

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE



UNIVERSITE MOHAMED KHIDER- BISKRA

**FACULTE DES SCIENCES EXACTES, SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE
DEPARTEMENT DES SCIENCES AGRONOMIQUES**

Thèse

Présentée en vue de l'obtention du Diplôme De Doctorat en Sciences Agronomiques

THEME

**Etudes des propriétés fonctionnelles et des aptitudes à
la coagulation du lait de dromadaire par la couche de
kaolin du gésier des poules**

Présentée par

Mr Hamidi Mohamed

Jury :

Président: M. Belhamra M. Professeur (Université Med Khider- Biskra)

Directeur de thèse: M. Choukri A. Professeur (Université Ziane Achour- Djelfa)

Examineurs: M. Chahma A. Professeur (Université Kasdi Merbah-Ouargla)

M. Lahrech M. Professeur (Université Ziane Achour- Djelfa)

M. Benziouche S. MC(A) (Université Med Khider- Biskra)

M. Hakem A. MC(A) (Université Ziane Achour- Djelfa)

Année universitaire 2014-2015

REMERCIEMENTS

Je dois remercier Allah le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce travail.

C'est avec un grand plaisir que je réserve ces lignes en signe de gratitude et de reconnaissance à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce travail :

Je voudrais tout d'abord exprimer ma profonde et respectueuse gratitude à M CHOUKRI A mon promoteur je le remercie infiniment non seulement pour m'avoir proposé le sujet et accepté d'encadrer ce travail, mais surtout pour m'avoir insufflé le désir et la passion de la recherche, pour la confiance qu'il m'a accordé, pour ses grandes qualités humaines et le soutien qu'il m'a constamment apporté en me faisant profiter de son savoir ,qu'il trouve dans ces mots l'expression de mes vifs remerciements.

Un grand merci sincère à M SELATNIA recteur de l'université de mouhamed kheidher de Biskra ainsi que tout le personnel de l'université pour leur accueil.

J'aimerais manifester toute mes reconnaissances les plus profondes à tous les membres du jury ; M Belhamra M Professeur UMK de Biskra, pour l'honneur qu'il m'a fait en présidant le jury ainsi que M Chahma A Professeur UKM de Ouargla, M Benziouche S Maitre de conférences UMK de Biskra M Hakem A Maitre de conférences UZA de Djelfa qui ont bien voulu accepter d'examiner ce travail, en vue d'apporter leurs jugements les plus précieux sur ce travail c'est toujours un plaisir de discuter avec vous.

Je tiens aussi à remercier vivement M Lahrech M qu'il ma permet de travailler au niveau de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'université de Djelfa

Sans oublier de remercier du fond du cœur tous ceux qui m'ont apporté leurs aides et leurs soutiens moral mes Amis : Said, Mohamed et Atika.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

à la mémoire de mon regretté père qui a tant voulu me voir

réussir

Et à ma très chère mère qui m'a toujours soutenue.

Non oublier mon frère Aneur, ma femme Mansora et

ma petite fille Maria.

Résumé

Le lait de dromadaire présente d'excellentes propriétés thérapeutique et fonctionnelle à l'avantage des populations humaines. La transformation du lait en fromage est une technique de préservation très utilisées pour conserver ces vertus, mais l'opération est réputée délicate en raison des difficultés rencontrées pour réaliser la coagulation. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à étudier l'amélioration des aptitudes à la coagulation et l'influence de l'immobilisation d'un extrait enzymatique coagulant de la Couche de Kaolin des poules sur la coagulation du lait de dromadaire et les qualités des produits d'une part ; et par la valorisation d'un sous produits de la transformation dans l'industrie pharmaceutique après une étude des propriétés de surface du lait mis en œuvre d'autre part .D'après les résultats obtenus nous pouvons constater que les améliorations apportées ont contribué à améliorer les rendements fromagers, alors que l'immobilisation permet de conserver l'activité coagulante de l'enzyme ; nous avons également obtenu des fromages qui présentent des bonnes caractéristiques organoleptiques et microbiologiques. En guise de synthèse, nous pouvons conclure de notre étude réalisée sur le lactosérum camelin qu'il a présenté de très bonnes propriétés de surface : l'étude de la stabilité des émulsions formées a dévoilé que l'émulsion présente une bonne stabilité. De même l'étude comparative réalisée sur le foisonnement du lait de dromadaire et ses dérivés a dévoilé que la stabilité des mousses est intéressante. Ce travail a pu également prouver pour la première fois le rôle de ce sous-produit de l'industrie fromagère dans la protection contre des infections bactériennes dermiques ; cette étude a été effectuée sur trois souches qui appartiennent au même genre qui sont particulièrement des commensaux de la peau. Le résultat tiré des antibiogrammes montre que le lactosérum camelin présente un effet antibactérien vis-à-vis des souches bactériennes testées.

