project Sultan Qaboos University United Arab Emirates University.
- AL-JUBOORI, A. T., MOHAMMED, M., RASHID, J., KURIAN, J., & EL REFAEY, S. (2013).** Nutritional and medicinal value of camel (*Camelus dromedarius*) milk. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 170, 221-232.

Références bibliographiques

ALMI-SEBBANE, D., ADT, I., DEGRAEVE, P., JARDIN, J., BETTLER, E., TERREUX, R., OULAHAL, N., & MATI, A. (2018). Casesidin-like anti-bacterial peptides in peptic hydrolysate of camel milk β -casein. *International Dairy Journal*, 86, 49-56.

ALOU, H. (1985). *Contribution à l'étude de l'élevage camelin au Niger: situation actuelle, propositions d'amélioration, perspectives d'avenir* (Doctoral dissertation, Thèse Doct. vét., Eismv, Dakar, Sénégal).

AL-SALEH, A. A. (1996). Heat coagulation of camel milk. *Journal of King Saud University*, 8, 107-117.

AMEUR, N., ET LASMI, K. (2016). Activité antioxydante des caséines camelines et leurs hydrolysats. Mémoire de Master en biochimie appliqué. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI OUZOU, ALGERIE.

AMIOT, J., FOURNIER, F., LEBEUF, Y., PAQUIN, P., ET SIMPSON, R. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait. In *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Presses internationales Polytechnique, Montréal.

ARCAN, I., & YEMENICIOĞLU, A. (2007). Antioxidant activity of protein extracts from heat-treated or thermally processed chickpeas and white beans. *Food Chemistry*, 103(2), 301-312.

ASSIONGBON, T. (1998). Impact socio-economique du dromadaire (*Camelus dromedaries*)- AU NIGER. La Faculté de Médecine et de Pharmacie de Dakar pour obtenir le grade de DOCTEUR VETERINAIRE (DIPLOME D'ETAT)

ATTIA, H., KHEROUATOU, N., NASRI, M., & KHORCHANI, T. (2000). Characterization of the dromedary milk casein micelle and study of its changes during acidification. *Le Lait*, 80(5), 503-515.

AZZA, M. K., SALMA, O. A. ET EL-SAIED, K. M, (2007). Changes in amino acids profile of camel milk protein during the early lactation. *International Journal of Dairy Science*, 2 (3),

Références bibliographiques

BAGUI, K. ET BENABDERRHMANE, F.(2008). Effet de la nature des protéases gastrique de dromadaire sur la coagulation du lait camelin. Mémoire DES institut de biochimie. Université d'Ouargla.

BAYOUMI, S. (1990). Studies on composition and rennet coagulation of camel milk. *Kieler Milchwirtschaftliche Forschungsberichte*, 42(1), 3-8.

BELKACEMI, M ET SOUAKER, M. (2017). Etude de comparaison de l'activité antibactérienne du lait camelin entre deux modes d'élevage (extensif et semi-intensif). Mémoire de Master. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.

BENAISSA, M. (1989) : Le dromadaire en Algérie. Options Méditerranéennes – Série Séminaires (02), 19-28.

BENGOUMI, M., FAYE, B., & TRESSOL, J. C. (1994). Composition minérale du lait de chamelle du sud marocain. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26- octobre, Nouakchott, Mauritanie....

BENHADID, D. (2010). Evaluation de la production de viande cameline et estimation des poids dans la commune de Ghardaïa, 16-18.

BENKERROUM, N. (2010). Antimicrobial peptides generated from milk proteins: a survey and prospects for application in the food industry. A review. *International Journal of Dairy Technology*, 63(3), 320-338.

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 (option biochimie). Université Mouloud Mammeri de TiziOuzou (Algérie).

BRAND-WILLIAMS, W., CUVELIER, M. E., & BERSET, C. L. W. T. (1995). Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity. *LWT-Food science and Technology*, 28(1), 25-30.

BROWN, J. R., & HARTLEY, B. S. (1966). Location of disulphide bridges by diagonal paper electrophoresis. The disulphide bridges of bovine chymotrypsinogen A. *Biochemical journal*, 101(1), 214-228.

Références bibliographiques

- CHEHMA A. (2004).** Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. Lait de chamelle pour l'Afrique. FAO ; *Production et Santé Animale*, **2**, 43-51.
- CHETHOUNA, F. (2011).** Etude des caractéristiques physico-chimiques, biochimiques et la qualité microbiologique du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Thèse de Magister en Sciences Biologiques Université Kasdi Merbah Ouargla.
- CONGO, M. (2012).** Etude des propriétés antiradicalaire et antiproliférative d'extraits de feuilles et de rameaux de *Salvadora Persica L.* (Salvadoraceae). Thèse de pharmacie. Université d'Ouagadougou Burkina Faso. 42 p.
- DAGET, P., & LHOSTE, P. (1995).** Ethnologie animale. *Pastoralisme, Troupeaux, Espaces et Sociétés*, Editions HATIER, Paris.
- DANLEY, D. E., & GEOGHEGAN, K. F. (1988).** Structure and mechanism of formation of recombinant-derived chymosin C. *Journal of Biological Chemistry*, **263**(20), 9785-9789.
- DAVALOS, A., MIGUEL, M., BARTOLOME, B., & LOPEZ-FANDINO, R. (2004).** Antioxydant activity of peptides derived from egg white proteins by enzymatic hydrolysis. *Journal of food protection*, **67**(9), 1939-1944.
- DICK, A., SLEIMANE, F., EL KORY, M., EL KORY, O. (2011).** La variabilité de la teneur en calcium du lait de chamelle en Mauritanie, Science Lib Editions Mersenne. Vol3, N°111008.
- DONNELLY, W. J., CARROLL, D. P., O'CALLAGHAN, D. M., & WALLS, D. (1986).** Genetic polymorphism of bovine chymosin. *Journal of dairy research*, **53**(4), 657-664.
- DONNELLY, W. J., O'CALLAHAN, D. M., CARROLL, D. P., MCCONNELL, D. J., & GANNON, F. (1984a).** Multiple forms of calf prochymosin and chymosin. *Biochem. Soc. T.*, **12**, 440-441.
- DUBOIS, D. V. (2006).** Préparation de Peptides Antimicrobiens à partir de l'Hydrolyse Enzymatique de deux protéines: l'Hémoglobuline Bovines et l' α -Lactalbumine Bovine. Thèse de doctorat docteur de l'Université des Sciences et Technologie de Lille.
- DUNN, B. M. (2002).** Structure and mechanism of the pepsin-like family of aspartic peptidases. *Chemical reviews*, **102**(12), 4431-4458.

Références bibliographiques

EL-AGAMY E.I. (2006). Handbook of non-bovine mammals. In : Park Y.W., & Haenlein F.W. (Ed.), Camel milk (1st edition, Chapter 6). Iowa, USA : Wiley-Blackwell.

ELAGAMY, E. I. (2000). Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cows' and buffalo milk proteins. *Food Chemistry*, 68(2), 227-232.

EL-AGAMY, E. I. (2000). Physicochemical, molecular and immunological characterization of camel calf rennet: a comparison with buffalo rennet. *Journal of dairy research*, 67(1), 73-81.

