

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère De L'enseignement Supérieur et de La Recherche
Scientifique
Tasdawit Mulud At Maamar

Facultés des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie et Microbiologie



MASTER

Domaine : Sciences de la Nature et la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

**Étude comparative des propriétés physico-chimiques
et technofonctionnelles de lactosérum bovin et camelin
issus de trois productions fromagères**

Spécialité : Biochimie de la Nutrition

Mémoire présenté par

BELHADEF Maroua et MATOUK Taous

Préparé dans le Laboratoire Pédagogique de Biochimie

Devant le jury composé de

Mme BEDOUHENE FENANE S.	MCA	UMMTO	Président
Mme. ALMI SEBBANE D.	MCA	UMMTO	Examineur
Mme SI AHMED ZENNIA S.	MCA	UMMTO	Rapporteur

Année universitaire 2023/2024

REMERCIEMENTS

Merci à toi, Dieu, autant de fois qu'il y a de particules dans l'univers, d'eau dans la mer et de vies sur terre.

Au terme de ce travail, nous tenons particulièrement à exprimer notre profonde gratitude à notre promotrice Mme SI AHMED ZENNIA Saliha maitre de conférences à l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour ses orientations, sa patience, sa confiance et ses conseils, tout au long de ce parcours scientifique

Nous tenons également à remercier Mme BEDOUHENE FENANE Samia, maitre de conférences à l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour avoir accepté de présider notre jury et Mme ALMI SEBBANE Dalila, maitre de conférences à l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, pour avoir accepté d'examiner notre travail.

On tient également à remercier Mme AMAR-KHOUDJA Nadia l'ingénieur de laboratoire pédagogique de biochimie pour sa gentillesse, sa patience et surtout pour avoir mis tous les moyens nécessaires à la réalisation de la partie expérimentale.

On remercie aussi tout le personnel de laboratoire pédagogique de l'Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou.

Nous remercions chaleureusement tous les membres de nos familles, la famille BELHADEF et MATOUK, en particulier nos parents, nos frères et sœurs ainsi que tous ceux et celles qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste travail.

Sommaire

Résumé	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introductio	1
Partie 1 : Synthèse Bibliographique	
Chapitre I : <i>Généralité sur le lait</i>	2
1. Généralité sur le lait	2
2. Production du lait bovin et camelin	2
2.1. Production bovine	3
2.2. Production cameline	3
3. Les race bovine et cameline en Algérie	3
3.1. Les races bovines	3
3.2. Les races camelines	4
4. Caractéristiques organoleptiques du lait bovin et camelin	4
5. Composition du lait	5
6. Les protéines	5
6.1 Les caséines	5
6.2 Les protéines du lactosérum	8
Chapitre II : <i>Production du fromage</i>	10
1. Définition du fromage	10
2. Classification des fromages	11
3. La fabrication du fromage	11
3.1. Les étapes de fabrication du fromage	11
3.1.1. La pasteurisation	11
3.1.2. La coagulation	13
3.1.3. L'égouttage	13
3.1.4. Le Moulage	13
3.1.5. Le salage	13

3.1.6. L'affinage	13
--------------------------	----

Chapitre III : Valorisation du Lactosérum

1. Généralités sur le lactosérum	15
2. Les types de lactosérum	15
2.1 Le lactosérum acide	15
2.2 Le lactosérum doux	15
3. Composition de lactosérum	16
4. Domaines de valorisation du lactosérum	16
4.1. Valorisation dans l'industrie humaine	17
4.2. Valorisés dans l'industrie agro-alimentaire	17
4.3. Valorisation dans l'industrie animale	18
4.4. Autres valorisations et perspectives d'avenir	18
5. Conservation et stockage	19

Partie II : Partie expérimentale

Chapitre I : Matériel et méthodes

1.1 Matériel et méthode	20
2.1 Matériel	20
1.1.1 Les échantillons	20
1.1.2 Matériel biologie	20
1.1.3 Les produits chimiques et réactifs	20
1.1.4 Appareillage	20
1.2. Méthode	21
1.2.1 Déterminer du potentiel d'hydrogène pH	21
1.2.2. Mesure du Degré Dornic	21
1.2.3. Détermination de l'extrait sec total	21
1.2.4. Détermination de la teneur en protéines	22
1.2.5. Détermination de la teneur en glucides totale	22
1.2.6. Evaluation du pouvoir antioxydant par piégeage du radical libre	23
DPPH	
1.2.7. Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques	25
1.2.7.1. Pouvoir moussant	25

1.2.8. Méthode électrophorétique	25
Chapitre III : Résultats et discussion	27
3.1. Evaluation des paramètres physico-chimiques	27
3.1.1. Mesure du pH	28
3.1.2. Mesure de l'acidité en degré Dornic	29
3.1.3. Extrait sec total	29
3.1.4. Le taux d'humidité	29
3.1.5. Dosage des protéines	30
3.1.6. Dosage des sucres	31
3.2. Les propriétés techno-fonctionnelles	31
3.2.1. Les propriétés moussantes	33
3.3. Test de piégeage du radical DPPH	33
3.4. L'électrophorèse « PAGE Native » des protéines totales dans des lactosérums différents	34
Conclusion	36
Références bibliographiques.	

Résumé

Nous nous sommes intéressés à une étude comparative de la composition physico-chimique de trois échantillons de lactosérum, d'origine bovine et cameline, issus de la production fromagère du camembert avec trois enzymes coagulantes différentes : la chymaxe industrielle pour la coagulation du lait bovin et camelin, et la chymosine issu de la caillette du dromadaire pour la coagulation du lait camelin. Nos résultats montrent des différences aux niveaux de cette composition ainsi que les paramètres physico-chimiques mesurés (pH, l'acidité, taux de protéines, de sucre) cela met en évidence les variations en fonction de l'espèce et du processus de fabrication du fromage, offrant un aperçu de leur applicabilité dans l'industrie agroalimentaire. Les résultats obtenus sur l'étude des propriétés moussantes ainsi que l'activité antioxydante montrent que le lactosérum camelin, malgré une production moins importante que le bovin, pourrait avoir des applications technologiques prometteuses grâce à ses propriétés uniques et intéressantes.

Mots clés : lactosérum, bovin, camelin, chymosine, production fromagère chymax, caillette cameline

Abstract

We were interested in a comparative study of the physicochemical composition of three samples of whey, of bovine and camel origin, from the cheese production of Camembert with three different coagulating enzymes: industrial chymax for the coagulation of bovine milk and camel, and chymosin from the abomasum of the dromedary for the coagulation of camel milk. Our results show differences in the levels of this composition as well as the physicochemical parameters measured (pH, Dornic Degrees, protein levels, sugar) this highlights the variations depending on the species and the cheese making process., providing insight into their applicability in the food and beverage industry. The results obtained on the study of foaming and antioxidant activity show that camel whey, despite less production than bovine whey, could have promising technological applications thanks to its unique and interesting properties.

Keywords: bovine, camel, whey, chymosin, chymax cheese production, rennet camel extract

Liste des abréviations

BLA :	Bovin Laitier Amélioré
BLM :	Bovin Laitier Moderne
pH :	Potentiel d'hydrogène
pHi :	isoélectrique
CN :	Caséine
SA :	albumine sérique
BSA :	Albumine sérique bovine
°D :	degré Dornic
IR :	Infra-rouge
EST :	extrait sec total
DPPH :	2,2-diphénylpicrylhydrazyl
CM :	La capacité moussante
SM :	La Stabilité des mousses
PAGE :	Electrophorèse sur gel de polyacrylamide.
DNS :	3,5 dinitrosalicylique
TEMED :	N,N,N',N'-tetraméthyl-éthylène diamine
Tris :	Tris -hydroxy-méthyl-amino-méthane
β-Lg :	β-Lactoglobuline
IgG :	les immunoglobulines

Liste des Figures

Figure	Intitulé	Page
Figure 1	Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine	6
Figure 2	Comparaison des régions sensibles à la chymotrypsine des caséines-Camelines et bovines	8
Figure 3	Les mécanismes de deux types de coagulation	12
Figure 4	Courbe étalon de dosage des protéines totales	22
Figure 5	Courbe étalon de dosage des glucides totaux par DNS	23
Figure 6	Structure du DPPH et sa réduction par l'antioxydant (AH).	24
Figure 7	Electrophorégramme PAGE-native (T = 12% ; C = 2.9%) des protéines des lactosérums issus des trois productions fromagères ; Dépôts de 5 μ L et 10 μ L (LS'1, LS'2, LS'3).	35

Liste des tableaux

	Intitulé	Page
Tableau I	production laitière de vache en 2017	2
Tableau II	Caractéristiques physico-chimiques des laits bovins et camélin	4
Tableau III	Composition des laits de diverses espèces	5
Tableau IV	Répartition des protéines de lactosérum du lait de chamelle et de vache	7
Tableau V	Classification des fromages selon Lenoir <i>et al</i> (1985).	10
Tableau VI	Composition moyenne du lactosérum doux et acide	16
Tableau VII	Applications des protéines de lactosérum	18
Tableau VIII	Dosage des paramètres physico-chimiques des trois lactosérums	27
Tableau IX	Résultats de l'évaluation des propriétés moussantes	31
Tableau X	Résultats de l'évaluation des propriétés moussantes	33

INTRODUCTION

Introduction

Le lait est produit par les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères. Il est destiné à l'alimentation des nourrissons. Il est riche en protéines et en glucides (**Walstra et al,2006**). De nombreux produits laitiers sont fabriqués à partir du lait.

La production mondiale du lait provient presque entièrement de : bovins, bufflonnes, chèvres, brebis et chamelles. Il est à noter que, le lait de chamelle et ses sous-produits ont toujours été très estimés, chez les populations des zones rurales d'Afrique, d'Asie et du Moyen-Orient. En plus d'être un aliment de base, le lait de chamelle a même été traditionnellement utilisé chez ces populations, à des fins médicinales comme pour le traitement de la tuberculose, l'asthme, l'hydropisie et la jaunisse, et aurait une meilleure digestibilité et une meilleure valeur nutritionnelle que le lait bovin, ce qui en fait l'une des sources alternatives pour la consommation humaine.

Ainsi, on assiste depuis un peu plus de deux décennies à un intérêt croissant pour les productions camelines, qui se traduit notamment par une croissance rapide du troupeau de camelins dans plusieurs pays, notamment l'Algérie.

La conservation de lait peut être sous forme de fromage. Ce dernier est un produit alimentaire issu du lait, qui a été consommé depuis des siècles dans de nombreuses cultures. Sa fabrication est un processus complexe qui implique plusieurs étapes, notamment la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage.

L'égouttage se manifeste par la perte du lactosérum, pendant de nombreuses années, le lactosérum ou petit lait a été considéré comme un déchet encombrant, un sous-produit des fromageries et caséineries dont l'utilisation, lorsqu'elle en était faite, se limitait à l'alimentation animale et à la fertilisation des champs (**Sottiez, 1975**). Ces protéines sériques sont caractérisées par des propriétés immunitaires et nutritionnelles ainsi que technofonctionnelles très intéressantes et recherchées dans les divers domaines d'utilisation (pâtisserie, pharmacie, produits agroalimentaires, aliments diététiques...). Les propriétés technofonctionnelles de ces protéines ont fait l'objet de nombreuses études expérimentales.

Dans ce contexte ; notre travail s'est focalisé sur une comparaison de la composition physicochimique des lactosérums bruts camelin et bovin issu de la fabrication fromagère de camembert par deux types d'enzymes coagulantes : la chymax, l'enzyme industrielle importée et obtenu par génie génétique et la chymosine extraite de la caillette de dromadaire Nous nous sommes intéressé aussi à l'étude des propriétés technofonctionnelle et antioxydantes de ces lactosérum pour une valorisation technologique et une utilisation industrielle.

SYNTHESE
BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I
Généralité sur le lait

1. Généralité sur le lait

D'après le décret du 25 mars 1924 qui portant application de la loi du 1^{er} août 1905 qui centre le sujet sur le lait et les produits de la laiterie précise : « Le lait est le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée ; il doit être recueilli proprement et ne pas contenir de colostrum ».

Les cellules sécrétrices des glandes mammaires des mammifères femelles produisent cette substance blanchâtre, qui est riche en protéines et en glucides, dont de nombreux produits laitiers sont fabriqués. Le lait de chaque espèce de mammifères a une composition et des caractéristiques physico-chimiques qui sont très différentes selon les espèces, et même selon les races, et selon le stade de lactation pour s'adapter aux besoins du nourrisson (Vilain, 2010).

2. Production du lait bovin et camelin

2.1 Production bovine

La production mondiale de lait a connu une augmentation de plus de 59 % au cours des trois dernières décennies, passant de 530 millions de tonnes en 1988 à 843 millions de tonnes en 2018 (FAO, 2024). Les bovins représentent 81% de la production mondiale de lait, les bufflonnes 15 %, les chèvres 2 % et les brebis 1 % ; les chamelles 0,5 % de la production mondiale. D'autres espèces laitières comme les équidés et les yacks produisent la part restante (FAO, 2024).

Les rendements laitiers moyens sont très différents selon les pays, notamment en raison des disparités dans les systèmes de production (alimentation des animaux, races). Les pays ayant la plus grande production laitière de vache en 2017 sont présentés dans le tableau dessous.

Tableau I : Production laitière de vache en 2017 (Ioan,2020)

Les pays	les États-Unis	Inde	Brésil	Allemagne	Chine	Fédération de Russie	France
La production laitière (million de tonnes)	96,23	78,45	33,91	32,67	30,91	30,64	24,65

En Algérie les rendements peuvent s'élever jusqu'à 15 litres par jour en période de pluie, en raison d'une disponibilité accrue d'aliments fourragers, tandis qu'en période de sécheresse, ils ne dépassent pas 8 litres (Amellal, 1995).

2.2 Production cameline

Le nombre de chameaux à l'échelle mondiale est estimé à près de 39 millions. Selon Faye (2004) et Abdalla *et al* (2015), la production mondiale annuelle de lait de chamelle est d'environ six millions de tonnes, avec une moyenne de 1500 litres par lactation, soit environ quatre litres par jour, où on trouve la production mondiale de ce dernier est dominée par le Kenya, suivi par la Somalie et le Mali.

En Algérie on estime la production d'une chamelle de 6 à 7 litres par jour, mais au cours des derniers mois d'allaitement elle peut donner de 2 à 3 litres. (Konuspayeva *et al.*, 2021).