En ce qui concerne la crème dermique préparée, les analyses de stabilité sont satisfaisantes ce qui nous permet de conclure que la formulation galénique préparée peut être éventuellement utilisée dans le traitement des affections bactériennes dermiques.

Mots clés : Le lait de dromadaire, propriété thérapeutique, propriété fonctionnelle, propriétés de surface, amélioration, aptitudes à la coagulation, immobilisation, Couche de Kaolin, valorisation, industrie pharmaceutique, , rendements fromagers, activité coagulante, qualité, lactosérum camelin, émulsions, stabilité, mousses, effet antibactérien, crème dermique.

Abstract

Camel milk has an excellent therapeutic and functional advantage for human health. The transformation of milk into cheese is a preservation technique widely used to preserve the virtues of camel milk, but the operation is deemed difficult because of the difficulties to achieve coagulation. In our work, we were interested to study the improvement of coagulation skills and the influence of immobilization of a coagulant enzyme extract from layer Kaolin of chickens on camel milk coagulation and qualities of the products on the one hand and by the valorization of by-products from the processing in the pharmaceutical industry after a study of surface properties of this milk. According to the experimental results, we can see that improvements have helped to improve cheese yields then the immobilization keeps the coagulant activity of the enzyme; we also got cheeses that have good organoleptic characteristics. For the microbiological quality of the resulting cheese, we have studying the hygienic and sanitary qualities, we found them satisfactory. By way of summary, we can conclude from our study of the camel whey it presented very good surface properties: the study of the stability of emulsions formed revealed that the emulsion has good stability. Similarly, the comparative study on camel milk and its derivatives unveiled that the stability of foams is interesting. This work was the first to demonstrate the role of cheese industry by-product in protecting against bacterial infections dermis. This work was performed by on three strains belong to the same genus which are particularly commensals of the skin. Similar results were found for all three strains, the camel whey has antibacterial activity.

For the cream prepared by the whey, the analyzes performed on stability are satisfactory; this allows us to conclude that the galenic formulation prepared is hypothetically used in the treatment of dermal bacterial infections.

Key words : Camel milk, therapeutic properties, functional properties, surface properties, improvement, immobilization, layer Kaolin, valorization, quality, pharmaceutical industry, cheese yields.

ملخص

يمثل حليب الإبل مصدرا ممتازا للخواص الوظيفية و العلاجية و هذا لصالح البشرية.

يعد تحويل الحليب إلى جبن إحدى أهم طرق حفظ هذه الخواص و لكن تواجه عملية التحويل و التخثر مجموعة من العقبات و هذا ناتج لصعوبة عملية التخثر ، إعتدنا في عملنا على دراسة و تحسين عملية تخثر الحليب عن طريقي إستعمال إنزيم مستخرج من طبقة الكاولين لحويصلة الدجاج مثبت و تحديد نوعية المنتجات ، إلى جانب تثمين مصل الحليب في الصناعة الصيدلانية بعد دراسة الخواص السطحية للحليب المستعمل .

إستنادا للنتائج المحصل عليها يمكننا القول أن عملية التحسين قد أدت إلى زيادة مردودية الجبن إلى جانب أن عملية تثبيت إنزيم التخثر ساعدت على حفظ قدرة التخثر للانزيم مع إعطاء أجبان ذات جودة عالية .

نستنتج من دراستنا للخواص السطحية لمصل حليب الإبل أن مختلف التركيبات قد شكلت مستحلبات جيدة و مستقرة بالإضافة أنه قد أثبتت دراسة المقارنة التي أجريت على الحليب و مشتقاته السائلة أن الخواص الرغوية كانت جيدة .

أثبت هذا العمل للمرة الأولى الدور الذي يمكن لهذا المصل أن يحققه ضد الإلتهابات الجلدية و هذا استنادا للنتائج التي أظهرت تأثير مضاد لبعض سلالات البيكتيريا التي تهدد بشرة الإنسان مما حثنا على إعداد كريمة للبشرة بإستعمال مصل حليب الإبل من أجل معالجة بعض الإلتهابات الجلدية البكتيرية التي تتسبب فيها هذه السلالات البكتيرية .