EL-AGAMY, E. I., NAWAR, M., SHAMSIA, S. M., AWAD, S., & HAENLEIN, G. F. (2009). Are camel milk proteins convenient to the nutrition of cow milk allergic children?. *Small Ruminant Research*, 82(1), 1-6.

ELAMIN, F. M., & WILCOX, C. J. (1992). Milk composition of Majaheim camels. *Journal of Dairy Science*, 75(11), 3155-3157.

EL-HATMI, H., GIRARDET, J. M., GAILLARD, J. L., YAHYAOU, M. H., & ATTIA, H. (2007). Characterisation of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrum. *Small Ruminant Research*, 70(2-3), 267-271.

ELIAS, R. J., MCCLEMENTS, D. J., & DECKER, E. A. (2005). Antioxidant activity of cysteine, tryptophan, and methionine residues in continuous phase β -lactoglobulin in oil-in-water emulsions. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(26), 10248-10253.

EL-WAZIRY, A. M., AL-OWAIMER, A. N., BASMAEIL, S., METWALLY, H., & SULIMAN, G. M. (2012). Carcass characteristics and meat quality in four Saudi camel breeds. *Journal of Animal and Veterinary Advances*, 11(17), 3100-3104.

EPSTEIN, H. (1971). *The origin of the domestic animals of Africa*. Africana publishing corporation. 719p.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Alimentation et nutrition n°28.

FARAH Z. (2011). Camel milk. *Encyclopedia of Dairy Sciences*, Second Edition, 3.

Références bibliographiques

FARAH, Z. (1993). Composition and characteristics of camel milk. *Journal of Dairy Research*, 60(4), 603-626.

FARAH, Z. (1996). Camel Milk Properties and Products. Swiss Centre for Development Cooperation in Technology and Management, SKAT, Switzerland.

FARAH, Z. (2004). Milk. In Z. Farah, A. Fisher (Eds), Milk and meat from the camel. Handbook on products and processing. P. 25-28. Zurich. Switzerland. Swiss Federal Institute of Technology.

FARAH, Z., & BACHMANN, M. R. (1987). Rennet coagulation properties of camel milk. *Milchwissenschaft*, 42(11), 689-692.

FARAH, Z., & FARAH-RIESEN, M. (1985). Separation and characterization of major components of camel milk casein. *Milchwissenschaft*, 40(11), 669-671.

FARAH, Z., & RUEGG, M. W. (1989). The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Structure*, 8(2), 6.

FARAH, Z., RETTENMAIER, R., & ATKINS, D. (1992). Vitamin content of camel milk. *International Journal for Vitamin and Nutrition Research*, 62(1), 30-33.

FARRELL JR, H. M., JIMENEZ-FLORES, R., BLECK, G. T., BROWN, E. M., BUTLER, J. E., CREAMER, L. K., ... & SWAISGOOD, H. E. (2004). Nomenclature of the proteins of cows' milk—Sixth revision. *Journal of dairy science*, 87(6), 1641-1674.

FAYE B, (1997). "*Guide d'élevage du dromadaire*". Edition CIRAD-EMVT, Montpellier, 126p.

FAYE, B., (2003): Performances et productivité laitière de la chamelle: les données de la littérature. Actes de l'Atelier International sur : "Lait de chamelle pour l'Afrique", 5-8 novembre, Niamey, Niger

FAYE, B., KONUSPAYEVA, G., & LOISEAU, G. (2010). Variability of urea concentration in camel milk in Kazakhstan. *Dairy science & technology*, 90(6), 707-713.

FAYE, B., KONUSPAYEVA, G., MESSAD, S., & LOISEAU, G. (2008). Discriminant milk components of Bactrian camel (*Camelus bactrianus*), dromedary (*Camelus dromedarius*) and hybrids. *Dairy Science & Technology*, 88(6), 607-617.

Références bibliographiques

FERHAT, I., ET MESSAI BOUBAKER, H. (2019). Etude physico-chimique et caractérisation de l'état de l'entreposage et de conservation frigorifique du lait camelin entre deux système d'élevage (extensif et semi-intensif). Mémoire de Master en Toxicologie. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.

FOLTMANN, B. (1966). A review on prorennin and rennin. *Compt. rend. trav. lab. Carlsberg*, 35, 143-231.

FOLTMANN, B. (1970). [28] Prochymosin and chymosin (prorennin and rennin). In *Methods in enzymology*, 19, 421-436). Academic Press.

FOLTMANN, B. (1992). Chymosin: a short review on foetal and neonatal gastric proteases. *Scandinavian Journal of Clinical and Laboratory Investigation*, 52(210), 65-79.

FOLTMANN, B., HARLOW, K., HOUEN, G., NIELSEN, P. K., & SANGILD, P. (1995). Comparative investigations on pig gastric proteases and their zymogens. In *Aspartic Proteinases* (pp. 41-51). Springer, Boston, MA.

FOX, P. F. (2001). Milk proteins as food ingredients. *International Journal of Dairy Technology*, 54(2), 41-55.

FRITSCHÉ, R. (2003). Animal models in food allergy: assessment of allergenicity and preventive activity of infant formulas. *Toxicology letters*, 140, 303-309.

GAILLARD, O. (2003). La trypsine (TIR). *Immuno analyse & biologie spécialisée*, 18(5), 254-255.

GARCÍA-NEBOT, M. J., CILLA, A., ALEGRÍA, A., & BARBERÁ, R. (2011). Caseinophosphopeptides exert partial and site-specific cytoprotection against H₂O₂-induced oxidative stress in Caco-2 cells. *Food chemistry*, 129(4), 1495-1503.

GARNIER, J., & DUMAS, B. R. (1970). Structure of the casein micelle. A proposed model. *Journal of Dairy Research*, 37(3), 493-505.

GAUCHERON, F. (2005). The minerals of milk. *Reproduction Nutrition Development*, 45(4), 473-483.

Références bibliographiques

GHALEM, R. (2015): Etude des caractéristiques physico-chimiques, Biochimiques du lait camelin pasteurisé, en comparaison avec le lait camelin cru. Mémoire de Master. Université Abou Baker Belkaid-Tlemcen.

GHASEMI M. (2007). Immobilisation de la trypsine sur un support de polyéthylène fonctionnalisé par voie plasma. Thèse de doctorat de l'université Pierre et Marie curie (Paris VI) Spécialité / Ecole doctorale Génie des Procédés et Haute Technologie.

GHENNAM E.H., ALLOUI-LOMBARKIA O., GHENNAM A. (2007). Evolution de quelques caractères physico-chimiques et flore microbienne du lait de dromadaire conservé aux températures ambiante et de réfrigération. Renc.Rech.Ruminants, 14.P. 109.

GNAN, S. O., & SHERIHA, A. M. (1986). Composition of Libyan camel's milk. *Australian Journal of Dairy Technology (Australia)*, 41, 33–35.

GORBAN, A. M., & IZZELDIN, O. M. (1997). Mineral content of camel milk and colostrum. *Journal of Dairy Research*, 64(3), 471-474.

GOUDA, A., ZAYAT, A., & SHABRAWY, S. A. (1984). Electron microscopy study on the size distribution of casein micelles, fat globules and fat globule membrane of camel milk. *Annals of Agricultural Science, Ain Shams University*, 20 (2), 755 –762.