3. Les races bovine et cameline en Algérie

3.1 Les races bovines

Dans les années soixante, les bovins en Algérie étaient classés en trois types : les populations autochtones dénommées bovins locaux, les races importées dénommées bovins laitiers modernes et les bovins produits de croisements dits bovins locaux améliorés (Feliachi, 2003).

Le cheptel des races locales n'assure que 20% de la production nationale (Bencherif, 2001). Parmi ces races on cite la Guelmoise, la Cheurfa, la Chélifienne, la Sétifienne et la Djerba.

Les races de vache dénommées sous le vocable de Bovin Laitier Amélioré (BLA), issus de multiples croisements, entre la race locale Brune de l'Atlas et les races importées d'Europe. Parmi ces dernières, on peut citer la Pie Rouge, la Tarentaise, la Brune des Alpes et la Frisonne Pie Noire (Yakhlef, 1989).

La race bovine importée nommée Bovin Laitier Moderne « BLM » sont constitués de races importées principalement d'Europe ; dont l'introduction avait débuté avec la colonisation du pays (BABO, 1998). Ces derniers représentent 9 à 10% de l'effectif national, et assurent environ 40% de la production totale de lait de vache (Bencherif, 2001). Cependant, leur potentiel génétique n'est pas toujours pleinement valorisé en raison des conditions d'élevage et de gestion inadéquates (Eddebbarh, 1989 ; Abdelguerfi, 2003 ; Feliachi, 2003). On trouve trois races essentiellement : La Prim'Holstein, la Pie rouge et la montbéliarde.

3.2 Les races camelines

En Algérie on rencontre 9 races principales qui sont des races de selle, de bât et de traite. Ben Aissa (1989) a identifié les races nommées : Chambi, Ouled Sidi Cheikh, Saharaoui, Targui, Ajjer, Reguibi, Ait Khebbach, le chameau de l'Aftouh et le chameau de la steppe.

4. Caractéristiques organoleptiques du lait bovin et camelin

Le lait est un milieu aqueux composé de trois phases : une émulsion de globules gras dans un liquide qui est lui-même une suspension colloïdale de matières protéiques dans un sérum.

Le lait de vache est un liquide blanc opaque, plus ou moins jaunâtre en fonction de la quantité de β -carotène dans sa matière grasse. Il a une saveur douce et une odeur faible, mais facile à reconnaître (Fredot, 2005). Le pH se rapproche de la neutralité. Le tableau présente les principales constantes physiques du lait.

Le lait de chamelle présente une teinte blanche opaque une odeur laiteuse caractéristique et une combinaison de saveurs salées et sucrées avec un goût acide (Chethouna, 2011 ; Bezzalla Et Goultaya, 2013 ; Siboukeur, 2007). Selon Singh *et al* (2017), les caractéristiques du lait de chamelle dépendent principalement du type de fourrage ou de la flore présente dans la région de pâturage, ainsi que de la phase de lactation (El-aziz *et al.*, 2022). La saison et la région ont un impact significatif sur le rapport des composants dans le lait de chamelle, comme le montre le tableau II (El-Hatmi *et al.*, 2015).

Tableau II : Caractéristiques physico-chimiques des laits bovin et camelin

constantes	Lait vache (Conte, 2008 ; Leymarios, 2010)	Lait chamelle (Chethouna, 2011 ; Mami, 2013)
Densité du lait entier à 20°C	1.028-1.03	1.032
Point de congélation (°C)	-0.55	-0.55
pH à 20°C	6.6-6.8	6.65
Acidité titrable (°dornic)	15-18	17
Conductivité électrique à 25°C mS	4.5	4.5

5. Composition du lait

Différents facteurs peuvent expliquer les variations de la composition du lait de chamelle, tels que les conditions nutritionnelles (Knoess *et al.*, 1986 ; Richared et Grand, 1989 ; Moslah, 1994), la zone géographique, la race, le stade de lactation (Souid *et al.*, 2013 ; Ellouze et Kamoun, 1989) ainsi que l'âge et le nombre de vêlages.

Cependant la composition biochimique globale du lait de chamelle révèle des niveaux significatifs et équilibrés de nutriments de base (protéines, glucides et lactose) avec des quantités similaires à celles sont observés dans le lait de vache (Siboukeur, 2007).

Tableau III : Composition des laits en % de diverses espèces (VIGNOLA,2002)

animaux	Eau(%)	Matière grasse	Protéines	Glucides	Minéraux
Vache	87,5	3,7	3,2	4,6	0,8
Chèvre	87,0	3,8	2,9	4,4	0,9
Brebis	81,5	7,4	5,3	4,8	1,0
Chamelle	87,6	5,4	3,0	3,3	0,7

6. Les protéines

D'après Jean *et al* (2002) une part importante du lait et des produits laitiers est constituée de protéines, qui sont des composants essentiels au bon fonctionnement des cellules vivantes, où la teneur moyenne de protéines dans un litre de lait est d'environ 60 à 35 g (Larson ; Jorcensen, 1974 ; Goursaud, 1985). Le reste des composés azotés non protéiques sont les protéoses, les peptones et l'urée.

Trois types de protéines sont présents dans le lait : les protéines solubles du lactosérum (phase aqueuse), les caséines, présentes à l'état colloïdal sous forme de micelles et les protéines de la membrane du globule gras (Cebo et Saadaoui, 2015).

6.1. Les caséines

Les caséines sont des phosphoprotéines précipitant bien à 20°C à un point isoélectrique bien connu qui varie selon les espèces. Donc selon Thompson *et al* (1965) lait de bovin se précipite à un phi qui est de 4,6 tandis que Wangoh *et al* (1998) affirme que les caséines se précipitent à un phi qui est de 4,3 pour le lait de chamelle.

Elles sont au nombre de 4 (α_1 , α_2 , β , κ) et représentent environ 80% des protéines du lait de vache. Cette fraction protéique est également coagulable par hydrolyse partielle de la caséine κ par la chymosine (enzyme extraite de la caillette de veau : présure). L'organisation supramoléculaire des caséines conduit à des structures micellaires dont le diamètre se situe entre 30 et 300 nm.

Différentes représentations ont été proposées de la structure des micelles, mais il semble évident que les micelles sont constituées de sous-micelles reliées les unes aux autres par des ponts phosphate de calcium (Benguettaia et Lemlem, 2013).

La caséine serait un complexe sphérique composé d'un nombre variable de sous-micelles ou de sous-unités. Ces subdivisions seraient constituées de diverses caséines et de substances salines, notamment du calcium et du phosphore qui jouent un rôle crucial dans la stabilité des micelles (Payens, 1982). Il existe divers modèles de micelles de caséines, le plus utilisé étant le modèle de Schmidt (1982) avec sous-unités (submicelles ; Figure 1).

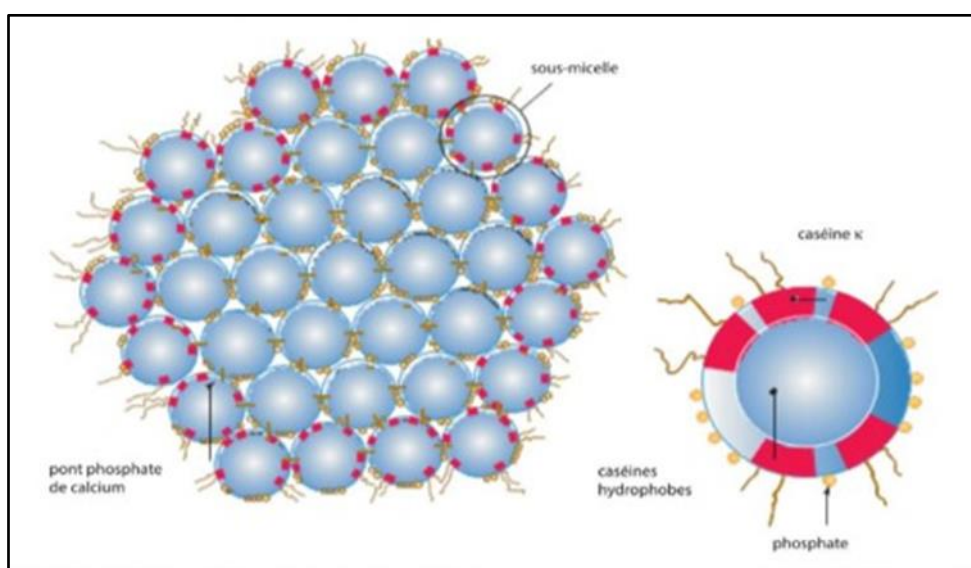


Figure 01 : Modèle d'organisation moléculaire de la micelle de caséine bovine selon SCHMIDT (1982)

Les sous-micelles seraient superficiellement polaires tandis que leur centre serait plus hydrophobe et créerait des zones apolaires dans les caséines. En surface des sous-micelles, les caséines α_{S1} , α_{S2} et κ seraient concentrées, tandis qu'à l'intérieur, il y aurait un cœur hydrophobe où les caséines β et α_{S1} seraient prédominantes.

L'intégrité des micelles serait garantie par des interactions entre les caséines qui seraient hydrophobes en raison de la présence importante d'acides aminés apolaires (Fox, 1989), des électrostatiques entre les sites chargés positivement et négativement, ainsi que des ponts salins impliquant principalement le calcium et le phosphore. Ainsi, la composition des

sous-micelles et des micelles est le résultat d'interactions entre les caséines et les caséines avec les minéraux (Gaucheron, 2004).

En effet, les sous-micelles s'associent entre elles par l'intermédiaire de calcium et de phosphate afin de construire ce qui s'appelle une micelle de caséine. Ces particules sphériques ont des diamètres différents en fonction de l'origine du lait. Les dimensions de celles-ci varient entre 90 et 120 nm pour le lait bovin et 280 à 550 nm pour le lait camelin (BORNAZ *et al.*, 2009).

6.1.1. Composition des caséines bovines et camelines

Le taux de caséines dans le lait camelin peut varier de 52 à 87% (Al Haj et Al Kanhal, 2010). Selon Abbas *et al* (2013) ; Al-haj et AlKanhal (2010) le lait de chamelle a quatre types de caséines α_{S1} - CN, α_{S2} - CN, β -CN et κ -CN. La masse moléculaire estimée pour β -NC et l' α -CN de chameau est de 32 et 35 kDa, tandis que la masse moléculaire rapportée pour les caséines de bovin est nettement inférieurs à celle qui est précédente où le β -CNa une masse de 24 kDa et le α -CN est entre 22-27 kDa (AourangZiane *et al.*, 2013).

Les fractions caséiniques du lait de bovin sont comme suit ; β -CN (39 %), α_{S1} -CN (38 %)(Brezovecki *et al .*, 2015 ; Yirda *et al .*, 2020), et κ -CN (13 %) (Mbye et al ., 2022), ces dernières sont totalement différents à les proportions du lait de chamelle et selon Brezovecki *et al* (2015); Yirda *et al* (2020) montrent une proportion plus importante de la β -NC qui est de 65 %, la α_{S1} -CN est de 22 %, et une concentrations très faibles pour κ -CN qui est de 3,3 % selon (Mbye *et al* 2022). Le tableau IV présente des informations détaillées sur la distribution relative de la caséine de lait camelin et du lait de vache.

Tableau IV : Répartition des protéines de caséine du lait de chamelle et de vache (Hailu *et al.*, 2016 ; Tesfemariam *et al.*, 2017)

caséine	Composition de caséine du lait en %	
	Camelin	bovine
α_{s1} - caséine(g/l)	5,3 (22%)	9,5 (38%)
α_{s2} - caséine (g/l)	2,3 (9,6%)	2,5 (10%)
β - caséine (g/l)	15,6 (65%)	9,8 (39%)
κ - caséine (g/l)	0,8 (3,3%)	3,3 (13%)
Teneur en caséine totale en % du tesfemariam et al. 2017	2,4/3,1 (77%)	2,51/3,4 (74%)

Selon Larsson-Raznikiewicz et Mohamed (1986) et Ochirkhuyag *et al* (1997), la composition en acides aminés est partiellement similaire entre les caséines camelines et bovines. Tandis que ce qui concerne le taux en minéraux et en citrate on trouve que les micelles de caséines de lait camelin trop minéralisé (98 mg/g) par rapport à son homologue bovin (67 mg/g) (Schmidt, 1982).

Dans le lait camelin, la α 1-CN est la fraction la plus dominante, contenant 217 résidus d'acides aminés et 4 sites de phosphorylation en positions Ser (15-17-18 et 19). La β -CN agit comme une molécule chaperonne qui empêche l'agrégation des protéines (Morgan *et al.*, 2005 ; Zhang *et al.*, 2005). Elle possède un court domaine N-terminal hydrophile et un large domaine C-terminal hydrophobe. Selon Swaisgood (1992), la β -CN ne contient pas de résidus de cystéine, mais elle contient une grande quantité de résidus de proline.

La fraction la plus faible dans le lait de chamelle c'est la k-CN, cette dernière contient que 162 acides aminés. Le site de clivage de cette dernière par la chymosine c'est au niveau de la liaison Phe⁹⁷ - Ile⁹⁸ pour le lait camelin, tandis que le site de clivage de k-CN dans le lait de bovin est la liaison Phe¹⁰⁵ - Met¹⁰⁶ (Kappeler *et al.*, 1998).

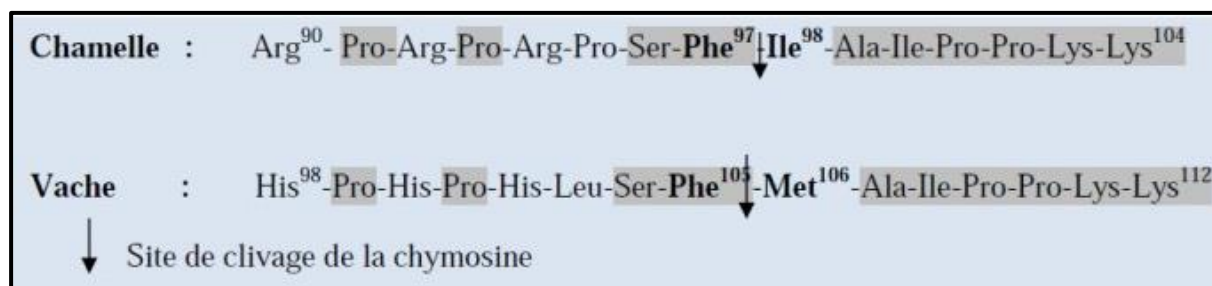


Figure 02: Comparaison des régions sensibles à la chymotrypsine des caséines -k camelines et bovines (Kappeler *et al.*, 1998).