الكلمات الدالة: حليب الإبل، الخواص الوظيفية، الخواص العلاجية، الخواص السطحية، التحسين، التخثر، التثمين، طبقة الكاولين، صناعة صيدلانية، مردودية الجبن، الجودة، مصل حليب الإبل، مستحلب، رغو، تأثير مضاد على البكتيريا، كريمة البشرة.

Liste des abréviations

Ac	Activité coagulante
AFNOR	Association Française de Normalisation
α -La	A-Lactalbumine
β -Lg	β -Lactoglobuline
BSA	Albumine Sérique Bovine
Cn	Caséine
CR/LSC	Emulsion crème dans lactosérum camelin
Da	Dalton
DEAE	Diéthylaminoéthyl
D.O	Densité Optique
E/H	Emulsion eau dans l'huile
F	Force coagulante
H/E	Emulsion huile dans l'eau
HA/E/CS+LEC	Emulsion huile d'amande dans l'eau en présence de Lécithine et de caseinate de sodium
HA/LSC	Emulsion huile d'amande dans lactosérum camelin
Ig	Immunoglobuline
LF	Lactoferrine
M	mole
NP	Azote protéique
NPN	Azote non protéique
pHi	pH isoélectrique
PM	Poids moléculaire
P/V	Poids/ Volume
TB	Taux butyreux
TCA	Acide trichloracétique
Tp	Taux protéique
UP	Unité présure
UI	Unité insuline
V/V	Volume / volume

Liste des figures

N°	Intitulé	Page
1	Modèle de SHMIDT, 1980 de micelle de caséine avec sous-unités	14
2	Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate de calcium (SCHMIDT, 1982).	15
3	Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de dromadaire et de vache (KAPPELER et al, 1998).	25
4	Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules : bulles de gaz entourées par du liquide Selon (BRUCHON, 2004).	32
5	Couche de kaolin des poules lavée	37
6	Protocole expérimental suivi pour l'étude de la coagulation et des propriétés fonctionnelles du lait de dromadaire	40
7	Extraction des enzymes à partir de la couche de kaolin par la méthode de VALLES et FURET (1977).	42
8	Étapes de la réalisation du test d'activité antibactérienne de lactosérum camelin	59
9	Influence du mode de conservation de l'extrait enzymatique sur le rendement fromager	66
10	Immobilisation par inclusion de l'extrait enzymatique dans l'alginate de sodium	68
11	Rendements fromagers des fromages préparés par extraits enzymatiques libre et immobilisé	69
12	Activité protéolytique de l'extrait enzymatique de la couche de kaolin comparée à celle de la présure.	71
13	Courbe d'étalonnage pour dosage des protéines par la méthode de LOWRY <i>et al</i> (1951)	73
14	Rendements fromagers en fonction de variation de la température de coagulation	78
15	rendements fromagers obtenus par l'ajout de concentration croissante de CaCl_2	79
16	courbes représentant les différentes valeurs d'absorbance des fractions éluées	82
17	photos présentent l'ensemble des émulsions formées	88
18	Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions	89
19	Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions	90
20	Nombre de gouttelettes lipidiques moyens des différentes émulsions	91
21	Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions	92
22	Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions	94

23	Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées	95
24	Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées	96
25	Résultat des tests antibactériens du lactosérum camelin vis-à-vis les souches testées	99
26	Aspect microscopique de la crème dermique préparée	102

Liste des tableaux

N°	Intitulé	Page
I	La production mondiale de lait en million de tonnes par espèce animale en 2003 d'après LHOSTEL (2004).	6
II	Quantité de lait produite par une chamelle, selon différentes sources.	7
III	Distribution des teneurs en azote des laits de dromadaire, de chèvre et de vache d'après MEHAIA et AL-KANHAL (1992).	11
IV	Concentration moyenne des protéines du lait de différentes Espèces en (mg/l) d'après KAPPELER et <i>al</i> , (2003).	19
V	Teneurs en minéraux du lait de chamelle par comparaison aux laits bovin et humain	21
VI	Composition moyenne en vitamines dans le lait de chamelle selon FAYE, (1997).	22
VII	Compositions des différentes émulsions préparées en (%)	52
VIII	Résultats des analyses physicochimiques portées sur le lait de dromadaire	62
IX	Résultats des analyses microbiologiques du lait et du fromage camelin.	74
X	Variation des valeurs du pH en fonction des doses de sel de calcium ajoutées	79
XI	Résultats obtenus par la spectrophotométrie des différentes fractions éluées	81
XII	Résultats des temps de floculation des fractions purifiées donnés en minutes	83
XIII	Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum camelin	85
XIV	Caractérisation et description des émulsions obtenues	87
XV	Résultats de l'activité antibactérienne de lactosérum camelin sur les souches bactériennes testées	98
XVI	Constitution de la crème dermique préparée	101
XVII	Résultats des caractéristiques physiques de la crème préparée	101