GUILLOU, H., PELISSIER, J. P., & GRAPPIN, R. (1986). Méthodes de dosage des protéines du lait de vache. *Le lait*, 66(2), 143-175.

HABIB, H. M., IBRAHIM, W. H., SCHNEIDER-STOCK, R., & HASSAN, H. M. (2013). Camel milk lactoferrin reduces the proliferation of colorectal cancer cells and exerts antioxidant and DNA damage inhibitory activities. *Food Chemistry*, 141(1), 148-152.

HAMBRAEUS, L. (1982). Nutritional aspects of milk proteins. *Journal of Food and Nutrition*, 39, 1-13.

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.

HERNANDEZ-LEDESMA, B., DEL MAR CONTREAS, M., RECIO, I. (2011). Antihypertensive peptides: Production, bioavailability and incorporation into foods. *Advances in Colloid and Interface Science*, 165, 23-35.

HILL, R. D., LAHAV, E., & GIVOL, D. (1974). A rennin-sensitive bond in α s1 B-casein. *Journal of Dairy Research*, 41(1), 147-153.

HOLT, C. (1992). Structure and stability of bovine casein micelles. *Advances in Protein Chemistry*, 43. 63-151.

HUBER, R., KUKLA, D., BODE, W., SCHWAGER, P., BARTELS, K., DEISENHOFER, J., & STEIGEMANN, W. (1974). Structure of the complex formed by bovine trypsin and bovine pancreatic trypsin inhibitor: II. Crystallographic refinement at 1.9 Å resolution. *Journal of molecular biology*, 89(1), 73-101.

HUSSEIN, M. A. (1989). Husbandry and management of camels in Somalia, Ethiopia, Kenya and Djibouti. . CIHEAM, Options Méditerranéennes, 37-44.

HUSSEIN, H.J. (2011). Study to evaluation the camel milk. effect to inhibition Streptococcus spp., Staphylococcus spp. In patients with gingivitis . Al-Kufa J. Veter. Science.1(2), 20-27.

ISSELNANE, S. (2014). Caractérisation chromatographique et électrophorétique de l'extrait coagulant issu de caillettes de dromadaires adultes. Mémoire de Magister en Biologie. UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI DE TIZI-OUZOU. P12.

JRAD, Z., EL HATMI, H., ADT, I., GIRARDET, J. M., CAKIR-KIEFER, C., JARDIN, J., DEGRAEVE, P., KHORCHANI, T., & OULAHAL, N. (2014A). Effect of digestive enzymes on antimicrobial, radical scavenging and angiotensin I-converting enzyme inhibitory activities of camel colostrum and milk proteins. *Dairy Science & Technology*, 94(3), 205-224.

JRAD, Z., EL HATMI, H., ADT, I., KHORCHANI, T., DEGRAEVE, P., & OULAHAL, N. (2015). Antimicrobial activity of camel milk casein and its hydrolysates. *Acta Alimentaria*, 44(4), 609-616.

JRAD, Z., EL-HATMI, H., FGHIRI, I., ARROUM, S., ASSADI, M., ET KHORCHANI, T. (2013). Antibacterial activity of Lactic acid bacteria isolated from Tunisian camel milk. *African Journal of Microbiology Research*, 7(12), 1002-1008.

Références bibliographiques

JRAD, Z., GIRARDET, J. M., ADT, I., OULAHAL, N., DEGRAEVE, P., KHORCHANI, T., & EL HATMI, H. (2014). Antioxidant activity of camel milk casein before and after in vitro simulated enzymatic digestion. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 64(4), 287-294.

JRAD, Z., GIRARDET, J. M., ADT, I., OULAHAL, N., DEGRAEVE, P., KHORCHANI, T., & EL HATMI, H. (2014B). Antioxidant activity of camel milk casein before and after in vitro simulated enzymatic digestion. *Mljekarstvo: časopis za unaprjeđenje proizvodnje i prerade mlijeka*, 64(4), 287-294.

KADA NEE BENAKLI L; ANANE N. (2018). Caractérisation physicochimique et microbiologique de laits crus de chamelle et de vache- essai de coagulation par la présure. Mémoire de Master en Agro-alimentaire et Contrôle de qualité. Université MOULOUD MAMMERI de Tizi-Ouzou, 28p, 30p

KADIM, I.T., MAHGOUB, O., FAYE, B., FAROUK, M.M. (2013). Camel meat and meat products. CAB International (Library of Congress Cataloging-in Publication Data), p 259. ISBN 978-1-78064-101-0.

KAGEYAMA, T., ICHINOSE, M., TSUKADA-KATO, S., OMATA, M., NARITA, Y., MORIYAMA, A., & YONEZAWA, S. (2000). Molecular cloning of neonate/infant-specific pepsinogens from rat stomach mucosa and their expressional change during development. *Biochemical and biophysical research communications*, 267(3), 806-812.

KAMAL, 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. Thèse de Doctorat en Biologie. UNIVERSITE D'ARTOIS.

KAMOUN, M. (1990). La production de fromage à partir du lait de dromadaire. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires*, 12, 119-124.

KAMOUN, M. (1994). Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. Actes du Colloque : "Dromadaires et Chameaux animaux laitiers", Nouakchott, Mauritanie.

KAMOUN, M. (1995). Le lait de dromadaire: production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. *Options méditerranéennes, Séries séminaires*, 13, 81-103.

Références bibliographiques

- KAMOUN, M., & RAMET, J. P. (1989).** Conservation et transformation du lait de dromadaire. *Options Méditerranéennes. Série Séminaires*, 6, 229-231.
- KANSCI, G., GENOT, C., MEYNIER, A., GAUCHERON, F., & CHOBERT, J. M. (2004).** β -Caseinophosphopeptide (f1-25) confers on β -casein tryptic hydrolysate an antioxidant activity during iron/ascorbate-induced oxidation of liposomes. *Le Lait*, 84(5), 449-462.
- KAPPELER, S. (1998).** Composition and structural analysis of camel milk protéins with emphasis on protective proteins. Thèse de doctorat, Swiss federal institute of technology, Zurich.
- KAPPELER, S. R., FARAH, Z., & PUHAN, Z. (1998).** Sequence analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *Journal of Dairy Research*, 65(2), 209-222.
- KAPPELER, S. R., FARAH, Z., & PUHAN, Z. (2003).** 5'-Flanking regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *Journal of Dairy Science*, 86(2), 498-508.
- KAUFFMAN, D. L. (1965).** The disulphide bridges of trypsin. *Journal of molecular biology*, 12(3), 929.
- KHAN, B. B., ARSHAD, I., & RIAZ, M. (2003).** *Production and management of camels*. University of Agriculture, Faisalabad, Department of Livestock Management.
- KHASKHELI, M., ARAIN, M. A., CHAUDHRY, S., SOOMRO, A. H., & QURESHI, T. A. (2005).** Physico-chemical quality of camel milk. *Journal of Agriculture and Social Sciences*, 2, 164-166.
- KHEROUATOU, N. (2004).** La micelle du lait camelin : caractérisation physico-chimique, rhéologique, biochimique et technofonctionnelle. Thèse de Doctorat, ENIS, Sfax, Tunisie,
- KIHAL, M., CHEKROUN, A., BENSOLTANE, A., KHEROUA, O., & SAIDI, D. (1999).** Characterization of Algeria raw camels' milk: proteins content and native lactic acid bacteria. In *1st Conference on Camel Research, May 25 to* (Vol. 27).
- KONUSPAYEVA, G., FAYE, B., LOISEAU, G., & LEVIEUX, D. (2007).** Lactoferrin and immunoglobulin contents in camel's milk (*Camelus bactrianus*, *Camelus dromedarius*, and Hybrids) from Kazakhstan. *Journal of Dairy Science*, 90(1), 38-46.