6.2. Les protéines du lactosérum

Les protéines du lactosérum ou également appelées les séroprotéines sont des protéines qui ne précipitent pas lors de la coagulation du lait, après avoir ajoutée de la chymosine (présure) ou lors d'une acidification (Cayot et Lorient, 1998).

Les protéines du lactosérum présentent une grande richesse nutritionnelle, avec une grande quantité d'acides aminés soufrés, de lysine et de tryptophane. Elles possèdent des caractéristiques fonctionnelles remarquables, mais elles sont vulnérables à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

La constituant la plus dominante (53,6%) est la β -lactoglobuline bovine, elle se trouve dans le lait de la majorité des espèces mais pas chez lait humain et le lait de chamelle (Farah, 1993 ; EL-Hatmi *et al.*, 2007).

La deuxième protéine soluble (20,1%) du lait bovin est, par ordre d'importance, l' α -lactalbumine. Elle est présente dans le lait de tous les mammifères qui sécrètent du lactose puisque cette protéine est partie intégrante de l'enzyme de synthèse du lactose (Linden, 1987 ; Beg *et al.*, 1985 ; Al-haj et Al-kanhal, 2010) et selon Ochirkhuyag *et al* (1998) elle représente la protéine soluble du lait camelin. Il s'agit d'une protéine hautement soluble dans l'eau, similaire à celle répandue dans le sang, elle est produite par le foie chez les mammifères.

Parmi les protéines solubles restantes on a la sérum-albumine du lait bovin qui a une faible valeur nutritionnelle (6,2%) par rapport à celle de la chamelle (26%).

En ce qui concerne la lactoferrine, son taux dans le lait mature de vache est très bas (0,2 g/litre), mais élevé dans le colostrum bovin (5 g/litre) et à des valeurs comparables à celles du colostrum humain (de 5 à 15 g/litre), c'est la même chose pour le lait de chamelle ça concentration est élevée (El-agamy *et al.*, 1997), cette dernière lui confère un rôle protecteur, en prévenant la prolifération des microorganismes (Habib *et al.*, 2013).

Le lactosérum bovin contient trois classes majeures d'Igs : IgG, IgM et IgA, la principale étant l'IgG1 (Farrell *et al.*, 2004), ces derniers jouent un rôle dans le transfert de l'immunité passive chez le nouveau-né, Elles sont extrêmement nombreuses dans le colostrum ces des protéines du lactosérum les plus sensibles à la dénaturation thermique (Thapon, 2005).

CHAPITRE II

Production du fromage

1. Définition du fromage

Le fromage, selon la norme (Codex STAN 283-1978), est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi- dure, dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum /caséines ne dépasse pas celui du lait. On l'obtient par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation ; ou alors par emploi de techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des produits provenant du lait, de façon à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques, chimiques et organoleptiques correspondant à la définition précédente.

2. Classification des fromages

Il y a une grande diversité de fromages qui se distinguent par leur saveur, leur parfum, leur texture ou leur forme. Plusieurs facteurs sont influencés par cette variété, tels que l'origine du lait, la matière dont le lait est transformé et son traitement thermique.

Lenoir *et al* (1985) ont suggéré une typologie de fromages en fonction des variations observées lors de leur production : la coagulation, l'égouttage et la maturation (tableau VI).

Tableau VI : Classification des fromages selon Lenoir *et al* (1985)

Type de pâte	Type de fromage	coagulation	égouttage	Affinage
Pâte fraîche	Petit suisse Demi-sel Fromage à la pie Fontaine bleu	Acidification lactique (avec ou sans légère action de la présure)	Par centrifugation ou par filtration	Sans affinage
Pâte molle	Camembert	Mixte	Lent avec simple découpage	Croute fleurie
	Brie			Moisis interne
	Roquefort			Croute moisie
Pâte pressé	Saint Paulin	Action de présure	Accéléré par : Découpage Brassage Pressage	Croute moisie
	Reblochon			Croute lavée
Pâte ferme non cuite	Cantal Cheddar Laguiole	Action de présure	Accéléré par : Découpage Brassage Pressage Broyage	Croute lavée
Pâte ferme cuite	Gruyère	Action de présure	Accéléré par : Découpage Brassage Cuisson Pressage	Croute de margée avec ouverture (trous)
	Emmental			Croute sèche avec ouverture
	Beaufort			Croute margée sans ouverture

3. La fabrication du fromage

La fabrication du fromage a connu une évolution depuis plusieurs siècles en tant que méthode de conservation du lait cru par fermentation. La fabrication du fromage implique la conversion du lait liquide (une matière première instable, volumineuse mais très nutritive) en fromage (un produit étale savoureux et concentré qui procure un plaisir gustatif et a une durée de conservation prolongée).

3.1 Les étapes de fabrication du fromage

3.1.1. La pasteurisation

Le lait pasteurisé est souvent recommandé pour la production de fromage, car il élimine pratiquement tous les organismes pathogènes (Rankin *et al.*, 2017).

Cette technique permet d'éliminer plusieurs agents pathogènes en utilisant une température de pasteurisation de 72°C pendant 30 secondes ou 65°C pendant 30 minutes (Chavan *et al.*, 2011). Néanmoins, des températures élevées peuvent causer des périodes de coagulation plus longues avec la destruction des protéines sériques (Mbye *et al.*, 2021a).

3.1.2. La coagulation

Également connue sous le nom de "caillage". Cette étape consiste à passer du lait liquide à l'état solide où se forme un gel. C'est à ce moment que débute la formation d'un réseau protéique tridimensionnel (Gouedranche *et al.*, 2001).

Le lait subit une coagulation qui constitue une forme ancestrale de conservation des protéines, de la matière grasse ainsi que d'une partie du calcium et du phosphore, dont les qualités nutritionnelles et organoleptiques sont appréciées par l'homme dans presque toutes les régions du globe (Abiazar, 2007). En industrie fromagère, la texture du produit fini est largement influencée par le procédé de coagulation choisi (Herbert *et al.*, 1999).

3.1.2.1. Coagulation acide

La coagulation par acidification est déclenchée par la production d'acide lactique par des bactéries, qui convertissent le lactose en acide lactique. Le pH du lait de fromagerie diminue avec la production d'acide, provoquant ainsi la solubilisation du phosphate et du calcium colloïdal, éléments importants dans la stabilité des micelles de caséine. Ces dernières se lient entre elles et forment un gel cassant très friable et peu élastique.

L'acidification rapide par addition d'un acide minéral ou organique provoque la floculation des caséines à pH 4,6 sous la forme d'un précipité plus ou moins granulé dispersé

dans le lactosérum. En revanche, une acidification progressive, obtenue soit par fermentation lactique, soit par hydrolyse de la gluconolactone, conduit à la formation d'un gel lisse homogène qui remplit entièrement le volume initial du lait (Mietton, 1995). L'action sur la coagulation acide est influencée par la teneur en protéines. Un lait riche en protéines formera un caillé lactique plus ferme (Vignola, 2002).

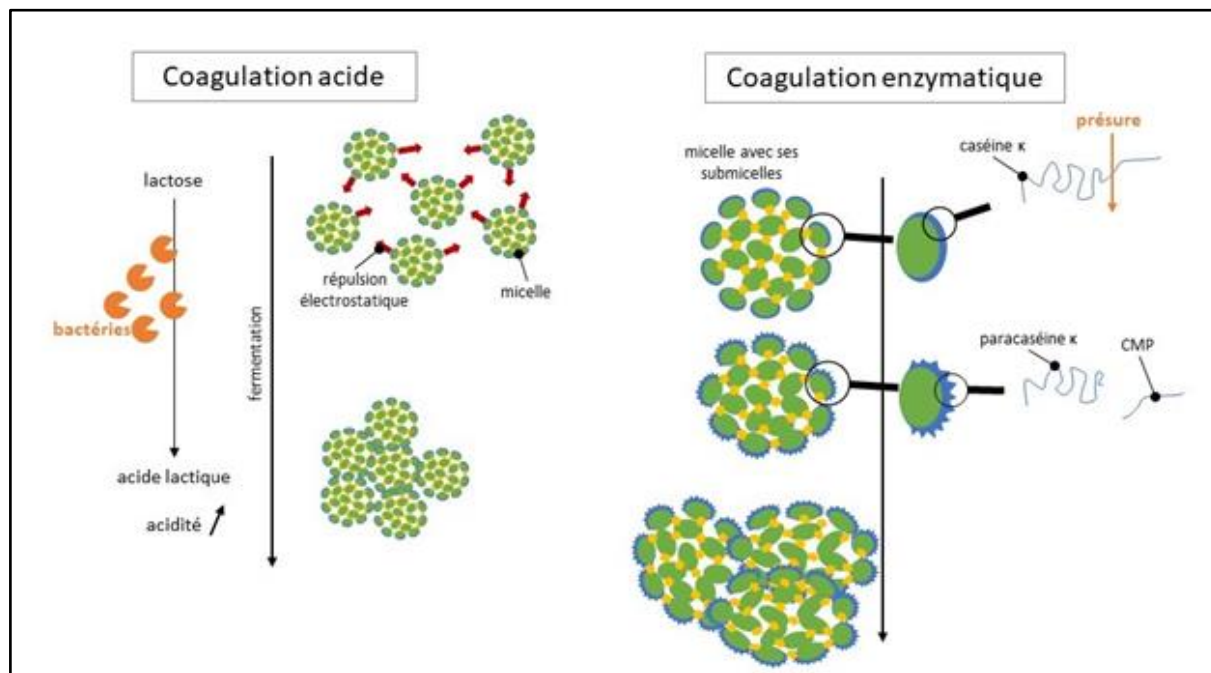


Figure 03 : Les mécanismes de deux types de coagulation (Florian Ronez, 2012)

3.1.2.2. La coagulation enzymatique

La coagulation enzymatique est assurée par un grand nombre d'enzymes protéolytiques, d'origine animale, végétale ou microbienne, qui ont la propriété de coaguler le lait. Il convient également de prendre en compte leur grande activité protéolytique non spécifique supplémentaire qui leur permet d'hydrolyser les caséines α et β avec libération de peptides.

Une hydrolyse excessive peut entraîner une baisse du rendement fromager, une texture molle et l'apparition de goûts anormaux. L'enzyme protéolytique de la présure provient de la caillette du veau non sevré. En pratique, on peut caractériser la coagulation du lait par trois paramètres : le temps de floculation, la vitesse de raffermissement et la fermeté maximale du gel (Mietton, 1995).

3.1.3. L'égouttage

Macroscopiquement, l'égouttage se manifeste par la perte du lactosérum, accompagnée d'une rétraction et d'un durcissement du gel. L'égouttage est le résultat à la fois d'une synérèse active et de la capacité du gel à éliminer le lactosérum occlus. Ce n'est pas simplement une déshydratation. Selon Gelais *et al.* (2002), la majorité des composés solubles du lait (lactose, sels minéraux) ainsi que quelques fractions mineurs insolubles (protéines solubles) sont éliminés du gel avec l'eau.

3.1.4. Le Moulage

C'est une étape essentielle pour la régulation du drainage du lactosérum et pour la finalisation du fromage (Ramet, 2006). Donc lors de cette étape en doit se débarrasser du lactosérum, cette dernière se réaliser par les différents traitements mécaniques tels que le découpage, le brassage, le moulage et les retournements (St-Gelais et Tirard-Collet, 2010). La forme finale doit être obtenue après avoir pressés les fromages dans des moles perforées (Fredot, 2006).

3.1.5. Le salage

Peut être réalisé de diverses manières, telles que le saupoudrage du caillé de sel, l'immersion dans la saumure ou encore le frotter avec un chiffon salé (Mahaut, 2000). Le salage remplit diverses fonctions technologiques, donc il est essentiel pour terminer l'égouttage, participer à la création de la croûte, réguler l'activité de l'eau (A_w) du fromage, et favoriser ou ralentir le développement des micro-organismes et des activités enzymatiques pendant l'affinage (Dugatbony *et al.*, 2019 ; Guinee et Sutherland, 2020 et HARDY, 1997).

Le processus de salage joue également un rôle sensoriel en apportant une saveur distinctive au produit, augmentant l'arôme du fromage et en masquant ou en exaltant le goût de certaines substances qui se forment lors de l'affinage (Abbas, 2012 ; Leksir, 2018).

3.1.6. L'affinage

Il diffère d'un fromage à l'autre (de quelques semaines pour un camembert à plusieurs mois pour une pâte cuite). Selon Goudebranché *et al.* (2001), l'affinage consiste en une série de réactions enzymatiques qui transforment progressivement les composants du fromage jeune obtenu après l'égouttage en une variété de composés qui rendent la pâte plus ou moins onctueuse et fondante, ainsi que lui confèrent son arôme et son goût.

Le processus d'affinage implique principalement des changements dans deux composants essentiels : les protéines et la matière grasse. La protéolyse et la lipolyse sont donc les phénomènes principaux de l'affinage, ce qui se traduit par des changements significatifs dans la composition physico-chimique du substrat, ainsi que dans ses caractéristiques, ses qualités organoleptiques, sa digestibilité et sa valeur nutritive (Ramet, 1985).

Les modifications mentionnées précédemment sont effectuées grâce à des agents de maturation, principalement des enzymes et des micro-organismes, leur activité étant fortement liée à leur environnement.

CHAPITRE III

Valorisation du Lactosérum

1. Généralités sur le lactosérum

Dans le processus de fabrication des fromages, on observe une étape cruciale où la caséine est coagulée par l'acidification du lait, réalisée soit par l'ajout de ferments lactiques, soit par l'action de la présure. Traditionnellement, après cette étape, on procède à la séparation de la phase coagulée du reste du lait à travers une opération d'égouttage. Cette opération permet de recueillir la fraction liquide, connue sous le nom de lactosérum (Bensakhria A ,2018).

Le lactosérum, un liquide jaune verdâtre, contient environ 20% de protéines de lait (6g/l) et est riche en éléments nutritifs. Lorsqu'on produit 10-20 kg de fromage, on obtient 80 à 90 kg de lactosérum (Muller *et al.*,2003).

2. Les types de lactosérum

Le lactosérum devrait être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages ou de la caséine. Deux types de lactosérums sont distingués : le lactosérum doux, issu de la coagulation des laits non acides par la présure, et le lactosérum acide, provenant de la fabrication des fromages à pâtes fraîches, à pâtes molles ou de la caséine lactique.

2.1. Le lactosérum acide

Le lactosérum acide est obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à leur pH isoélectrique de 4,6 suite à l'ajout d'acide fort ou d'acide lactique (Codex alimentaire, 2002). L'acidification déminéralise la caséine combinée à des sels de calcium, ce qui fait passer dans le sérum une part importante d'éléments minéraux, notamment le calcium et le phosphore.