Sommaire

	Page
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	01
I/ Synthèse bibliographique	
1.1. Aperçu sur le dromadaire	03
1.2. Lait de dromadaire	04
1.2.1. Conservation et transformation du lait de dromadaire	04
1.2.2. Production du lait de dromadaire	05
1.3. Facteurs de variation de la production laitière cameline	07
1.3.1. Facteurs liés à l'animal	07
1.3.2. Facteurs liés aux conditions d'élevage	08
1.3.3. Facteurs liés aux conditions climatiques	08
1.4. Les principaux constituants du lait de dromadaire	09
1.5. Utilisation médicinale et Les propriétés thérapeutiques	22
1.6. Aptitudes à la transformation fromagère	24
1.7. Généralités sur les propriétés de surface.	26
1.7.1. Les émulsions	27
1.7.1.1. Définition	27
1.7.1.2. Constituants d'une émulsion	27
1.7.1.3. Etude schématique et classification des émulsions	27
1.7.2. Les mousses	31
1.7.2.1. Définition	31
1.7.2.2. Constituants d'une mousse	31
1.7.2.3. Etude schématique et classification des mousses	31
1.7.3. Propriétés de surface de quelques protéines du lait	34
II/ Matériel et méthodes	36
2.1. Matériel	36
2.1.1. Echantillons de lait	36
2.1.2. Echantillons d'enzyme coagulante	36
2.1.3. Appareillage	37
2.1.4. Petit matériel	38
2.2. Méthodes	38
2.2.1. Etude des caractéristiques du lait de chammelles collecté	38
2.2.2. Extraction des enzymes coagulantes	41
2.2.3. Immobilisation des enzymes coagulantes	43
2.2.4. Coagulation du lait de dromadaire	43
2.2.4.1. Etude des modes de conservations de l'extrait enzymatique	44
2.2.4.2. Caractérisation de l'extrait enzymatique brut	44
2.2.4.2. 1. Calcul du rendement d'extraction	44
2.2.4.2. 2. Activité coagulante	44
2.2.4.2.3. Activités protéolytique	45
2.2.4.2.4. Dosages des protéines par la méthode de LOWRY	46
2.2.4.3. Qualité microbiologique du lait et du fromage	46
2.2.4.4. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire	47

2.2.4.5. Comparaison entre rendements fromagers réel et théorique	48
2.2.5. Purification de l'extrait enzymatique par chromatographie échangeuse d'ions	48
2.2.6. Caractéristiques du lactosérum	49
2.2.7. Etude des propriétés émulsifiantes	51
2.2.7.1. Préparation et étude des émulsions	51
2.2.7.2. Observations au microscope optique	52
2.2.7.3. Estimation du nombre de gouttelettes lipidiques	53
2.2.7.4. Evaluation du diamètre des gouttelettes des émulsions	54
2.2.7.5. Calcul de la surface interfaciale	55
2.2.7.6. Evaluation de la stabilité des émulsions	55
2.2.8. Etude des propriétés moussantes	55
2.2.8.1. Détermination du pouvoir moussant du lait de dromadaire et ses dérivés	55
	56
2.2.8.2. Fabrication des mousses	60
	61
2.2.9. Etude de l'activité antibactérienne du lactosérum camelin	
2.2.10. Préparation dermique modifiée	
2.2.11. Analyse statistique	
III/ Résultats et discussion	
3.1. Caractérisation physicochimiques du lait de dromadaire	62
3.1.1. Matières sèche	62
3.1.2. Densité	63
3.1.3. pH	63
3.1.4. Matière grasse	64
3.1.5. Protéines	64
3.1.6. Lactose	65
3.1.7. Minéraux	65
3.2. Etude de l'influence des modes de conservations sur l'extrait enzymatique	66
3.3. Rendement fromager par immobilisation	67
3.4. Caractérisation de l'extrait enzymatique coagulant	69
3.4.1. Rendement d'extraction	69
3.4.2. Activité coagulante	70
3.4.3. L'activité protéolytique	70
3.4.4. Détermination de la teneur en protéines de l'extrait enzymatique	71
3.5. Qualité microbiologique du lait et du fromage camelin	73
3.5.1. Qualité microbiologique générale	74
3.5.2. Qualité hygiénique	75
3.5.2. 1. La flore coliforme	75
3.5.2.2. Streptocoques fécaux	75
3.5.2.3. Clostridium sulfito-réducteurs	76
3.5.3. Qualité sanitaire:	76
3.6. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire	77
3.6.1. Optimisation de la température de coagulation	77
3.6.2. Optimisation du pH de coagulation	78
3.7. Propriétés organoleptiques du fromage camelin obtenu	80