Références bibliographiques

KUMAR, A., GROVER, S., SHARMA, J., & BATISH, V. K. (2010). Chymosin and other milk coagulants: sources and biotechnological interventions. *Critical Reviews in Biotechnology*, 30(4), 243-258.

KUMAR, D., CHATLI, M. K., SINGH, R., MEHTA, N., & KUMAR, P. (2016a). Enzymatic hydrolysis of camel milk casein and its antioxidant properties. *Dairy Science & Technology*, 96(3), 391-404.

KUMAR, D., MANISH-KUMAR, C., RAGHVENDAR, S., MEHTAA, N., & KUMAR, P. (2016 b). Antioxidant and antimicrobial activity of camel milk casein hydrolysates and its fractions. *Small Ruminant Research*, 139, 20–25.

KUMAR, D., SAVITRI, T. N., VERMA, R., & BHALLA, T. C. (2008). Microbial proteases and application as laundry detergent additive. *Research Journal of Microbiology*, 3(12), 661-672.

KUMAR, D., VERMA, A. K., CHATLI, M. K., SINGH, R., KUMAR, P., MEHTA, N., & MALAV, O. P. (2016). Camel milk: alternative milk for human consumption and its health benefits. *Nutrition & Food Science*, 46 (2), 217–227.

LARSSON-RAZNIKIEWICZ, M., MOHAMED, M. A. (1994). Camel's (Camelus dromedarius) Milk : properties important for processing procedures and nutritional value. Actes du Colloque : « Dromadaires et chameaux animaux laitiers », 24- 26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

LHOTE, H. (1987). *Chameau et Dromadaire en Afrique du Nord et au Sahara: Recherches sur leurs Origines*. Office national des approvisionnements et des services agricoles. 161 'p'

LÓPEZ-EXPÓSITO, I., GÓMEZ-RUIZ, J. Á., AMIGO, L., & RECIO, I. (2006). Identification of antibacterial peptides from ovine α 2-casein. *International Dairy Journal*, 16(9), 1072-1080.

LÓPEZ-FANDIÑO, R., OTTE, J., & VAN CAMP, J. (2006). Physiological, chemical and technological aspects of milk-protein-derived peptides with antihypertensive and ACE-inhibitory activity. *International Dairy Journal*, 16(11), 1277-1293.

Références bibliographiques

LOWRY, O. H., ROSEBROUGH, N. J., FARR, A. L., & RANDALL, R. J. (1951). Protein measurement with the Folin phenol reagent. *Journal of biological chemistry*, 193, 265-275.

MAGJEED, N. A. (2005). Corrective effect of milk camel on some cancer biomarkers in blood of rats intoxicated with aflatoxin B1. *J. Saudi Chem. Soc*, 9(2), 253-263.

MAHBOUB, N. (2009). Contribution à l'amélioration de la fromageabilité du lait camelin : Etude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines (type présure). Thèse de Magister en sciences Biologiques. Université Kasdi Merbah – Ouargla, Algérie.

MAHBOUB, N., TELLI, A., SIBOUKEUR, O., BOUDJENAH, H.S., SLIMANI, N., ET MATI, A. (2010). Contribution à l'amélioration de l'aptitude fromagère du lait camelin : étude des conditions de conservation des enzymes gastriques camelines. *Annales des Sciences et Technologie* (2) N° 1, p. 71-79.

MAL, G., & PATHAK, K. M. L. (2010). Camel milk and milk products. *SMVS'Dairy year book*, 2010, 97-103.

MARCHIN, S., PUTAUX, J. L., PIGNON, F., & LÉONIL, J. (2007). Effects of the environmental factors on the casein micelle structure studied by cryo transmission electron microscopy and small-angle x-ray scattering/ultrasmall-angle x-ray scattering. *The Journal of chemical physics*, 126(4), 95-101.

MCLACHLAN, C. N. S. (2001). β -casein A1, ischaemic heart disease mortality, and other illnesses. *Medical Hypotheses*, 56(2), 262-272.

MEDART, J. (2005). –Les trouble digestifs et la dysbiose. In : Manuel pratique de nutrition. Edition : de Boeck, 162-184.

MEDHAMMAR, E., WIJESINHA-BETTONI, R., STADLMAYR, B., NILSSON, E., CHARRONDIERE, U. R., & BURLINGAME, B. (2012). Composition of milk from minor dairy animals and buffalo breeds: a biodiversity perspective. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 92(3), 445-474.

MEDJOUR, A. (2014). Etude comparative des caractéristiques physico- chimiques du lait collecté à partir de chamelles (*Camelus dromedarius*) conduites selon deux systèmes

Références bibliographiques

d'élevage (extensif et semiintensif). Thèse de Magister en Biologie appliquée. Université Mohamed Khider De Biskra.

MEHAIA, M. A. (1996). Chemical composition of camel skim milk concentrated by ultrafiltration. *International Dairy Journal*, 6(7), 741-752.

MEHAIA, M. A., HABLAS, M. A., ABDEL-RAHMAN, K. M., & EL-MOUGY, S. A. (1995). Milk composition of majaheim, wadiah and hamra camels in Saudi Arabia. *Food chemistry*, 52(2), 115-122.

MEILOUD, G. M., BOURAYA, I. O., SAMB, A., & HOUMEIDA, A. (2011). Composition of mauritanian camel milk: results of first study. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(1), 145-147.

MIETTON, B., DESMAZEAUD, M., DE ROISSART, H., ET WEBER F. (1994). Transformation du lait en fromage. Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et technologiques. In : De Roissart H., & Luquet F.M. (Eds.).Tech. Doc. Paris, France : Lavoisier, 2, 55–133.

MIKES, O., TOMASEK, V., HOLEYSOVSKÝ, V., & ŠORM, F. (1966). Covalent structure of bovine trypsinogen. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 117(1), 281-284.

MOHAMED, M. A., LARSSON-RAZNIKIEWICZ, M., & MOHAMUD, M. A. (1990). Hard cheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, 45(11), 716-718.

NGUYEN-THI, P., DUPAS, C., ADT, I., DEGRAEVE, P., RAGON, M., MISSAOUI, M. F., NOVELLI, E., SEGATO, S., THE, D.P., & OULAHAL, N. (2014). Partial characterisation of peptides inhibiting *Listeria* growth in two Alpine cheeses. *Dairy Science & Technology*, 94(1), 61-72.

OCHIRKHUYAG, B., CHOBERT, J. M., DALGALARRONDO, M., CHOISSET, Y., & HAERTLÉ, T. (1997). Characterization of caseins from Mongolian yak, khainak, and Bactrian camel. *Le Lait*, 77(5), 601-613.

OMANE, K., & ZROUG, H. (2016). Etude comparative de l'activité antibacterienne du lait et du colostrum humains, camelins, bovins, ovins et caprins dans la wilaya d'El-oued. Mémoire de Master : Sciences Biologiques. Université Echahid Hamma Lakhdar -El OUED.