Le lactosérum acide contient moins de lactose et plus de minéraux que le lactosérum doux. Il est aussi plusensemencé en germes lactiques et moins sujet à des fermentations. Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux rendent sa déshydratation difficile, c'est pourquoi on l'utilise souvent à l'état liquide, contrairement au lactosérum doux qui est généralement déshydraté. Le lactosérum acide est issu de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3,8 et 4,6 (Bensakhria ,2018).

2.2. Le lactosérum doux

On obtient le lactosérum doux en coagulant la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable. Ce type de lactosérum est pauvre en sels minéraux et riche en lactose

et en protéines. Outre les protéines solubles du lait, la présure hydrolyse la caséine Kappa pour former une glycoprotéine présente dans le lactosérum doux (sottiez,1990). Si on ne traite pas le lactosérum de fromagerie avec toutes les précautions nécessaires, la fermentation naturelle se poursuit et augmente son acidité. Le lactosérum doux est issu de la fabrication de fromages à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam, etc.), son pH varie entre 5 et 6,3(Bensakhria ,2018).

3. Composition de lactosérum

Selon le procédé de coagulation et la composition initiale du lait (donc la saison, la race des animaux, le type d'alimentation, etc.), la composition du lactosérum peut varier sensiblement (Bensakhria ,2018).

Tableau VII : Composition moyenne du lactosérum doux et acide (Morret *al*, 1993).

	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
Ph	6.3	4.6
Eau	93	93.5
Lactose	4.77	4.71
Protéine	0.82	0.75
Matière grasse	0.07	0.03
Acides lactique	0.15	0.55
Cendres	0.53	0.69
Calcium	0.05	0.13
Sodium	0.07	0.06
Potassium	0.13	0.15
phosphore	0.06	0.09

Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique ; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (Morr et al, 1993).

4. Domaines de valorisation du lactosérum

Le lactosérum est valorisé en alimentation humaine et en industrie chimique grâce aux procédés de craquage qui permettent d'obtenir, par fractionnement, des composés protéiques et glucidiques. Les protéines, en particulier les albumines, présentent un intérêt par leurs

propriétés fonctionnelles : solubilité sur une large gamme de pH, pouvoir moussant ou texturant, capacité de rétention d'eau, aptitude à la gélification.

De plus, les protéines du lactosérum ont une haute valeur nutritionnelle, liée en particulier à leur richesse en acides aminés essentiels comme la lysine et le tryptophane. Les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines du lactosérum permettent de les utiliser dans de nombreux domaines de l'industrie agroalimentaire, en particulier en tant que texturant, foisonnant ou ingrédient nutritionnel (Bensakhria *et al.*, 2018).

4.1. Valorisation dans l'alimentation humaine

Composé d'environ 55% des éléments nutritifs du lait, il n'est pas surprenant que le lactosérum puisse être valorisé pour améliorer la valeur nutritive de certains produits alimentaires.

Dans l'alimentation sportive, on trouve souvent de la poudre de protéines de petit-lait (communément appelées « whey » et « iso »). En fait, il s'agit de poudre de lactosérum. Non seulement les protéines du lactosérum sont utilisées en suppléments pour les athlètes, mais elles le sont aussi dans les aliments et boissons destinés aux personnes âgées.

Le lactosérum suscite également un grand intérêt dans les formules pour nourrissons. Ainsi, pour obtenir des formules qui se rapprochent de la valeur nutritive du lait maternel, il est possible d'enrichir ces formules avec du lactosérum déminéralisé (Croteau *et al.*, 2024).

4.2. Valorisés dans l'agro-alimentaire

Il est aussi possible de valoriser le lactosérum en l'utilisant sous forme d'ingrédient fonctionnel. Les protéines sériques (protéines liquides du lait) peuvent être incorporées au lait de fromagerie pour augmenter les rendements de production et l'humidité des fromages, tout en diminuant la quantité de matières grasses nécessaire.

De plus, si le lactosérum est ajouté au mélange pour les yogourts, ces derniers seront plus fermes et plus résistants à la synérèse. Il est également utilisé dans les mélanges servant à la fabrication de crèmes glacées pour ses solides totaux. Dans l'industrie de la viande, le lactosérum est utilisé pour ses propriétés gélifiantes. Dans le secteur des produits boulangers, le lactosérum est utilisé pour la caramélisation de ses sucres. Le lactosérum est donc un ingrédient très polyvalent dans l'industrie alimentaire (Croteau *et al.*, 2024).

Tableau VIII : Applications des protéines de lactosérum (Bensakhria ,2018).

Produits	Fonctions
Produits de boulangerie-biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec gluten)
Pâtes alimentaires	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant.
Confiserie (caramel, nougats...) Chocolat au lait	Émulsifiant, arôme, texture, dispersibilité
Potages, sauces	Épaississant (interaction avec amidon), émulsifiant
Plats cuisinés	Épaississant, émulsifiant, rétention d'eau
Farines lactées	Apport protéique, solubilité
Boissons lactées ou fruitées	Soluble à chaud ou / et pH acide Épaississant.
Aliments diététiques et infantiles	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondus.	Émulsifiant, épaississant, gélifiant
pâtes à tartiner,, crèmes glacées	Émulsifiant, épaississant
Crèmes desserts, flans, yaourts	Émulsifiant, épaississant, gélifiant
Produits carnés (Saucisse, pâtes, hamburgers)	Émulsifiant, épaississant, liant, gélifiant, Rétention d'eau et de matières grasses

4.3. Valorisation dans l'alimentation animale

Dans le secteur de l'alimentation animale, le lactosérum doux est utilisé pour nourrir les bovins et les porcs. Le lactosérum doux se retrouve sous forme déshydratée (inclus à un mélange) ou sous forme liquide (intégré à de la farine) dans l'alimentation animale (Croteau *et al*,2024).

4.4. Autres valorisations et perspectives d'avenir

En ce moment, au Canada et aux États-Unis, 75 % du lactosérum produit est de qualité alimentaire. Cependant, une grande partie du lactosérum, soit 80 %, est tout de même utilisée en alimentation animale. Des recherches sont menées pour trouver une façon de rentabiliser ce lactosérum. Plusieurs nouvelles voies se dessinent pour valoriser ce sous-produit, que ce

soit dans le traitement du bois (secteur de la construction), pour faire de la bière ou des spiritueux, sous forme de biogaz, comme pellicule protectrice alimentaire ou comme milieu de culture pour la croissance de micro-organismes (Croteau *et al.*,2024).

5. Conservation et stockage

Le lactosérum est un aliment de marché, mais plusieurs facteurs limitent son utilisation : les couts de transport élevés et l'irrégularité d'approvisionnement pour résoudre ce problème, le stockage est une solution simple. Cependant, il est important de noter que le stockage du lactosérum entraîne une diminution du pH, ce qui explique en partie la stabilité des coliformes et des streptocoques.

Des chercheurs ont étudié le problème de stockage du lactosérum ont démontré que le stockage à 4°C pendant deux semaines ne montre pas de variation notable de la composition chimique. Le développement des fermentations est très limité, même dans le cas où un ensemencement en levains lactique a été effectué. Cependant, à température ambiante (20°C), les variations de composition sont plus importantes, surtout si le sérum a été ensemencé et s'il est doux.

Globalement, le stockage à température ambiante se manifeste par une diminution notable du taux de matière sèche et l'acidité des sérums augmente moins vite lorsqu'il est stocké en grande quantité (Boudier et Luquet, 1989).

L'acidité citrique est utilisée par les microorganismes et sa teneur dans lactosérum diminue au cours du stockage. Les cendres et l'azote totale ne sont pas influencés par la fermentation, mais une légère augmentation de la teneur en azote non protéique ainsi que les lipides est observée (Chaput, 1981).

Partie II

Partie expérimentale

Chapitre I

Matériel et méthodes

II. Matériel et méthodes

Le présent travail a été réalisé au niveau du laboratoire pédagogique de biochimie du département de biochimie-microbiologie de l'université M. MAMMERIE de Tizi Ouzou. Il a été sous tendu par le matériel et les méthodes énumérés ci-dessous.

2.1. Matériel

2.1.1. Les échantillons

Les échantillons du lactosérum issus de fabrication du camembert par deux enzymes : la chymax (importée et utilisée par les industriels) et la chymosine extraite de la caillette de dromadaire (Travaux de thèse de Mme Isselnane) utilisée pour la coagulation du lait camelin.

2.1.2. Matériel biologie

- Albumine sérique bovin (BSA)
- Lactosérum bovin issu de production fromagère « chymax »
- Lactosérum camelin issu de production fromagère « chymax »
- Lactosérum camelin issu de production fromagère par chymosine de caillette cameline.

2.1.3. Les produits chimiques et réactifs

- **Les réactifs de dosage** : l'acide 3,5 dinitrosalicylique (DNS), le réactif Folin-ciocalteu
- **Sels et tampon** : carbonate de sodium (Na_2CO_3), hydroxyde de sodium (NaOH), sulfate de cuivre (CuSO_4), tartrate double de sodium et de potassium ($\text{KNaC}_4\text{H}_4\text{O}_6, 4\text{H}_2\text{O}$), tampon phosphate (phosphate mono potassique et phosphate disodique),
- **Colorants et réactifs spécifiques** : acrylamide, bleu de bromophénol, bleu de Coomassie R250, dodécyl sulfate de sodium, glycine, 2-mercaptoéthanol, N,N'méthylène-bis- acrylamide, persulfate d'ammonium, TEMED....

2.1.4. Appareillage

- PH-mètre (Hanna 80351).
- Agitateur à barreau magnétique.
- Vortex.
- Balance de précision (OHAUS USA) (0,001g) et Balance analytique (0,01mg).
- Bain-marie (MEMMERT Allemagne).
- Spectrophotomètre UV-visible (SHIMADZU japon).

- IKA T25 digital ULTRA-TURRAX.
- IR Denver Instrument.
- Mini-cuves d'électrophorèse verticales (Hofer SE 200 et SE 280, U.S.A)

2.2. Méthodes

2.2.1. Déterminer du potentiel d'hydrogène pH

Le potentiel d'hydrogène noté pH, permet de mesurer l'acidité ou la basicité d'une solution. Il est lié à la concentration en ions oxonium H_3O^+ dans la solution. Le pH est déterminé par lecture directe sur un pH-mètre qui est un appareil de mesure constitué d'une électrode double reliée à un boîtier électronique indiquant la valeur du pH.

2.2.2. Mesure du Degré Dornic

- **Principe**

La teneur en acide lactique d'un lactosérum est un bon caractère de fraîcheur. La détermination de la fraîcheur du lactosérum testé en mesurant son degré d'acidité total qui s'exprime en degré Dornic (°D). C'est à un dosage acido-basique où l'acide que nous allons doser est l'acide lactique contenu dans le lactosérum par la base qui est l'hydroxyde de sodium NaOH.

- **Mode opératoire**

- Prélever 10ml de l'échantillon de lactosérum à l'aide d'un ustensile adapté.
- Ajouter 3 gouttes de phénolphtaléine, un liquide incolore, dans le récipient contenant le lactosérum. Agiter doucement pour bien mélanger.
- Remplir une burette graduée avec de la solution d'hydroxyde de sodium (soude). Ajouter le niveau au zéro.
- Verser goutte à goutte la solution de soude dans le récipient contenant le lactosérum et la phénolphtaléine. Mélanger décapement après chaque ajout. Continuer jusqu'à ce que la solution vire au rose pâle persistant.
- Relever le volume de soude utilisé en ml. Ce nombre multiplié par 10 donne le degré dornic du lactosérum.

2.2.3. Détermination de l'extrait sec total

L'extrait sec total des échantillons de lactosérum est une mesure de la teneur en matières solides restantes dans le lactosérum après évaporation de l'eau à l'aide d'un dessiccateur IR.

- **Mode d'opérateur**

Pour déterminer l'extrait sec des échantillons de lactosérum, on a posé 3 ml de lactosérum sur la balance de l'appareil IR ; ce dernier est taré, et le processus de séchage est lancé (100°C/15min). L'appareil affiche la valeur d'EST en pourcentage.

2.2.4. Détermination de la teneur en protéines

La concentration des protéines totales du lactosérum est déterminée par la méthode de Lowry *et al.* (1951). Cette méthode est basée sur la quantification des protéines qui repose sur l'interaction des protéines avec le réactif de Folin-Ciocalteu (phospho-tungstomolybdique), favorisant la réduction des acides aminés aromatiques comme la tyrosine et le tryptophane. Cette réaction conduit à la formation d'un complexe coloré bleu foncé, avec une absorbance maximale à 750 nm.

La teneur en protéines totaux des échantillons analysés est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage : $DO = F$ (concentration) en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéines de référence.

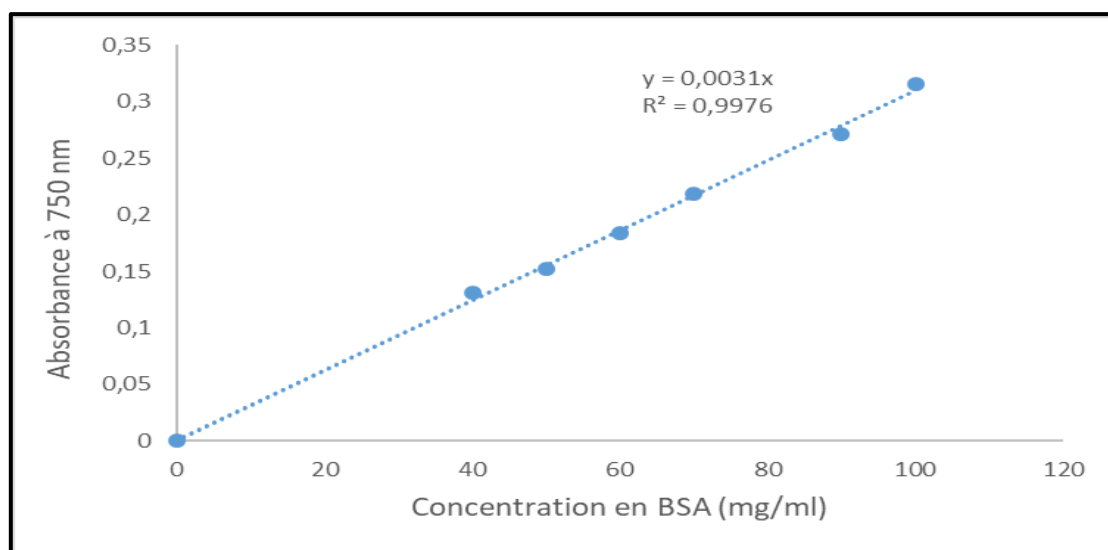
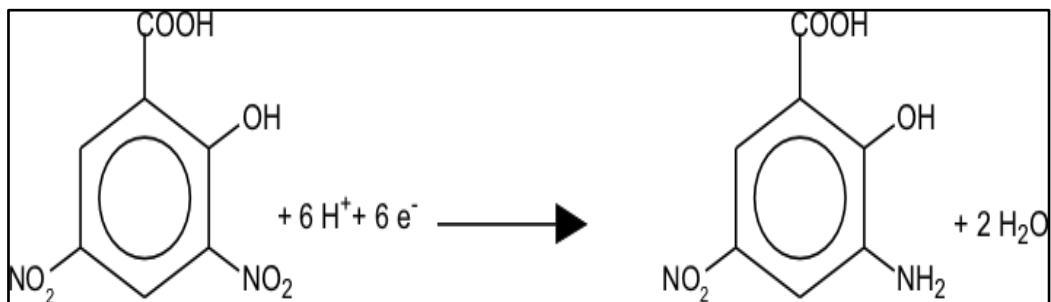


Figure 04 : Courbe étalon de dosage des protéines totales par la méthode de LOWRY *et al.* (1951).