3.8. Evaluation de la pratique fromagère	80
3.9. Purification de l'extrait enzymatique de couche de kaolin	81
3.9.1. Spectrophotométrie :	81
3.9.2. Estimation du temps de floculation des fractions obtenus par chromatographie	82
3.10. Caractérisation du lactosérum camelin	84
3.10.1. Aspect général du lactosérum camelin	84
3.10.2. Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum	85
3.11. Étude des Propriétés émulsifiantes	87
3.11.1. Caractérisation des émulsions obtenues	87
3.11.2. Diamètre des gouttelettes lipidiques	89
3.11.3. Surface interfaciale	91
3.11.4. Nombre de gouttelettes lipidiques	92
3.11.5. Stabilité des émulsions	93
3.11.6. Index de stabilité	94
3.12. Pouvoir moussant du lait de dromadaire et de ses dérivés	94
3.12.1. Capacité moussante	95
3.12.2. Stabilité moussante	97
3.13. Pouvoir antibactérien du lactosérum camelin	100
3.14. Etude de la préparation dermique	
Conclusion générale	103
Références bibliographiques	
Annexes	

introduction générale

Introduction générale

Le dromadaire est un animal qui s'adapte mieux que n'importe quel autre animal d'élevage aux conditions désertiques. Dans ces régions, la production laitière de la chamelle est maintenue en quantité et en qualité acceptables au moment où les autres ruminants cessent toutes productions et ne parviennent pas à survivre. Le lait de chamelle est réputé pour ses propriétés médicinales il présente d'excellentes propriétés thérapeutique et fonctionnelle à l'avantage des populations humaines. Dans le but de profiter de ces vertus il fallait chercher des techniques pour le conserver et le transformer. Toutefois, si le lait de dromadaire se garde plus longtemps que celui de lait de vache, il a tout de même une durée de conservation limitée. Pour cette raison la transformation en fromage est une technique qui peut être utilisée pour le préserver ; mais l'opération est réputée délicate en raison des difficultés rencontrées pour coaguler ce lait, ces difficultés ayant pour origine une teneur réduite en κ caséine et une aptitude limitée à l'acidification et à la coagulation enzymatique.

Bien que la présure soit encore l'enzyme coagulante la plus utilisée en fromagerie, sa production connaît une pénurie mondiale croissante. Cette pénurie est due essentiellement à une augmentation croissante de la production et la consommation du fromage, et l'impossibilité d'augmenter en parallèle la production de présure. Cette pénurie a provoqué des fluctuations très importantes de son prix. Ces raisons ont fait que de nombreuses recherches ont été entreprises par de nombreuses équipes dans tous le monde afin de trouver des succédanés efficaces et compétitifs utilisables industriellement et comprendre les particularités structurales et physico-chimiques de ce lait afin d'apporter des correctifs appropriées .Parmi ces succédanés, les plus anciens sont des protéases d'origine végétale employées dans des préparations traditionnelles. Pour pallier le déficit en présure, d'autres enzymes ont été envisagées telles que les protéases d'origine fongique synthétisées ainsi que

des succédanés d'origine animale tels que les pepsines porcines ou bovines, les protéases gastriques d'animaux marins et les pepsines extraites des proventricules de volailles.

En plus des difficultés rencontrées le fromage ne peut renfermer la totalité des éléments et composants apportés par le lait de dromadaire ; une partie de ces éléments intéressants sera transférée au deuxième produit dérivé de la fabrication du fromage ou de la caséine appelé lactosérum d'où la nécessité de le valoriser et d'éviter de le rejeter directement dans les cours d'eau.