Références bibliographiques

OU, B., HAMPSCH-WOODILL, M., & PRIOR, R. L. (2001). Development and validation of an improved oxygen radical absorbance capacity assay using fluorescein as the fluorescent probe. *Journal of agricultural and food chemistry*, 49(10), 4619-4626.

OUANGO, J. (2011). les affections pancreatiques : aspects epidemiologiques, cliniques, para cliniques et therapeutiques dans le service d'hepato gastro-entrerologie du centre hospitalier universitaire yalgado ouedraogo. Thèse de doctorat. Universite de Ouagadougou; 19 p.

OULAD BELKHIR, A. (2018). Caractérisation des populations camelines du Sahara septentrional Algérien. Evaluation de la productivité et valorisation des produits. Thèse de doctorat en sciences agronomiques. UNIVERSITE KASDI MERBAH- OUARGLA. P10.

OUSSAIEF, O., JRAD, Z., ADT, I., DBARA, M., KHORCHANI, T., & EL-HATMI, H. (2020). Antioxidant activities of enzymatic-hydrolysed proteins of dromedary (*Camelus dromedarius*) colostrum. *International Journal of Dairy Technology*, 73(2), 333-340.

PALMER, D. S., CHRISTENSEN, A. U., SØRENSEN, J., CELIK, L., QVIST, K. B., & SCHIØTT, B. (2010). Bovine chymosin: a computational study of recognition and binding of bovine κ -casein. *Biochemistry*, 49(11), 2563-2573.

PARROT, S., DEGRAEVE, P., CURIA, C., & MARTIAL-GROS, A. (2003). In vitro study on digestion of peptides in Emmental cheese: analytical evaluation and influence on angiotensin I converting enzyme inhibitory peptides. *Food/Nahrung*, 47(2), 87-94.

PEDERSEN, V.B., CHRISTENSEN, K.A., AND FOLTMANN, B. (1979). Investigations on the activation of bovine prochymosin. *Eur. J. Biochem.*, 94, 573-580.

PETIT, H. V., IVAN, M., & BRISSON, G. J. (1987). Duodenal flow of digesta in preruminant calves fed clotting or nonclotting milk replacer. *Journal of dairy science*, 70(12), 2570-2576.

PIGNON, F., BELINA, G., NARAYANAN, T., PAUBEL, X., MAGNIN, A., & GÉSANGUIZIOU, G. (2004). Structure and rheological behavior of casein micelle suspensions during ultrafiltration process. *The Journal of chemical physics*, 121(16), 8138-8146.

PIHLANTO, A. (2006). Antioxidative peptides derived from milk proteins. *International dairy journal*, 16(11), 1306-1314.

Références bibliographiques

- RAHIMI, M., GHAFFARI, S. M., SALAMI, M., MOUSAVY, S. J., NIASARI-NASLAJI, A., JAHANBANI, R., YOUSEFINEJAD, S., KHALESI, M., & MOOSAVI-MOVAHEDI, A. A. (2016).** ACE-inhibitory and radical scavenging activities of bioactive peptides obtained from camel milk casein hydrolysis with proteinase K. *Dairy Science & Technology*, 96(4), 489-499.
- RAHLI, F. (2014):**Valorisation du lait de chamelle par l'exploitation des potentialité des bactéries lactiques isolées localement.These de doctorat (LMD).Université D'Oran-1-.
- RAISONNIER, A. (2004 JANVIER).** Digestion- Détoxification Université Paris-VI faculté de médecine pierre de marie curie.
- RAMET, J. P. (1993).** *La technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromedarius)* (Vol. 113). Food & Agriculture Org..
- RAMPILLI, M., LARSEN, R., & HARBOE, M. (2005).** Natural heterogeneity of chymosin and pepsin in extracts of bovine stomachs. *International dairy journal*, 15(11), 1130-1137.
- RE, R., PELLEGRINI, N., PROTEGGENTE, A., PANNALA, A., YANG, M., & RICE-EVANS, C. (1999).** Antioxidant activity applying an improved ABTS radical cation decolorization assay. *Free radical biology and medicine*, 26(9-10), 1231-1237.
- REN, J., ZHAO, M., SHI, J., WANG, J., JIANG, Y., CUI, C., KAKUDA, Y. & XUE, S. J. (2008).** Purification and identification of antioxidant peptides from grass carp muscle hydrolysates by consecutive chromatography and electrospray ionization-mass spectrometry. *Food Chemistry*, 108(2), 727-736.
- RICHARD, D. (1989).** Connaissances actuelles sur les besoins et recommandations nutritionnelles pour les dromadaires. CIHEAM, Options Méditerranéennes, 181-184.
- RIVAL, S. G., FORNAROLI, S., BOERIU, C. G., & WICHERS, H. J. (2001).** Caseins and casein hydrolysates. 1. Lipoxygenase inhibitory properties. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 49(1), 287-294.
- SADAT, L., CAKIR-KIEFER, C., N'NEGUE, M. A., GAILLARD, J. L., GIRARDET, J. M., & MICLO, L. (2011).** Isolation and identification of antioxidative peptides from bovine α -lactalbumin. *International Dairy Journal*, 21(4), 214-221.

Références bibliographiques

SALAH, S. (2008). Etude de l'hydrolyse enzymatique par la trypsine et la chymotrypsine des protéines du lactosérum bovin combinée aux rayonnements des micro-ondes. Mémoire de Magister de l'université d'Oran Es-Sénia.

SALAMI, M., MOOSAVI-MOVAHEDI, A. A., MOOSAVI-MOVAHEDI, F., EHSANI, M. R., YOUSEFI, R., FARHADI, M., NIASARI-NASLAJI, A, SABOURY, A.A, CHOBERT JM., & HAERTLE, T. (2011). Biological activity of camel milk casein following enzymatic digestion. *Journal of dairy research*, 78(4), 471-478.

SALAMI, M., YOUSEFI, R., EHSANI, M. R., DALGALARRONDO, M., CHOBERT, J. M., HAERTLÉ, T., RAZAVI S. H., SABOURY A. A., NIASARI-NASLAJI A., & MOOSAVI-MOVAHEDI, A. A. (2008). Kinetic characterization of hydrolysis of camel and bovine milk proteins by pancreatic enzymes. *International Dairy Journal*, 18(12), 1097-1102.

SALEY, M. (1993). La Production Laitière du Dromadaire. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.

SALMEN, S. H., ABU-TARBOUSH, H. M., AL-SALEH, A. A., & METWALLI, A. A. (2012). Amino acids content and electrophoretic profile of camel milk casein from different camel breeds in Saudi Arabia. *Saudi journal of biological sciences*, 19(2), 177-183.

SANDRA, I. (2001). Contribution a l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière :Thèse pour obtenir le grade de docteur vétérinaire .Ecole nationale vétérinaire Toulouse.

SAWAYA, W. N., KHALIL, J. K., AL-SHALHAT, A., & AL-MOHAMMAD, H. (1984). Chemical composition and nutritional quality of camel milk. *Journal of Food Science*, 49(3), 744-747.

SBOUI, A., KHORCHANI, T., DJEGHAM, M., & 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. *Afrique science: revue internationale des sciences et technologie*, 5(2), 293-304.