2.2.5. Détermination de la teneur en glucides totale

Ce dosage colorimétrique est basé sur la propriété des glucides réducteurs (comportant une fonction aldéhyde libre) de réagir, grâce à la fonction aldéhyde libre, en milieu alcalin et à chaud, avec l'acide 3-5 dinitrosalicylique (3,5-DNS), selon la réaction suivante :



Acides 3,5 dini-trosalicylique
(jaune)

acide 3 amino5nitrosalysilique
(orange-rouge)

Le composé obtenu est rouge orangé à reflets pourpres. Il peut être dosé par spectrophotométrie qui a une absorbance maximale à 530 nm. La teneur en glucides totales des échantillons analysés est déterminée grâce à un courbe d'étalonnage : $DO = F(\text{concentration})$ en utilisant le glucose comme un glucide de référence.

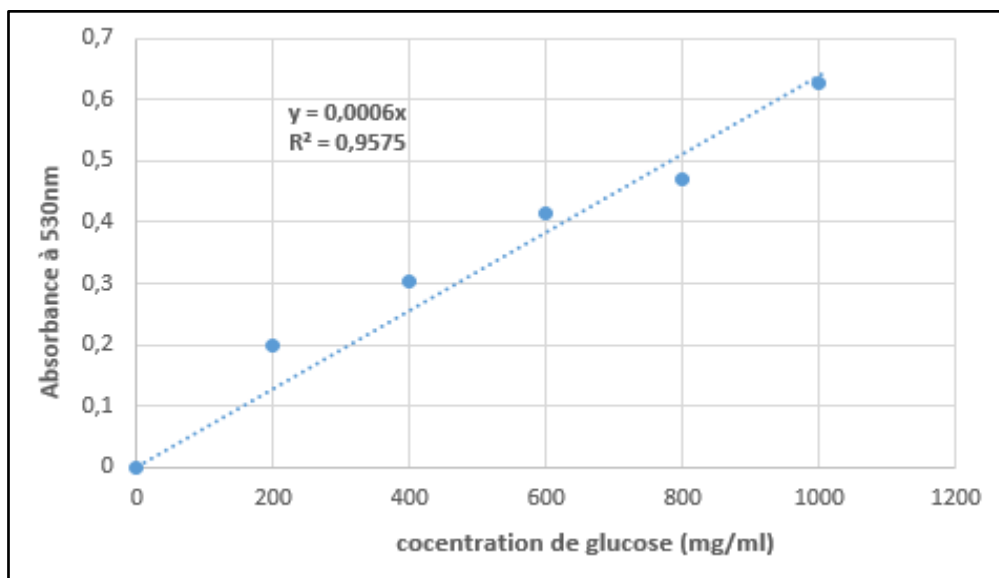


Figure 05 : Courbe étalon de dosage des glucides totaux par DNS

2.2.6. Evaluation du pouvoir antioxydant par piégeage du radical libre DPPH

- **Principe**

L'activité du piégeage du radical DPPH a été mesurée selon le protocole décrit par ZHU et al (2008). DPPH est une abréviation commune pour un composé chimique organique 2,2- diphenyl-1-picrylhydrazyl. C'est une poudre cristalline de couleur sombre composée de molécules de radical libre stables. En solution dans le méthanol, il est caractérisé par une couleur violette ; en présence d'un donneur d'hydrogène (AH) il est réduit à la forme non radicalaire 2,2-diphényl-1-picrylhydrazinede couleur jaune pâle (figure 6), cette propriété permet donc le contrôle visuel de la réaction. Ce passage de la première forme à la deuxième

est accompagné d'une diminution de l'absorbance et libération du radical A°. Le DPPH présente un maximum d'absorption dans le visible qui se situe vers 515-517 nm dans le méthanol et l'éthanol. Donc la réduction du radical libre DPPH par un antioxydant peut être suivie par spectrométrie UV-Visible à 517 nm

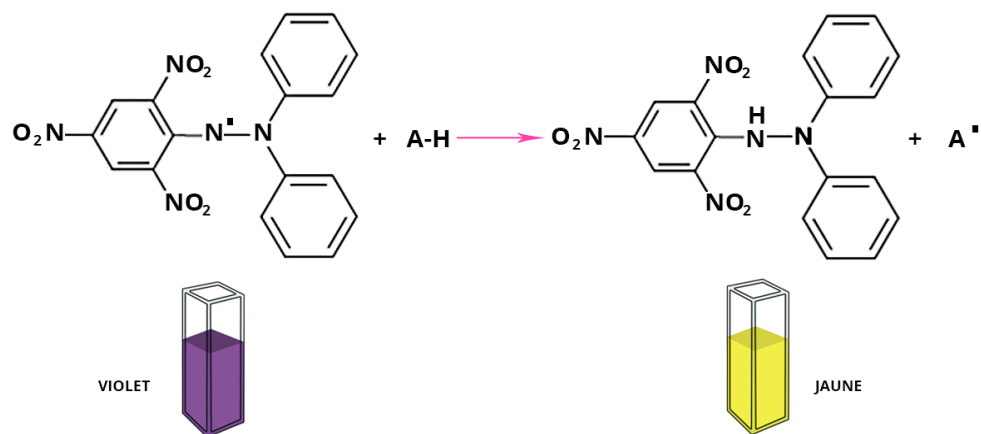


Figure 06 : Structure du DPPH et sa réduction par l'antioxydant (AH).

- **Mode opératoire**

Le test de DPPH est réalisé en suivant la méthode décrite (BRAND-WILLIAMS et al, 1995), où 0.1 ml de chaque échantillon sont mélangés avec 3.9 ml d'une solution méthanoïque de DPPH à 0.1mM. Les mélanges sont bien homogénéisés avant de les incuber pendant 1 heure à température ambiante et à l'obscurité. La mesure de l'absorbance est effectuée par spectrophotométrie à 517 nm. Avec trois répétitions pour chaque mesure. L'activité antiradicalaire est exprimée en pourcentage d'inhibition du radical libre DPPH, calculée à partir des résultats obtenus par la formule suivante :

$$I(\%) = \frac{\text{AbsC} - \text{AbsE}}{\text{AbsC}} \times 100$$

I(%) : le pourcentage d'inhibition (%).

Abs C : l'absorbance du contrôle (DPPH).

Abs E : l'absorbance de l'extrait.

2.2.7. Etude des propriétés techno-fonctionnelles des protéines sériques

2.2.7.1. Pouvoir moussant

- **Principe**

Le pouvoir moussant des protéines repose sur leur capacité à s'adsorber à l'interface air-eau, à former un film autour des bulles d'air et à stabiliser la structure de la mousse grâce à leurs propriétés hydrophiles et hydrophobes.

- **Mode opératoire**

Pour déterminer la capacité moussante des différents lactosérums, la méthode par Sze-Tao et Sathe (200) est utilisée. 25 ml d'échantillon a été transféré dans des éprouvettes graduées de 100 ml. A l'aide d'un homogénéateur homogénéiser les solutions protéiques à une vitesse de 13500 rpm pendant 3 minutes. Le volume total des échantillons a été mesuré avant et après le fouettage. La capacité moussante (CM) a été calculée par cette équation :

$$CM(\%) = \frac{V' - V}{V} \times 100$$

V' : Volume après homologation.

V : Volume initial avant homogénéisation.

La Stabilité des mousses (SM) après 30 min est calculée comme suivant

$$SM(\%) = \frac{V''}{V'} \times 100$$

V'' : Volume après 30 minutes.

V' : Volumes après homogénéisation.

2.2.8. Méthode électrophorétique PAGE Native

- **Principe**

L'électrophorèse est une méthode d'analyse basée sur la migration différentielle de particules chargées sous l'effet d'un champ électrique. Les protéines, du fait de leurs caractères amphotères, peuvent se comporter comme des anions ou des cations et se déplacer ainsi soit vers l'anode ou la cathode et être visualisées sous forme de bandes de migrations distinctes selon leurs charges et leur poids moléculaires. Le gel de polyacrylamide utilisé est le produit de polymérisation de monomères d'acrylamide (CH₂=CH-CO-NH₂) et d'un agent

de pontage le N, N' méthylène- bisacrylamide (CH₂=CH-CO-NH-CH₂-NH-CO-CH=CH₂). Cette réaction est catalysée par un générateur de radicaux libres composé de persulfate d'ammonium (NH₄)₂S₂O₈ et de N, N, N, N-tetraméthylènediamine (TEMED).

Cette polymérisation conduit à la formation de nombreuses chaînes enroulées qui déterminent un ensemble de micro-canaux de pores dans lesquels les molécules protéiniques se déplacent sous l'effet de tamisage moléculaire. Ainsi, le degré de porosité du gel (ou de réticulation) est variable selon les indices T et C choisis selon la relation :

$$T = (a+b/v) \times 100(\%)$$

$$C = (b/a+b) \times 100(\%)$$

a : acrylamide (g) ; b : N, N-méthylène -bisacrylamide (g) ; v : volume du tampon (ml)

- **Conduite de l'électrophorèse PAGE Native**

La méthode adaptée par Hillier (1976), a été utilisée. Un gel de polyacrylamide (T = 10 % ; C = 2,7%) en tampon Tris-HCl 0,75 M, pH 8,9 est coulé dans un système utilisant des plaques verticales. Le tampon d'électrodes contient du Tris 5 mM, glycine 77 mM et le pH est ajusté à 8,3 avec du Tris.

Les échantillons sous forme lyophilisée, sont additionnés de tampon d'échantillon (Tris/HCl 0,38 M, pH 8,9 contenant 10% de glycérol et 0,01% de bleu de bromophénol) à raison de 3 mg/ml pour les protéines sériques totales. Des dépôts de 5µL, 10 µL et 15 µL sont effectués dans les puits du gel. Le tampon d'échantillons contient du bleu de bromophénol qui est un indicateur coloré qui détermine le front de migration des protéines. La migration électrophorétique est effectuée sous des conditions électriques de 20 mA 250 V (annexe 02).

- **Révélation des bandes de migration**

A la fin de la migration, les protéines sont fixées dans l'acide trichloroacétique (TCA) 12 % (p/v) pendant 45 minutes puis colorées pendant 1 heure avec une solution de bleu de Coomassie R250, 0,5 % (p/v). La décoloration du gel s'effectue, sous agitation douce dans des solutions de décoloration renouvelées plusieurs fois.

Chapitre II

Résultats et discussion

III. Résultats et discussion

3.1. Evaluation des paramètres physico-chimiques

Notre objectif consiste à évaluer la qualité physico-chimique des lactosérums issus de la fabrication du camembert d'origine bovine et camelin par deux enzymes coagulantes d'origine différentes : la chymax importée et utilisé par les industriels (pour le lait bovin et camelin) et l'extrait de caillette cameline (obtenu au laboratoire ; travaux de thèse de Mme Isselnane S) pour le lait camelin.

Le dosage des paramètres physico-chimiques des trois lactosérums a révélé les valeurs mentionnées dans le tableau I

Tableau IX : Dosage des paramètres physico-chimiques des trois lactosérums

Type de lactosérum	lactosérum bovin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production présure extrait camelin
pH	4,356 ± 0,02	6,34 ± 0,026	4,376 ± 0,005
Acidité Dornic (°)	70 ± 0,00	13,66 ± 1,154	42,66 ± 0,577
Extrait Sec Total (%)	7,05 ± 0,317	5,853 ± 0,166	6,063 ± 0,297
Humidité (%)	92,25 ± 0,317	94,11 ± 0,169	93,93 ± 0,297
Teneur en protéines (g/L)	16,7 ± 2,3	17,8 ± 0,3	20,2 ± 15,4
Teneur en sucre total (g/L)	32,8 ± 10,2	46,2 ± 1,9	43,9 ± 2,1

3.1.1. Mesure du pH

Les résultats montrent que le pH du lactosérum camelin issue de la production fromagère chymax est de $6,34 \pm 0,026$ qu'il est plus doux que celle obtenu du lactosérum bovin issue de production fromagère chymax (présure) $4,356 \pm 0,020$ et celui obtenu du lactosérum camelin avec présure cameline qui est de $4,376 \pm 0,005$, ces deux derniers sont plutôt acides.

Selon Boudier et Luquet (1981), le pH de lactosérum se situe entre 3,8 et 4,6, c'est une valeur proche de celle du lactosérum bovin issue de la production fromagère chymax et celle obtenu du lactosérum camelin issue de la production fromagère avec la présure cameline.

D'après, Debout (2014), le pH de lactosérum bovin est $6,51 \pm 0,04$ et celui du lactosérum camelin est $6,52 \pm 0,013$, quand à l'étude comparative de la composition physicochimique du lait bovin et camelin cru menée par Gaucher *et al.*, (2008) et Khaskheli *et*

al, (2005), des pH de l'ordre de 6,8 et 6,77 pour le lait bovin et camelin ont été enregistrés respectivement. L'étude de Kamoun (1995) a révélé un pH de $6,51 \pm 0,12$ et de $6,65 \pm 0,02$ pour les lactosérums bovin et camelin.

Il est important de signaler que le pH n'est pas une valeur constante, elle varie au cours du cycle de lactation mais aussi sous l'influence de l'alimentation (GAUCHER *et al.*, 2008).