SCHMIDT, D. G. (1980). Colloidal aspects of casein. *Netherlands Milk and Dairy Journal*, 34(1), 42-64.

Références bibliographiques

SCHMIDT, D. G. (1982). Association of caseins and casein micelle structure. In Developments of Dairy Chemistry-1. Proteins. Applied Science Publishers, London and New York.

SENOUSSI, C. (2011) .les protéines sériques du lait camelin collecté dans trois régions du sud algériens : essais de séparation et caractérisation de la fraction protéose peptone ; Thèse Magister, Université Mouloud Mammeri 04.

SHAMSIA, S. M. (2009). Nutritional and therapeutic properties of camel and human milks. *International Journal of Genetics and Molecular Biology*, 1(4), 052-058.

SIBOUKEUR O. (2011). Potentiel nutritif du lait collecté localement à partir de chamelle « Population Sahraoui » : un atout pour la sécurité alimentaire de la population locale, Université KASDI MERBAH - Ouargla- Algérie,

SIBOUKEUR, O. (2007). Etude du lait camelin collecté localement :caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse de Doctorat. Sciences Agronomiques. Université INA EL Harrach-Alger

SIBOUKEUR, O., MATI, A., & HESSAS, B. (2005). Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait cameline (*Camelus dromedarius*): utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers agricultures*, 14(5), 473-478.

SIDDIG, S. M., SULIEMAN, A. M. E., SALIH, Z. A., & ABDELMUHSIN, A. A. (2016). Quality characteristics of white cheese (Jibnabeida) produced using camel milk and mixture of camel milk and cow milk. *Int J Food Sci Nutr*, 6, 49-54.

SILVA, S. V., & MALCATA, F. X. (2005). Caseins as source of bioactive peptides. *International dairy journal*, 15(1), 1-15.

SILVA, S. V., PIHLANTO, A., & MALCATA, F. X. (2006). Bioactive peptides in ovine and caprine cheeselike systems prepared with proteases from *Cynara cardunculus*. *Journal of dairy science*, 89(9), 3336-3344.

SOLIMAN, G. Z. (2005). Comparison of chemical and mineral content of milk from human, cow, buffalo, camel and goat in Egypt. *The Egyptian Journal of Hospital Medicine*, 21(1), 116-130.

Références bibliographiques

SOUID, W. (2011). Effet des bactériocines (type NISINE) produites par une souche lactique isolée à partir du fromage camelin, sur une souche psychotrope. Mémoire de Magister. Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers, département des Sciences de la Nature et de la Vie (option : Microbiologie appliquée). Université Kasdi Merbah-Ouargla.

TANG, X., HE, Z., DAI, Y., XIONG, Y. L., XIE, M., & CHEN, J. (2010). Peptide fractionation and free radical scavenging activity of zein hydrolysate. *Journal of agricultural and food chemistry*, 58(1), 587-593.

VIGNOLA C. (2002). Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition.

WAKABAYASHI, H., YAMAUCHI, K., & TAKASE, M. (2006). Lactoferrin research, technology and applications. *International Dairy Journal*, 16(11), 1241-1251.

WALSTRA, P. (1990). On the stability of casein micelles. *Journal of dairy science*, 73(8), 1965-1979.

WANGO, J. (1997). Chemical and Technological Properties of Camel (*Camelus dromedarius*) Milk. Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.

WANGO, J., FARAH, Z., & PUHAN, Z. (1998). Iso-electric focusing of camel milk proteins. *International Dairy Journal*, 8(7), 617-621.

WAUGH, D. F., SLATTERY, C. W., & CREAMER, L. K. (1971). Binding of cations to caseins. Site binding, Donnan binding, and system characteristics. *Biochemistry*, 10(5), 817-823.

WU, H. C., CHEN, H. M., & SHIAU, C. Y. (2003). Free amino acids and peptides as related to antioxidant properties in protein hydrolysates of mackerel (*Scomber austriasicus*). *Food research international*, 36(9-10), 949-957.

XIE, N., WANG, C., AO, J., & LI, B. (2013). Non-gastrointestinal-hydrolysis enhances bioavailability and antioxidant efficacy of casein as compared with its in vitro gastrointestinal digest. *Food research international*, 51(1), 114-122.

YAGIL, R. (1982). Camels and camel milk. In Animal production and health paper n° 26. P. 1-69. Publication FAO. Rome.

Références bibliographiques

YAGIL, R. (1985). *The desert camel. Comparative physiological adaptation.* Karger, 109-120.

YAGIL, R., & ETZION, Z. (1980). Effect of drought condition on the quality of camel milk. *Journal of Dairy Research*, 47(2), 159-166.

ZEUNER, F. E. (1963). A history of domesticated animals. *A history of domesticated animals.* p537.

ZHANG, H., YAO, J., ZHAO, D., LIU, H., LI, J., & GUO, M. (2005). Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation. *Journal of Dairy Science*, 88(10), 3402-3410.

ZHAO, D. B., BAI, Y. H., & NIU, Y. W. (2015). Composition and characteristics of Chinese Bactrian camel milk. *Small Ruminant Research*, 127, 58-67.

ZHOU, D. Y., ZHU, B. W., QIAO, L., WU, H. T., LI, D. M., YANG, J. F., & MURATA, Y. (2012). In vitro antioxidant activity of enzymatic hydrolysates prepared from abalone (*Haliotis discus hannai* Ino) viscera. *Food and Bioprocess Processing*, 90(2), 148-154.