Lors de la fermentation par le probiotique le pH diminue dans les deux types de lait. Cette diminution est expliquée par l'hydrolyse du lactose en glucose et galactose ; le glucose sera ensuite fermenté pour produire des composés acides. La génération des composés acides entraîne un abaissement du pH (Amiot et Lapointe, 2002).

3.1.2. Mesure de l'acidité en degré Dornic

Les valeurs de l'analyse de la fraîcheur des divers lactosérums sont variées entre $13,66$ et 70°D . Le lactosérum camelin issu de production fromagère chymax (présure) présente une valeur de $13,66^\circ\text{D} \pm 1,154$ et une valeur de $42,66^\circ\text{D} \pm 0,577$ pour le lactosérum camelin issu de la production fromagère avec l'extrait de caillette cameline tandis qu'une valeur supérieure est observée pour le lactosérum bovin issu de la production fromagère avec la chymax qui est de $70^\circ\text{D} \pm 0,00$.

D'après Debouz (2014), l'acidité du lactosérum camelin est $17 \pm 0,01^\circ\text{D}$ et $18 \pm 0,01^\circ\text{D}$ pour le lactosérum bovin. Kamoun, (1995) a mentionné que l'acidité du lactosérum camelin est de $15,6 \pm 1,4^\circ\text{D}$ et $16 \pm 1^\circ\text{D}$ pour le lactosérum bovin. D'après les résultats d'une étude comparative de la composition physicochimique du lait bovin et camelin cru, celle-ci a montré que l'acidité titrable du lait bovin est de $40,33^\circ\text{D}$ et $29,67^\circ\text{D}$ pour le lait camelin.

Le lait frais contient très peu d'acides et pas d'acide lactique provenant de la transformation du lactose par les bactéries lactiques. L'augmentation de l'acidité provient donc d'un développement important de la flore lactique influencé par la température et la durée de conservation du lait ou peut être du temps pris lors des manipulations.

Le lait camelin se caractérise par un effet tampon plus prononcé par rapport au lait bovin (Kamoun et Ramet, 1989 ; Abutrabousch, 1996), c'est-à-dire le pH arrive à se maintenir à un niveau convenable malgré l'élévation de l'acidité Dornic (Kamoun, 1994). Ceci explique l'absence de relation directe entre le pH et l'acidité titrable pour le cas du lait camelin.

D'autres paramètres tels que la nature de l'alimentation des animaux, les conditions environnementales ainsi qu'à la période de lactation ont une influence sur l'acidité Dornic du lait camelin (Abu-Tarboush, 1996).

3.1.3. Extrait sec total

Les valeurs de l'extrait sec total (tableau I) varient de 5,853% à 7,05%, avec une moyenne d'environ 6,322%. Le lactosérum bovin issu de production fromagère chymax affiche la valeur la plus élevée, atteignant $7,05 \pm 0,317\%$. Le lactosérum camelin issue de production présure extrait cameline production fromagère chymax présente la plus faible teneur en matière solide à $5,853 \pm 0,166\%$. L'écart-type est compris entre 0,166% et 0,317% ceci indique une bonne reproductibilité des mesures.

Les résultats de notre recherche bibliographique montrent que le lactosérum camelin issue de production fromagère par la présure de caillette cameline ($6,063 \pm 0,297\%$) est proche de celle mentionnée par Boulkroune et Debbah A (2019) avec une valeur 6,22% et par Sottiez (1990) qui est de 6,70 %.

La valeur obtenu pour le lactosérum bovin issue de production fromagère chymax ($7,05 \pm 0,317\%$) est proche aussi de celle qui décrite par Hachi qui varie est entre 6,74 et 8,37%.

Les résultats du lactosérum camelin issue de production fromagère chymax ($5,853 \pm 0,166$) sont proches de ceux mentionnés par Bouazri (2012) qui varie entre 5,94 et 6,59%. Sienkiewicz *et al* (1990) apportent des valeurs en EST qui varient entre 6,42% et 6,70%. D'autres auteurs apportent des valeurs plus élevées en EST, environ 8,55% (Hadj-Idris, 2012) qui affirme que ces teneurs élevés en EST permettra d'enrichir le fromage lors de l'incorporation du lactosérum.

3.1.4. Le taux d'humidité

Les valeurs d'humidité que nous avons obtenue varient de 92,25 % à 94,11 %, avec une moyenne d'environ 93,43 %. L'écart-type est compris entre 0,166% et 0,317%, indiquant une bonne reproductibilité des mesures. Le test statistique ANOVA confirme qu'il n'y a pas de différences significatives entre les résultats de nos trois lactosérums.

Ces résultats restent proches de ce mentionnés par la majorité des auteurs ; 91,63% et 93,26% apporté par Hachi (2013) ; 93% et 93,5% indiqués par Morr *et al* (1993) ; et 93,30% et 93,58%) cité par Sienkiewicz *et al* (1990).

3.1.5. Dosage des protéines

Les résultats du dosage de protéines totales dans les différents lactosérums par la méthode de Lowry *et al* (1951) sont présentés dans le tableau VIII.

Nos résultats montrent que la teneur en protéines totales pratiquement identiques dans les trois productions, elle varie de $16,7 \pm 2,3$ à $20,2 \pm 15,4$ g/L. Le test statistique ANOVA confirme qu'il n'y a pas de différence significative entre les teneurs obtenues.

Des auteurs tels que Bayoumi (1990), apporte des teneurs en protéines de 10 g/L, tandis que les résultats de Kihal *et al* (1999) montrent une teneur de 8,5 g/L. Sottiez (1990) mentionne des valeurs qui varient entre 12 et 13,5 g/L, celles-ci sont proches de nos résultats.

Selon THAPON (2005), ces protéines sont classées comme protéines d'excellente valeur nutritionnelle, riches en acides aminés soufrés, en lysine et tryptophane. Ils possèdent des propriétés fonctionnelles exceptionnelles, mais ils sont sensibles à la dénaturation thermique.

La différence entre ces teneurs est liée à plusieurs facteurs tels que l'origine du lait où Sboui (2016) a mentionné que la teneur totale en protéines dans lait de chamelle ($34,15 \pm 3,11$ g/L) est légèrement supérieure à celle du lait de vache ($32,5 \pm 1,06$ g/L), ceci explique la teneur élevée des protéines dans les deux lactosérums cameline par rapport au lactosérum bovin. Wangoh (1997) et Zeleke (2007) indiquent que La teneur en matière protéique varie en fonction de la variation climatique saisonnière, donc le taux des protéiques dans le lait augmente

3.1.6. Dosage des sucres

Les résultats du dosage de sucre de lactosérum par l'acide 3,5 dinitrosalicylique (DNS) sont présentés dans le tableau I. Nos résultats montrent que la teneur totale en sucre est de $32,8 \pm 10,2$ g/L pour lactosérum issu de production bovin et $46,2 \pm 1,9$ g/L pour le lactosérum issu de production chymax et $43,9 \pm 2,1$ g/L pour lactosérum issu de production cameline.

Le test statistique ANOVA, confirme qu'il n'y a pas de différence significative entre les valeurs obtenues, ceci nous confirme que le type d'enzyme utilisée n'influence pas sur le taux de sucre obtenu ainsi que l'origine du lait camelin ou bovin, la teneur en sucre n'est pas variable.

Selon Roca-Fernandez (2014) et Gaucheron (2004), le lactose est le glucide prédominant et le constituant le plus stable du lait, ce dernier intervient dans le processus de fermentation. Selon Chethouna (2011) cette dernière varie en fonction de l'origine du lait de l'animal, du stade de lactation et du niveau d'hydratation.

La teneur en sucre que nous avons trouvé dans notre étude pour les deux lactosérums de camelin et le lactosérum bovin sont très loin de celle obtenue par Sottiez (1990) qui est de

65,5 et 76 g/L. Par contre la comparaison entre les deux lactosérums cameline issus de deux productions différentes par rapport à celle montrée par le FAO (1995) qui indique une teneur en lactose variable entre 42 et 48 g/L. Nos résultats sont comparables à ceux mentionnés par Boudier *et al* (1976).

Cette étude montre l'intérêt de la valorisation du lactosérum riche en sucre, afin de bénéficier de ses propriétés nutritionnelles et fonctionnelles ainsi que son utilisation dans divers secteurs tel que l'industrie agroalimentaire, en dermatologie et en cosmétologie.

A ce sujet on distingue plusieurs utilisations, on cite des exemples d'utilisations dans l'industries chimiques tels que la fabrication d'écumes de polyuréthane (Bardy *et al.*, 2016), dans l'industrie pharmaceutique tels que la préparation de nombreux médicaments (Cheftel *et al.*, 1985), utilisation dans l'industries alimentaires : qui est de plus en plus diversifiée notamment en charcuterie, confiserie, boulangerie, biscuiterie et pâtisserie (Sottiez, 1990).

3.2. Les propriétés techno-fonctionnelles

3.2.1. Les propriétés moussantes

Les résultats de l'étude de la capacité moussante des protéines natives à des pH différents pour les différents échantillons de lactosérum sont présentés dans le tableau IX.

Tableau X : Résultats de l'évaluation des propriétés moussantes

Type de lactosérum	lactosérum bovin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production présure extrait camelin
Capacité moussante (%)	74,66 ± 16,165	8 ± 0,00	56 ± 5,656
Stabilité moussante (%)	102 ± 2,824	102 ± 2,824	98 ± 2,828

Nos résultats montrent que la capacité moussante moyenne du lactosérum bovin est de 74,66 ± 16,165%. Cette valeur est plus élevée que celle du lactosérum bovin à production chymax (8 ± 0,00%) et du lactosérum camelin à production cameline (56 ± 5,656%).

Ces résultats indiquent que le lactosérum bovin a une meilleure capacité moussante que les lactosérums chymax et camelin. La variabilité plus importante est observée pour le lactosérum de bovin (écart-type de 16,165%) suggère que ses propriétés moussantes peuvent être plus sensibles aux conditions de production ou de traitement que celles des lactosérums à production avec chymax ou avec caillette cameline. Le lactosérum bovin présente la meilleure

capacité moussante parmi les trois types de lactosérum étudiés, avec toutefois une plus grande variabilité de cette propriété.

Ces résultats sont en accord avec Linden et Lorient (1994), qui affirment que les protéines de lactosérum bovin présentent d'excellentes propriétés moussantes. Les protéines globulaires de haute masse moléculaire, comme les protéines sériques, forment des films épais à mousse stable en raison de la formation d'une multicouche de protéine partiellement dénaturée à l'interface. Cela explique pourquoi le lait bovin a une capacité moussante plus élevée que le lait camelin.

Les résultats de notre expérience confirment également les observations de Cheftel et Lorient (1982) et Lorient et al. (1991) qui ont montré que les caséines et les protéines de sérum ont un bon foisonnement, mais que les caséines présentent une faible stabilité des mousses par rapport aux protéines de sérum.

Zayas (1997) a également souligné que les propriétés moussantes des protéines sont influencées par la source de la protéine, les méthodes et les paramètres de procédés, y compris l'isolement des protéines, la température, le pH, la concentration en protéines, le temps de mélange et le procédé de moussage, parmi les facteurs les plus influençant sur la capacité de moussage (CM) des protéines.

Pudron (1980) a montré que la tension superficielle à l'interface gaz-liquide est affectée par la température, avec une baisse de la tension superficielle à des températures plus élevées en raison de modifications de la conformation des protéines. Graham et Phillips (1980) ont montré différents taux de formation de mousse sur les solutions de protéines agitées en fonction des taux d'augmentation de la pression de surface lors de l'adsorption et ont suggéré de suivre l'ordre β -caséine > BSA > lysozyme.

Les résultats de la stabilité moussante moyenne du lactosérum bovin et camelin à production chymax est identique, elle est de $102 \pm 2,824\%$, tandis que celle du lactosérum camelin à production par extrait de caillette, elle est de $98 \pm 2,828\%$.

Ces résultats indiquent que les lactosérums bovins et camelin à production chymax ont des propriétés moussantes très similaires, avec des valeurs de stabilité très proches. Le lactosérum camelin présente une stabilité légèrement inférieure, mais toujours dans une plage relativement étroite.

A noter que la capacité moussante n'est pas liée à la stabilité moussante ; d'après Allali et al(2001), la caséine β , la plus flexible des protéines laitières, s'adsorbe rapidement à l'interface et permet la formation rapide de bulles, ce qui contribue à une mousse plus

volumineuse que celle obtenue avec un concentré de protéines sériques. Chitour (2004) a noté que les mousses liquides qui présentent une très grande surface interfaciale sont très sensibles à la déstabilisation.

La stabilité d'une mousse est directement liée à la propriété du film protéique formé à l'interface gaz/liquide. Selon BOUQUELET (2008), une meilleure stabilité est obtenue lorsque le film protéique est épais, cohésif, élastique, continu et imperméable au gaz. Pour obtenir une bonne capacité moussante, il est essentiel que la protéine soit soluble dans la phase liquide et capable de se déplacer rapidement dans la phase continue pour s'adsorber facilement à l'interface. Cependant, il est difficile de trouver une protéine qui offre à la fois une mousse abondante et stable.

3.3. Test de piégeage du radical DPPH

Les résultats de l'activité antiradicalaire des différents lactosérums estimés par le test du DPPH sont représentés dans le tableau III.

Tableau XI : Résultats de l'évaluation des propriétés moussantes

Type de lactosérum	lactosérum bovin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production fromagère chymax	lactosérum camelin issue de production présure extrait camelin
L'activité antioxydant (%)	26,2 ±1,8	42,6 ±8,8	48,8 ±1,4

Les pourcentages d'inhibition obtenus indiquent des mesures clés de l'activité antioxydants, sachant qu'un pourcentage d'inhibition élevé (proche de 100%) indique une forte activité antioxydant, car cela signifie que la substance a été très efficace pour neutraliser le radical libre. Inversement, un faible pourcentage d'inhibition (proche de 0%) montre une activité antioxydant limitée.

Dans nos résultats, des pourcentages d'inhibitions plus élevées pour le lactosérum camelin issue de la production fromagère chymax qui de 42,6% ±8,8, ainsi que pour le lactosérum camelin issue de la production présure extrait camelin (48,8 ±1,4), mais pour le lactosérum camelin issue de la production fromagère chymax, il est plus faible (26,2% ±1,8).

Notre résultat concorde avec l'étude de Salami *et al* (2010) qui s'est intéressée à l'évaluation de l'activité anti-oxydante des protéines camelines et bovines en utilisant le radical ABTS. Dans cette étude, il a été rapporté que l'activité anti-oxydante des protéines camelines est plus forte que celle des protéines bovines.