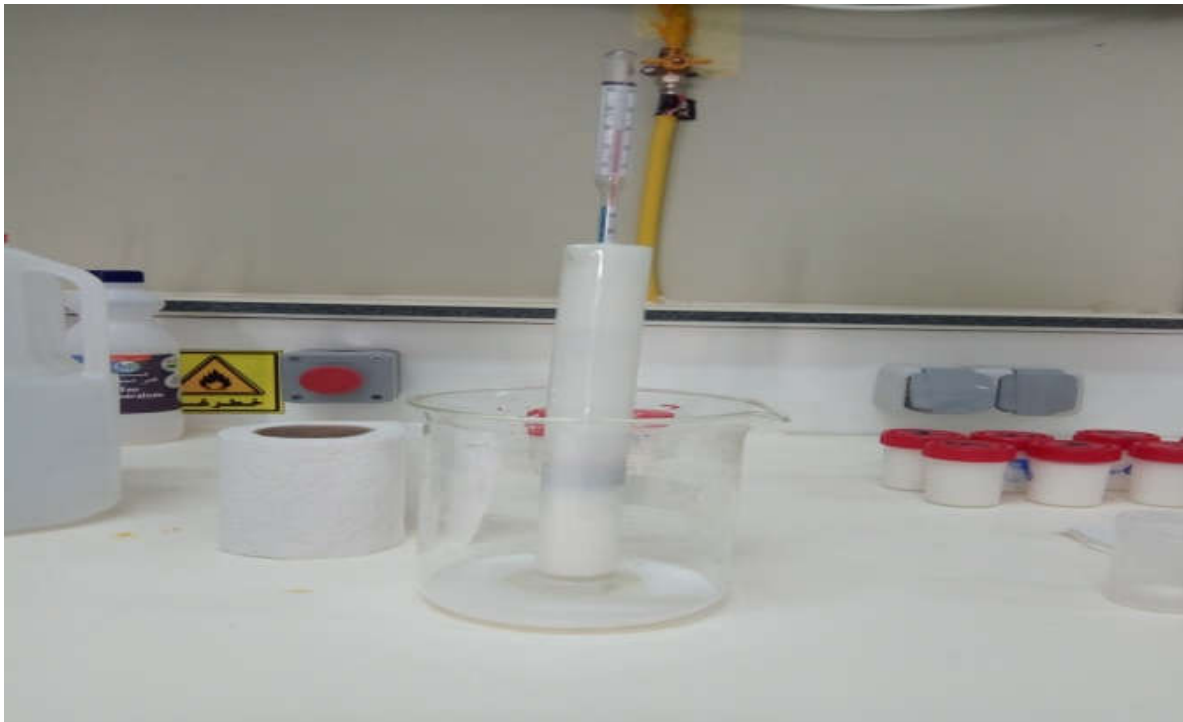
Annexes

Annexes

Annexe 01: Détermination de L' acidité dornic (bécher A : lait témoin, bécher B : Après titrage « virage au rose »)



Annexe 02: Mesure de la densité par thermo-lactodensimétrie (thermo-lactodensimètre marque Nathia) (Photo personnelle, 2020)



Annexe 03: Mesure de pH

Appareillage et réactifs:

- 100 ml de lait de chamelle cru.
- Bécher de 150 ml.
- pH –mètre.

Mode opératoire:

- Introduction de l'électrode de pH-mètre préalablement étalonné dans un bécher contenant 100 ml de lait de chamelle à 25°C.
- La valeur affichée sur l'écran de l'appareil correspond au pH de lait à 25°.

Annexe 04: Détermination de la teneur en protéines par la méthode de LOWRY *et al.* (1951)

✓ Solutions

A. Réactif formant un complexe : Préparer immédiatement avant utilisation en mélangeant les

trois solutions mères suivantes A, B et C dans la proportion de 100/1/1 (v: v: v), respectivement.

- Solution A : Na₂CO₃ à 2% (p / v) dans de l'eau distillée.
- Solution B : CuSO₄ 5H₂O à 1% (p / v) dans de l'eau distillée.
- Solution C : 2% (p / v) de tartrate de sodium et de potassium dans de l'eau distillée.

B. Solution de NaOH (2N).

C. Réactif de Folin (disponible dans le commerce) : Utiliser à une concentration de 1N.

✓ Gamme d'étalon

Standards : Utilisez une solution mère de protéine standard (fraction V d'albumine de sérum bovin, par exemple) contenant 4 mg / ml de protéine dans de l'eau distillée conservée congelée à -20 ° C. Préparez les standards en diluant la solution mère avec de l'eau distillée comme suit :

Annexes

Numéro de	1	2	3	4	5	6	7
Dilution							
Solution mère de BSA μl	0	25	50	100	200	400	500
Eau distillée	500	475	450	400	300	100	0
Concentration en BSA μg/ml	0	50	100	200	400	800	1000

✓ Méthode

1- A 0,1 ml d'échantillon ou d'étalon, ajoutez 0,1 ml de NaOH. Hydrolyser à 100°C pendant 10 min dans un bloc chauffant ou un bain-marie bouillant.

2- Refroidissez l'hydrolysate à la température ambiante et ajoutez 1 ml de réactif formant un complexe fraîchement mélangé. Laisser la solution reposer à température ambiante pendant 10 min.

La réaction est très dépendante du pH et il est donc important de maintenir le pH entre 10 et 10,5. Faites donc attention lorsque vous analysez des échantillons qui se trouvent dans une zone tampon forte en dehors de cette plage.

La période d'incubation n'est pas critique et peut varier de 10 min à plusieurs heures sans affecter l'absorbance finale.

3- Ajoutez 0,1 ml de réactif de Folin à l'aide d'un mélangeur vortex et laissez le mélange reposer à température ambiante pendant 30 à 60 minutes (ne dépassez pas 60 minutes). L'agitation par vortex est essentielle dans cette étape pour obtenir des résultats reproductibles.

Le réactif de Folin ne réagit que brièvement dans ces conditions alcalines, étant instable en milieu alcalin, il convient donc de veiller à ce que le mélange soit complet.

4- Lire l'absorbance à 750 nm si la concentration en protéine était inférieure à 500 μ g/ml ou à

Annexes

550 nm si la concentration en protéine était comprise entre 100 et 2000 $\mu\text{g} / \text{ml}$.

✓ **Expression des résultats :**

Une courbe d'étalonnage d'absorbance, en fonction de la concentration en protéines initiale, est tracée. Puis les concentrations en protéines inconnues sont déterminées.



Dosage des protéines du lait par la méthode de Lowry (1951). Coloration de la solution protéique après l'ajout de réactif de Folin-Ciocalteu (Photo originelle, 2020).

Annexes

Annexe 05: Les types des appareils utilisés au cours de l'expérimentation.



Spectrophotomètre



Balance de précision



Bain marie



Centrifugeuse



Agitateur magnétique



Lyophilisateur à plateau



pH-mètre

Intitulé : Etude de l'impact des certaines enzymes protéolytiques sur quelques effets biologiques des peptides issus de la digestion des caséines camelines

Résumé : Le lait de chamelle contient en son sein des substances antioxydantes naturelles (les vitamines et les enzymes), riche en molécules antibactériennes (lysozymes, lactoferrine et etc.). Des études ont ainsi rapporté que même les protéines camelines et/ou leurs hydrolysats peuvent présenter une activité antioxydante et antibactérienne. Dans le cadre de ce travail nous nous sommes intéressées à évaluer *in vitro* l'activité antioxydante et antibactérienne des caséines camelines avant et après hydrolyses enzymatiques tout en imitant les conditions *in vivo*. Dans le même contexte, on cherche à connaître la capacité de chaque enzyme digestive utilisée de produire un effet antioxydant et antibactérien qui lui est propre, c'est la spécificité de chacune qui lui permet de déchiffrer l'encodage contenu dans la séquence protéique afin de libérer des peptides bioactifs. Dans cette étude 11 échantillons du lait camelin ont été collectés. Les analyses physicochimiques ont montré que la valeur de pH est de $6,42 \pm 0,13$, l'acidité Dornic est de $17,72^\circ\text{D} \pm 2,10$ et la densité est de $1,0252 \pm 0,0026$, d'autre part le dosage protéines réalisé sur les différentes fractions protéiques (protéines totales, protéines lactosériques et caséines) a montré que ce lait est riche en caséines avec un taux de $24,03\text{g/l} \pm 1,27$. Par la suite les caséines ont été séparées du reste de lait, lavées puis lyophilisées. Une portion de ces dernières, a été hydrolysées par des enzymes digestives (pepsine et pancréatine) et l'autre a été laissées intacte. Ainsi, quatre fractions ont été préparées : caséines natives totales (CNT), hydrolysats pepsique de caséines (H-PEP), hydrolysats pancréatique de caséines (HE PEN) et hydrolysats pepsique/pancréatique (H-PEP/HE PEN). Ces fractions ont été utilisées pour évaluer leurs activités antioxydante et antimicrobienne. Le test de FRAP a montré que comparativement aux caséines natives, les hydrolysats exercent un pouvoir réducteur plus important avec des concentrations 20mg/ml , DO : 700 nm , les absorbances enregistrées : $0,104$ pour CNT, $0,134$ pour H-PEP, $0,231$ pour HE PEN et $0,280$ pour H-PEP/HE PEN. L'enquête menée sur les résultats retrouvés par plusieurs auteurs concernant l'activité antimicrobienne, avant et après hydrolyse par des enzymes digestives contre des souches bactériennes (Gram+ et -) a montré que l'effet antibactérien est quasi-absent chez les caséines intactes mais il paraît, une fois ces protéines sont hydrolysées et avec de nuances différentes entre chaque enzymes et l'autre. Cela suggère que des fragments peptidiques antibactériens dérivés des caséines camelines ont été libérés. Les enzymes digestives possèdent un rôle clé dans la production de l'effet biologique et chacune d'elles a sa propre capacité de produire cet effet.