Plusieurs acides aminés offrent une activité anti-oxydante aux protéines par leur capacité à donner des protons aux radicaux libres (Trp, Phe, Tyr, His, Cys) ou par leur aptitude à chélater les ions métalliques (Glu, Asp, Lys, Arg, His) (ELIAS et al, 2005).

L'analyse de la structure primaire des protéines camelines démontre que ces derniers sont riches en acides aminés qui suggèrent avoir des propriétés anti-oxydantes (Phe, Trp, Tyr, His, Cys, Glu, Asp, Lys, Arg) (Salami *et al.*, 2010). et peut être une explication de l'activité antioxydant potentielle de des protéines sériques .

3.4. Control électrophorétique PAGE Native des protéines totales

La figure 8 illustre le profil électrophorétique des protéines sériques dans les différents lactosérums : bovin issue de la production fromagère chymax, camelin issue de la production fromagère chymax, et camelin issue de la production fromagère présure de caillette cameline.

En PAGE native (Figure 8), les protéines sériques bovines présentent des diagrammes de séparation assez comparables entre les échantillons examinés et selon les données bibliographiques les protéines sériques bovines déplacent en cinq bandes majeures, selon l'ordre croissant de leurs mobilités électrophorétiques, en distinguant : les immunoglobulines, l'albumine sérique, l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline qui se présente en doublet de variants génétiques A et B (Egito *et al.*, 2001).

Les séro- protéines présentes dans les deux lactosérums de chamelle se déplacent en trois bandes principales, dont une bande qui se déplace au même niveau que la SA bovine pourrait correspondre à la SA cameline. Il est possible que la bande qui se trouve au même niveau de migration que les Igs bovines soit similaire à leurs homologues camelines. Selon Agamy (2000b) les IgG du dromadaire ressemblent davantage aux immunoglobulines humaines qu'à celles des autres ruminants.

On trouve une bande très intense entre la BSA et l' α -La bovine, qui pourrait être l' α -La cameline. On explique cette intensité par l'abondance de cette protéine dans lactosérum cameline.

Le profil des séroprotéines camelines est caractérisé par l'absence de la bande qui correspond à la β -Lg. Ce dernier est totalement déférent à celle rapporté par plusieurs études (KIHAL et al, 1999 ; LEVIEUX et al, 2006), qui déclare l'absence de ce derniers dans lactosérum cameline, ce dernier peut être due à la race de chamelle où ils ont traité le lait.

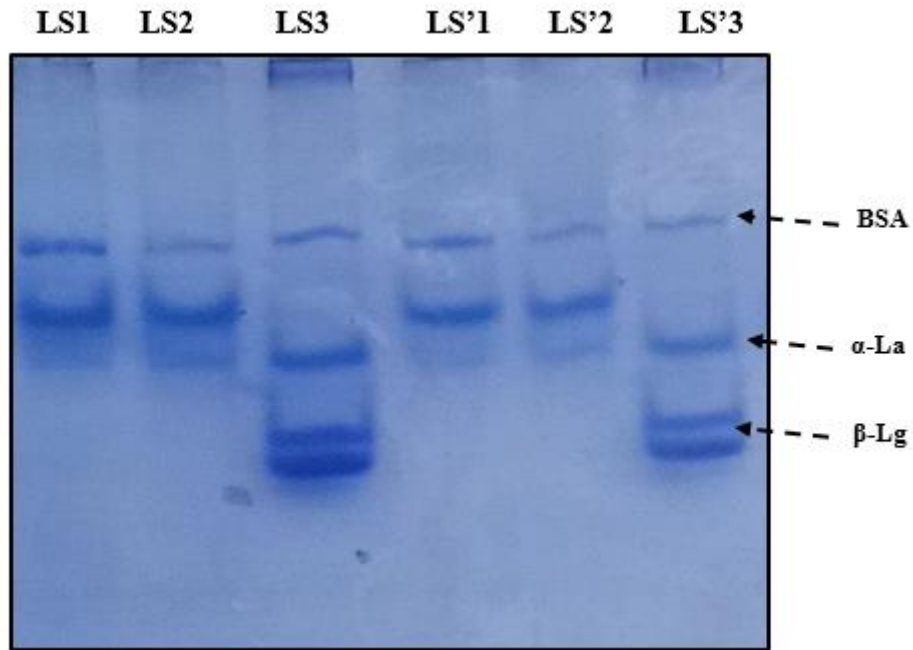


Figure 07 : Electrophorégramme PAGE-native (**T = 12%** ; **C = 2.9%**) des protéines des Lactosérums issus des trois productions fromagères ; Dépôts de 5 μ L (**LS1, LS2, LS3**) Et de 10 μ L (**LS'1, LS'2, LS'3**).

CONCLUSION

Conclusion

L'analyse comparative du lactosérum camelin et bovin met en évidence plusieurs différences significatives. Le lactosérum camelin (chymax) présente un pH plus élevé (6,34) que le lactosérum camelin (extrait camelin) et le lactosérum bovin (4,36). L'acidité Dornic est également plus faible pour les lactosérums camelin que pour le lactosérum bovin (70°D).

L'extrait sec total du lactosérum bovin (7,05%) est légèrement plus élevé que celui des lactosérums camelin. Cependant, l'humidité est comparable dans les deux types de lactosérum (environ 93%). La teneur en protéines totales est similaire, avoisinant 18 g/L.

Les protéines camelines présentent une composition en acides aminés différente de celles des protéines bovines, ce qui peut expliquer leurs propriétés fonctionnelles spécifiques. La teneur en sucres totaux est un peu inférieure pour le lactosérum bovin par rapport aux lactosérums camelin.

Le lactosérum bovin présente une meilleure capacité moussante (74,66%) que les lactosérums camelin (8% et 56%), mais la stabilité de la mousse est similaire pour les trois types de lactosérum.

En revanche, les lactosérums camelin ont une activité antiradicalaire plus élevée (42,6% et 48,8%) que le lactosérum bovin (26,2%), grâce à la présence d'acides aminés spécifiques dans les protéines camelines.

Les profils électrophorétiques des protéines sériques diffèrent significativement entre le lactosérum camelin et le lactosérum bovin, notamment par l'absence de β -lactoglobuline dans le lactosérum camelin.

En résumé, ces différences entre les lactosérums camelin et bovin suggèrent que le lactosérum camelin pourrait avoir des applications spécifiques dans divers domaines industriels.

L'analyse comparative du lactosérum camelin et bovin ouvre la voie à de nouvelles recherches sur les propriétés et les applications potentielles de ce sous-produit laitier tels que l'identification et la caractérisation des protéines et des peptides bioactifs présents dans le lactosérum camelin et l'évaluation des propriétés antimicrobiennes, anti-inflammatoires et autres propriétés bioactives du lactosérum camelin...etc.

Références Bibliographiques

- Abbas, S., Ashraf, H., Nazir, DA et Sarfraz, DL (2013). Analyse physicochimique et composition du lait de chamelle. *Revue de recherche internationale*. 2 : 83-98.
- Abdalla E.B., Ashmawy A.E.A., Farouk M.H., Salama O.A.E., Khalil F.A., Seioudy A.F., 2015. Milk production potential in Magrebi she-camels. *Small Rumin. Res.*, 123: 129–135
- Abdelguerfi A., 2003. Evaluation des besoins en matière de renforcement des capacités nécessaires à la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité importante pour l'agriculture, Rapport de synthèse, Tome IX. Projet ALG/97/G31 FEM/PNUD, Plan d'action et stratégie nationale sur la biodiversité, M.A.T.E, R.A.D.P
- Abiazar r., 2007 : Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier Propriétés technologiques des coagulums obtenus, thèse Agro Paris Tech, 142p.
- ABU-TARBOUSH H. M. (1996). Comparison of growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *J. Dairy Sci.*, 79, 366-371.
- Al-haj, A. et Al Kanhal, HA (2010). Aspects compositionnels, technologiques et nutritionnels du lait de dromadaire. *Journal laitier international*. 20(12) : 811-821.
- Amellal R., 1995. La filière lait en Algérie: entre l'objectif de la sécurité. In: Allaya M. (ed.). *Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000*. Montpellier (France): CIHEAM Options Méditerranéennes: Série B, Etudes et recherches 14: 229-238
- ABU-TARBOUSH H. M. (1996). Comparison of growth and proteolytic activity of yogurt starters in whole milk from camels and cows. *J. Dairy Sci.*, 79, 366-371.
- AMIOT J., FOURNER S., LEBEUF Y., PAQUIN P., SIMPSON R. et TURGEON H., (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. *Science et technologie du lait – Transformation du lait.*, ISBN :3-25-29 (600 pages).
- AourangZiane Saliha, Aissaoui Dalila, SaidiChahra, Bensaha Haddad Saliha, et Mati Abderrahmane. (2013). Séparation et caractérisation des principales protéines du lait du dromadaire algérien (*Camelus dromedarius*). *Journal des Émirats sur l'alimentation et l'agriculture*, volume 4, pages 283-290
- Babo D., 1998. Races bovines françaises. Editions : France agricole

- Bardy S; Bentz M; Bussiere T; Chatras J; Fontaine L; Gaugler M; Lechat A; Lefranc A et Lengronne O, (2016). Rapport de projet; valorization du lactosérum. Univ de LORRAINE, P 19-36.
- Beg O.U., Bahr-Lindström H.V., Zaidi Z.H., & Jörnvall H. The primary structure of α -lactalbumin from camel milk. *European Journal of Biochemistry* , 1985.147:233-239.
- Ben Aissa. (1989). Le dromadaire en Algérie. *Options méditerranéennes*, 2, 19-28.
- Bencherif A., 2001. Stratégies des acteurs de la filière lait en Algérie : Etats des lieux et problématiques. In: *Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée: Etat des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche. Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, n°32, 25-45.*
- BENGUETTAIA H et LEMLEM Y., 2013 - Caractérisation physicochimique et biochimique du lait camelin collecté localement en mi de lactation. Mémoire master académique biologie. U.K.M.Ouargla . 74p
- Bensakhria, Ayoub. "Valorisation du Lactosérum." *Magazine Science*, 29 Jan. 2018.
- BEZZALLA F et GOUTTAYA A., 2013 - Etude de la qualité microbiologique du lait camelin collecté localement en mi-lactation. Mémoire master académique biologie .U.K.M.Ouargla . 70 p.
- Bornaz S., Sahli A., Attalah A., & Attia H. Physicochemical characteristics and renneting properties of camel's milk: A comparaison with goats', ewes' and cows's milks. *International Journal of Dairy Technology*, 2009.62:505-513.
- Boudier J.F et Luquet F.M., 1989 : Utilisation des lactosérums en Alimentation Humaine et Animal, N°21, Labcodra, E nsia, Douai. 1-113.
- Boudier J F; Luquet F M; Perre C, (1976). Utilisations des lactosérums en alimentation humaine et animale, *Technique et Documentation*, Paris, 1-113
- BOULKROUNE Afaf DEBBAH Abdelkader (2019). Valorisation du lactosérum pour la production d'une enzyme coagulante du lait. Université Frère Mentouri Constantine 1 Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie Département de Biologie Appliquée
- Bouquet S., (2008). Les Protéines alimentaires in : « Biochimie alimentaire », Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.
- Brezovecki, A., Cagalj, M., Dermitt, ZF, Mikulec, N., Ljoljic, DB et Antunac, N. (2015). Lait de chamelle et produits laitiers. *Lait de chamelle, Mljekarstvo*. 65 : 81-90.

- CAYOT P. et LORIENT D. (1998). Structures et Techno fonctions des Protéines du Lait. Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris.
- Cebo, C., &Saadaoui, B. (2015). Analyse des protéines du lait des Camélidés par approches protéomique et moléculaire.
- Chaput G. ,1981 : problème technique et économique posé par le stockage et le transport ; technique et documentation ; paris : 250p.
- Chavan R. S., Chavan S. R., Khedkar C. D., Jana A. H. (2011). UHT milk processing and effect of plasmin activity on shelf life: a review. *Comprehensivereviews in food science and foodsafety*, 10(5), 251-268.
- Cheftel J-C et Lorient D., (1982). Aspects technologiques : Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. *Lait*, 62p, 435p.483p.
- Cheftel J.-C., Cuq J. L. et Lorient D. (1985). Protéines alimentaires : Biochimie, propriétés fonctionnelles, valeur nutritionnelle et modifications chimiques. Tec et Doc. Lavoisier
- 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 Magister biologie. U.K.M.Ouargla. 102 p
- Chitour C-E., (2004). Physico-chimie des surfaces, les interfaces liquide-liquide et gazliquide dans les solutions aqueuses. Ed OPU, N°2 , Alger.249p.
- Codex STAN 283-1978 CXS_283f.pdf
- Codex alimentaire,2002
- CONTE S., 2008.-Evolution des caractéristiques organoleptiques, physico-chimiques et microbiologiques du lait caille traditionnel, mémoire de diplôme, université Cheikh Anta Diop de Dakar, Sénégal, p2, 3.
- Copyright,sante-terre-vivant.fr, le-lait-composition-nutritionnelle-procedes-fabrication-criteres-choix,2018.
- Croteau, Stéphanie, et Alysson Guimont. "Le lactosérum, un déchet précieux." *Sciences et technologie des aliment*, Université Laval, 2024.
- De Witt J.N. (2001). Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1e édn., EuropeanWheyProducts Association, Bruxelles, Belgique.
- Dugat-Bony E., Bonnarme P., Fraud S., Catellote J., Sarthou A. S., Loux V., Rue O., Bel N., Chuzeville S., Helinck S. (2019). Effect of sodium chloride reduction or partial substitution with potassium chloride on the microbiological, biochemical and sensory

characteristics of semi-hard and soft cheeses. *Food Research International*, 125, 108643.

- EGITO A.S., GIRARDET J.M., MICLO L. et GAILLARD J.L. (2001). Highly sensitive periodic acid /schiff detection of bovine milk glycoproteins electrotransferred after nondenaturing electrophoresis, and isoelectric focusing. *Lait*, 81, 775-
- ELAGAMY E. I., ABOU-SHLOUE Z.L. et Y. I. ABDEL-KADER. (1997). A comparative study of milk proteins from different species. II. Electrophoretic patterns, molecular characterization, amino acid composition and immunological relationships. Third Alexandria conference on Food Science and Technology, Alexandria, Egypt. 1-3 March.
- El-Agamy E.I. Effect of heat treatment on camel milk proteins with respect to antimicrobial factors: a comparison with cow's and buffalo. *Food Chem.* 2000b; 68: 227-232.
- El-Aziz M AbdKasem JM, AasemFM, Abbas SM (2022) Physicochemical
- EL-HATMI H., GIRARDET J. M, GAILLARD J. L., YAHYAOUÏ M. H. and ATTIAH. (2007). Characterization of whey proteins of camel (*Camelus dromedarius*) milk and colostrums. *Small Ruminant Research*, 70, 267–271
- El-Hatmi H, Jr.annonceZ,Salhje Moi, Aguibi UN, NadriUN,KhorcHani T (2015)
- ELLOUZE S. et KAMOUN M. (1989). Evolution de la composition du lait de dromadaire en fonction du stade de lactation. *Options Méd.* 6 : 307-23.
- FAO (1995) *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* - Google Livres
- FAO (2024). *Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers ; Production laitière.*
- FAO (2024). *Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers ; Production laitière (Les animaux laitiers).*
- FAO (2024). *Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers ; Production laitière (Les animaux laitiers : Les chameaux)*
- FAO (2024). *Passerelle sur la production laitière et les produits laitiers ; Production laitière (Les animaux laitiers : Les bovins).*
- Faye B., 2004. Dairy productivity potential of camels. Proc. of the 34th meeting FAO/ICAR (International Committee for Animal Recording). Session on camelids. 28 mai-3 juin 2004, Sousse, Tunisie, 93-105

- Farah, Z. (1993). Composition and characteristics of camel milk. *Journal of Dairy research*. 60: 603-626.
- FARREL H. M., JIMENEZ-FLORES R., BLECK G. T., BROWN E. M., BUTLER J. E., CREAMER L. K., HICKS C. L., HOLLAR C. M. NG-KWAI-HANG K. F. et SWAISGOOD H. E. (2004). Nomenclature of the proteins of cow's milk- sixth revision. *Journal of Dairy Science*, 87, 1641-1674.
- Feliachi K., 2003. Rapport National sur les Ressources Génétiques Animales: Algérie.: Directeur Général de l'Institut National de la Recherche Agronomique d'Algérie (INRAA) Octobre 2003)
- Florian Ronez, Le lait et sa coagulation, thèse de doctorat,2012, Le lait et sa coagulation
- Fredot Emilie (2005). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Techniques et Documentations, Lavoisier, p. (397 pages).
- Fredot. (2006). Connaissance des aliments-Bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, Techniques et Documentations, Lavoisier, p. (397 pages).
- Gaucheron F. (2004) Minéraux et produits laitiers. Technique et Documentation, Lavoisier. Paris, France
- GELAIS ST-D, TIRRARD-DOLLER P., BELANGER G., DRAPEAU R., COUTURE R., (2002). Le Fromage in science et technologie du lait transformation et du lait. parvignola carole L.presse internationale polytechnique .p :349-413 .
- GOUDEDRANCHE H, CAMIER-CAUDRON B, GASSI J-Y, et SCHUCK P., (2001). Procédés de transformation fromagère (parité 1). Techniques de l'ingénieur (LRTL, INRA). F6305-2-F6307.
- Goursaud J, Boudier IF, 1985. Composition et propriétés physicochimiques, lait et produits laitiers. Lavoisier, paris-Tome 1.
- Guinee T. P. & Sutherland B. J. (2020). CHEESE: Salting of Cheese. Reference Module in Food Science.
- HABIB HM., IBRAHIM WH., SCHNEIDER-STOCK R. et HASSAN HM. (2013). Camel milk lactoferrin reduces the proliferation of colorectal cancer cells and exerts antioxidant and DNA damage inhibitory activities. *Food Chemistry*, 141, 148-152.
- Hachi, Amina. Etude comparative de l'incorporation de deux types de lactosérum (Acide et Doux) dans un fromage fondu. 2013. Thèse. di.univ-blida.dz.

- Hailu, Y., Hansen, EB, Seifu, E., Eshetu, M., Ipsen, R. et Kappeler, S. (2016). Propriétés fonctionnelles et technologiques des protéines du lait de chamelle : une revue. *Journal de recherche laitière*. 83 : 422-429.
- HARDY J. (1997). L'activité de l'eau et salage des fromages .in « Fromage ». Eck A Gillis J. LE. 3 e éd, Lavoisier, paris, p62-84.
- Herbert S. A., Riaublanc B., Bouchet D., Gallant J., and Dufour E., 1999: Fluorescence spectroscopy investigation of acid or rennet-induced coagulation of milk. *J Dairy Sci* 82:2056 – 2062.
- Hillier R. (1976). The quantitative measurement of whey proteins using polyacrylamide gel electrophoresis. *Journal of Dairy Research*, 259-265.
- Ioan Hutu, (2020). La production laitière :la production laitière mondiale et en roumanie (1e éd).
- Jean K, Renan M, Famelart MH, Guyomarch F. (2002). Structure and surface properties of the serum heat-induced protein aggregates isolated from heated skim milk.
- KAMOUN M. et RAMET J. P. (1989). Conservation et transformation du lait de dromadaire. CIHEAM-IAMM. In Options méditerranéennes. Séries séminaires n° 6, p. 229- 231.
- KAMOUN M. (1994). Evolution de la composition du lait de dromadaire durant la lactation : conséquences technologiques. In Actes du Colloque: "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre 1994, Nouakchott, Mauritanie.
- KAMOUN M. (1995) : Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation In Option Médit., 13, 81-103.
- KAPPELER S., FARAH Z. and PUHAN Z. (1998). Sequence analysis of Camelus dromedaries milk caseins. *Journal of Dairy Research*, 65, 209-222.
- KIHAL M., CHEKROUN A., BENSOLTANE A., KHEROUA O. et SAIDI D. (1999). Caractérisation of Algeriarawcamels'milk : proteins content and native lacticacidbacteria, 1ères Journées sur la Recherche Cameline, 25 au 27 mai, ITAS, Ouargla, Algérie.
- Konuspayeva, G., Faye, B., &Duteurtre, G. (2021). Commerce en ligne du lait de chamelle: nouveaux acteurs, nouveaux marchés. *Revue d'élevage et de médecine vétérinaire des pays tropicaux*, 74(3), 137-144.

- KNOESS K.H., MAKJDUN A.J., RAFIG M. and HAFEEZ M. (1986). Milk Production Potential of the Dromadary with special reference to the province of Penjab World Anim. Rev., 57, 11 -21
- LARSON (B. L.), JORGENSEN (G. N.) (1974). - In: Lactation, vol. 2, edited by
- Leksir C. (2018). Contribution à la caractérisation du Klila, un fromage traditionnel de l'est de l'Algérie. Thèse de doctorat. Université 8 Mai 1945. Guelma.
- LENOIR J., REMEUF F. et SCHNEID N. (2006). Le Lait de Fromagerie. In « Le fromage ». Eck et Gillis. 3 e éd. Technique et Documentation., Lavoisier, Paris
- LEVIEUX D., LEVIEUX A., EL-HATMI H. et RIGAUDIÈRE J. P. (2006). ,Immunochemical quantification of heat denaturation of camel (Camelus dromedarius) whey proteins. Journal of Dairy Research, 73, 1-9
- LEYMARIOS F. C., 2010.-qualité nutritionnelle du lait de vache et de ses acides gras. Voies d'amélioration par l'alimentation, thèse pour le doctorat vétérinaire, école nationale vétérinaire d'Alfort. Paris, France, p15.
- Linden 1987: linden G, 1987, les enzymes –lait matière première de l'industrie laitière INRA-paris.
- Lorient D et., Closs B et Caurthaudan J-L., (1991). - Connaissances nouvelles sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lait et des dérivés, Lait. 71p, 141p, 171p.
- Lowry O.H., Rosebrough N.J., Farr, A.L., and Randall R.J. 1951. Protein measurement with the folin phenol reagent. Journal of Biological Chemistry, 193, 265–275.
- Mahaut M., Jeantet R., Brule G. (2000). Initiation à la technologie fromagère. Lavoisier, Paris, 1-5.
- MAMI A., 2013.-Recherche des bactéries lactiques productrices et bactériocines à large spectre d'action vis-à-vis des germes impliqués dans les toxi-infections alimentaires en Algérie, thèse du doctorat, université d'Oran, Algérie, p 5,6,7.
- Mbye M., Mohamed H., Ramachandran T., Hamed F., AlHammadi A., Kamleh R., KamalEldin, A. (2021a). Effects of Pasteurization and High-Pressure Processing of Camel and Bovine Cheese Quality, and Proteolysis Contribution to Camel Cheese Softness. Frontiers in Nutrition, 8(336).
- Mbye, M., Ayyash, M., Abu-Jdayil, B. et Kamal-Eldin, A. (2022). La texture du fromage au lait de chamelle : effets de la composition du lait, des coagulants et des

conditions de transformation. *Devant. Nutr.* 9 : 868320. est-ce que je : 10.3389/fnut.2022.868320.

- Mietton B., 1995 : La typologie des fromages, Symposium organisé par la fondation des Gouverneurs et le centre de recherche et de développement sur les aliments d'agriculture et Agroalimentaire Canada, octobre, 245p.
- Morr C.V., Hae Y. (1993). Whey proteine concentrates and isolates: processing and fonctionnal properties. *Critical reviews in food science and nutrition*, 33(6). PP: 431-476.
- Morgan, P E, Treweek, T.M., Lindner, R.A., Price, W.E & Carver, J.A. (2005). Casein as molecular chaperones. *J. Agric.Food Chem.* 53: 2670-2683.
- MOSLAH M. (1994). La production laitière du dromadaire en Tunisie. Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers", 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie
- Muller A.,ChauferB.,MerinU.,Daufin G. (2003). Purification of -lactalbumin from a prepurified acid whey: Ultrafiltration or precipitation.
- OCHIRKHUYAG B., CHOBERT J. M., DALGALARRONDO M., CHOISSET Y. and HAERTLE T. (1997). Characterization of caseins from Mongolian Yak, khainak and bactrian camel. *Lait*,77, 601-613.
- OchirkhuyagB.,Chobert J-M., Dalgalarrondo M., Choiset Y., &Haertle T. Characterization of whey proteins from Mongolian Yak, Khainak, and Bactrian camel. *Journal of Food Biochemistry*, 1998. 22:105-124.
- Ono T et Obata T. A model for the assembly of bovine casein micelles from F2 and F3 subunits. *Journal of Dairy Research*,1989. 56:453-61.
- Payens T. A. (1982). Les propriétésphysico-chimiques des caséines α S1, β et K. *Lait*, 62, 306 320.
- Purdon A-D., (1980). The temperature dependence of surface tension and critical micelle concentration of egg lysolecithin, *Col/oidPolym.Sci.*, 258p, 1062p.
- RAMET J.P., 1985. La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen. FAO, M-26, ISBN92-5202169-8.
- Ramet J. P. (2006). Les Agents De La Transformation Du Lait ; in : « Le fromage » édition. Eck et Gillis. Technique et Documentation, 3ème éd., Lavoisier, Paris.

- Rankin S., Bradley R., Miller G., Mildenhall K. (2017). A 100-Year Review: A century of dairy processing Advancements-Pasteurization, cleaning and sanitation, and sanitary equipment design. *Journal of Dairy Science*, 100(12), 9903-9915.
- RICHARD D. et GERALD D. (1989). La production laitière des dromadaires Dankali (Ethiopie). *Rev. Elev. Méd. Vét. Pays Trp.*, 42, 97-103.
- Roca-Fernandez A.I. Animal factors condition milk performance and quality of grazing dairy cows. *IranianJournal of Applied Animal Science*, 2014. 4(1) :1-20.
- SALAMI M., MOOSAVI_MOVAHEDI A. A., EHSANI M. R., YOUSEFI R., HEARTLE T., CHOBERT J. M., RAZAVI S. H., HENRICH R., BALALAE S., EBADI S.A., POUTAKDOOST S. and NIASARI-NASLAJI A. (2010). Improvement of the
- 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.
- SIBOUKEUR O., 2007 - Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation. Thèse doctorat en Sciences Agronomiques. EL Harrach. INA. 135 p
- Sottiez., (1990). *Produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produit laitier*, tom 2. Ed, lavoisier paris, PP : 357-392.
- SOUID W., BOUDJENAH S., SIBOUKEUR O. (2013). Etude de l'activité antibactérienne de la nisine contre *Pseudomonas fluorescens*. *Algerian journal of aridenvironment.* ; 3(2) : 86-95
- St-Gelais D. & Tirard-Collet P. (2010). *Science et technologie du lait, Transformation du lait*, chapitre 6 fromages fondation de technologie laitière. Québec, Canada. Carole L Vangola. p349. 600p
- SWAISGOOD H.E., 1992. Chemistry of the caseins. In *Advance Dairy Chemistry-I: Proteins*. Fox P. F., Editor. New York: Elsevier Applied Science, pp.63-110.
- Sze-Tao K. W. C. et Sathe S.K. (2000). Walnuts (*Juglans regia* L): proximate composition, protein solubility, protein amino acid composition and protein in vitro digestibility. *J. sci. food agric.* 80:1393–1401.
- Tesfemariam, B., Seifu, E., Ipsen, R., Kurtu, MY et Hansen, EB (2017). Défis et opportunités de transformation des produits laitiers de chamelle. *Journal international des sciences alimentaires*. 2017(2) : 1-8.

- Thapon J.L., (2005) Science et technologie du lait, Agrocampus-Rennes, France: 14(77pages).
- Vignola C.L., 2002 : Science et technologie du lait : Transformation du lait – Montréal : Presse internationale polytechnique 600p.
- Vilain, A. C. (2010). Qu'est-ce que le lait ?. Revue française d'allergologie, 50(3), 124-127
- Walstra, P., Wouters, J.T. Geurts, T.J. Dairy science and technology. CRC press. 2006.
- Wangoh, J., Farah Z., & Puhan, Z. (1998). Isoelectric focusing of camel milk proteins. International Dairy Journal. 8: 617-621
- Yakhlef H., 1989. La production extensive du lait en Algérie. In : Le lait dans la région méditerranéenne. Options Méditerranéennes, Série A, Séminaires Méditerranéens n° 6, 135-139.
- Yirda, A., Eshetu, M. et Babege, K. (2020). État actuel de la transformation et des technologies des produits laitiers de chamelle : une revue. Journal ouvert des sciences animales. 10 : 362-377.
- Zhang, H., Yao, J., Zhao, D., Liu, H., Li, J & Guo, M. (2005). Changes in chemical composition of Alxa Bactrian camel milk during lactation. J. DairySci. 88: 3402-3410
- Zhu K., Zhou H. et Qian H. (2006). Antioxidant and free radical-scavenging activities of wheat germ protein hydrolysates (WGPH) prepared with alcalase, process biochemistry 41 1296–1302.