Mots clés: caséines camelines, hydrolyse enzymatique, activité antioxydante, activité antibactérienne, FRAP.

ملخص : يحتوي حليب الإبل على مواد طبيعية مضادة للأكسدة (فيتامينات وأنزيمات) ، غنية بالجزئيات المضادة للبكتيريا (الليزوزيمات واللاكتوفيرين الخ ...) وقد أفادت الدراسات أنه حتى بروتينات الإبل و / أو تحللها المائي يمكن أن تظهر نشاطاً مضاداً للأكسدة و مضاد للبكتيريا . كجزء من هذا العمل، نحن مهتمون بتقييم النشاط المضاد للأكسدة والبكتيريا في المختبر لكازين الإبل قبل وبعد التحلل المائي الأنزيمي أثناء محاكاة ظروف الجسم الحي. في نفس السياق، نسعى لمعرفة قدرة كل إنزيم هضمي يستخدم لإنتاج تأثير مضاد للأكسدة ومضاد للبكتيريا خاص به، فإن خصوصية كل منها هي التي تسمح له بفك تشفير الترميز الموجود في تسلسل البروتين من أجل الإفراج عن البيبتيدات النشطة بيولوجيا. في هذه الدراسة تم جمع 11 عينة من حليب النوق. أظهرت التحليلات الفيزيائية والكيميائية أن قيمة الأس الهيدروجيني هي 6.42 ± 0.13 ، حموضة دورنيك 17.72 درجة د ± 2.10 والكثافة 1.0252 ± 0.0026 ، من ناحية أخرى، أظهر فحص البروتين الذي تم إجراؤه على أجزاء البروتين المختلفة (إجمالي البروتينات وبروتينات مصل اللبن والكازين) أن هذا الحليب غني بالكازين بمعدل 24.03 جم / لتر ± 1.27 . تم فصله عن باقي الحليب وغسله ثم تجفيفه بالتجميد. تم تحليل جزء منها بواسطة الإنزيمات الهاضمة (الببسين والبنكرياتين) وترك الجزء الآخر دون مساس. وهكذا ، تم تحضير أربعة كسور: الكازين الأصلي الكلي (CNT) ، تحلل الببسي للكازين (H-PEP) ، تحلل البنكرياتين للكازين (HE PEN) ، تحلل الببسين والبنكرياتين للكازين (H-PEP/HE PEN) ، تم استخدام هذه الفصائل لتقييم أنشطتها المضادة للأكسدة والميكروبات. أظهر اختبار FRAP أنه بالمقارنة مع الكازين الأصلي ، تمارس التحلل المائي قوة اختزال أكبر بتركيز 20 مجم / مل ، OD: 700 نانومتر ، الامتصاص المسجل: 0.104 لـ CNT ، 0.134 لـ H-PEP ، 0.231 لـ HE PEN و 0.280 لـ H-PEP / HE PEN. أظهر البحث الذي تم إجراؤه على النتائج التي توصل إليها العديد من المؤلفين فيما يتعلق بالنشاط المضاد للميكروبات ، قبل وبعد التحلل المائي بواسطة الإنزيمات الهاضمة ضد السلالات البكتيرية (Gram + و -) أن التأثير المضاد للبكتيريا يكاد يكون غائباً في الكازين السليم ولكن يبدو ، بمجرد تحلل هذه البروتينات وبفروق دقيقة مختلفة بين كل إنزيم والآخر. يشير هذا إلى أنه تم إطلاق شظايا البيبتيد المضاد للبكتيريا المشتقة من كازين الإبل. تلعب الإنزيمات الهاضمة دوراً رئيسياً في إنتاج التأثير البيولوجي ، ولكل منها قدرتها الخاصة على إنتاج هذا التأثير.

الكلمات المفتاحية: كازين الإبل ، التحلل الأنزيمي ، النشاط المضاد للأكسدة ، النشاط المضاد للبكتيريا ، FRAP.

Abstract : Camel milk contains natural antioxidant substances (vitamins and enzymes) with in it, rich in antibacterial molecules (lysozymes, lactoferrin and etc.). Studies have thus reported that even camel proteins and / or their hydrolysates can exhibit antioxidant and antibacterial activity. As part of this work we were interested in evaluating *in vitro* the antioxidant and antibacterial activity of camel caseins before and after enzymatic hydrolyses while mimicking *in vivo* conditions. In the same context, we seek to know the capacity of each digestive enzyme used to produce an antioxidant and antibacterial effect of its own, it is the specificity of each that allows it to decipher the encoding contained in the protein sequence in order to release bioactive peptides. In this study 11 samples of camel milk were collected. Physicochemical analyzes have shown that the pH value is 6.42 ± 0.13 , the Dornic acidity is $17.72^\circ\text{D} \pm 2.10$ and the specific gravity is 1.0252 ± 0.0026 , of on the other hand, the protein assay carried out on the different protein fractions (total proteins, whey proteins and caseins) showed that this milk is rich in caseins with a rate of $24.03\text{ g / l} \pm 1.27$. Subsequently, the caseins were separated from the rest of the milk, washed and then lyophilized. A portion of these was hydrolyzed by digestive enzymes (pepsin and pancreatin) and the other was left intact. Thus, four fractions were prepared: total native caseins (CNT), pepsin hydrolyzate of caseins (H-PEP), pancreatic hydrolyzate of caseins (HE PEN) and pepsin / pancreatic hydrolyzate (H-PEP / HE PEN). These factions have been used to assess their antioxidant and antimicrobial activities. The FRAP test showed that compared to native caseins, the hydrolysates exert a greater reducing power with 20 mg / ml concentration, OD: 700 nm , the absorbances recorded: 0.104 for CNT, 0.134 for H-PEP, 0.231 for HE PEN and 0.280 for H-PEP / HE PEN. The investigation carried out on the results found by several authors concerning antimicrobial activity, before and after hydrolysis by digestive enzymes against bacterial strains (Gram + and -) showed that the antibacterial effect is almost absent in intact caseins but it seems, once these proteins are hydrolyzed and with different nuances between each enzyme and the other. This suggests that antibacterial peptide fragments derived from camel caseins have been released. Digestive enzymes have a key role in producing the biological effect, and each has its own ability to produce this effect.

Key words: camel caseins, enzymatic hydrolysis, antioxidant activity, antibacterial activity, FRAP