Dans le but d'apporter plus de connaissances sur la coagulation du lait de dromadaire, nous nous sommes intéressés dans notre travail à étudier l'amélioration des aptitudes à la coagulation et l'influence de l'immobilisation d'un extrait enzymatique coagulant de la Couche de Kaolin des poules sur la coagulation du lait après avoir déterminé les caractéristiques de cet agent coagulant pour mieux évaluer cette technique fromagère et la qualité des produits obtenus notamment le fromage camelin ainsi que le lactosérum qui représente une nouvelle classe de constituants qui offre de remarquables propriétés fonctionnelles et thérapeutiques pour les préparations industrielles et médicinales.

Dans cette optique scientifique, la présente étude s'articule autour de volets d'investigations complémentaires :

- détermination de la composition physico-chimique et microbiologique du lait de dromadaire et ces dérivés.
- caractérisation de l'extrait coagulant de la couche de kaolin
- évaluation de la propriété gélifiante représentée par la coagulation du lait par un l'extrait enzymatique immobilisé
- l'étude des propriétés de surface du lait et ces dérivés regroupant les propriétés émulsifiantes et moussantes dans le but de valoriser le lactosérum dans un domaine industriel et médicale.

synthèse bibliographique

1.1. Aperçu sur le dromadaire

Le dromadaire fait l'objet d'une attention particulière ces dernières années de la part des autorités nationales, pour une meilleure connaissance, de sa sauvegarde et de son développement. Le nom « dromadaire », est donné à l'espèce de chameau à une seule bosse, dérive de terme grecque « *dromados* » qui signifie la «course», il appartient au genre *Camelus* de la famille des *camelidae* et dont le nom scientifique est *Camelus dromadarius* (ZEUNER, 1963). Selon FARAH (1993), Le genre *Camelus* comprend aussi une deuxième espèce *Camelus bactrianus* ou chameau à deux bosses.

Le dromadaire vit dans les régions chaudes, arides et semi-arides de la planète, il a longtemps constitué, l'un des principaux vecteurs de sédentarisation des populations humaines dans les régions désertiques d'Afrique et d'Asie notamment (SIBOUKEUR, 2007). L'utilité majeure du dromadaire découle directement de sa remarquable adaptation aux conditions de milieux très difficiles; elle lui permet de prospérer là où aucun autre animal domestique ne peut simplement survivre. Cette exceptionnelle résistance résulte de plusieurs particularités anatomiques et physiologiques lui permettant de vivre dans un environnement hostile. Ainsi lorsque l'animal dispose de fourrages verts, il peut rester en saison tempérée plusieurs mois sans s'abreuver; en période très chaude, il peut ne pas boire pendant 8 à 10 jours et perdre jusqu'à 30 % de sa masse corporelle par déshydratation (YAGIL, 1985; RAMET, 1987).

Le dromadaire se caractérise parmi les autres ruminants par la variété de son régime alimentaire: il peut indifféremment se nourrir de plantes herbacées, d'arbustes, de pousses d'arbres et même de cactées et de noyaux de dattes; pendant la saison sèche il ne dispose le

plus souvent que de plantes desséchées ou épineuses, pauvres en protéines mais très riches en fibres et en cellulose (PEYRE, 1989).

1.2. Lait de dromadaire

Le lait de chamelle joue un rôle essentiel dans une société pastorale: il nourrit, désaltère et guérit (EDMOND, 2002). D'après NARJISSE (1989), l'intérêt de la production laitière de la chamelle est d'autant plus vital qu'elle intervient dans le cadre de système d'élevage où seul le dromadaire peut vivre et produire et par voie de conséquence contribuer à la nourriture des populations autochtones. Selon KONUSPAYEVA *et al* (2004), le lait de chamelle est apprécié pour ses propriétés anti-infectieuses, anticancéreuses, antidiabétiques et plus généralement comme reconstituantes chez les malades convalescents.

EDMOND (2002), a discriminé le lait de chamelle comme un aliment majeur, tant par sa qualité nutritionnelle que par sa valeur symbolique. Le même auteur suggère que le lait de chamelle est léger, mousseux, légèrement salé, il ne communique aucune maladie. Supérieur à tous les autres types de lait, il possède toutes les vertus. Le goût du lait varie selon les pâturages : « On retrouve le goût salé dans les pâturages à (*Atriplex halimus* L.), ou l'odeur de choux sous régime à base de (*Schouwia purpurea*).

1.2.1. Conservation et transformation du lait de dromadaire

Désormais, le lait de chamelle, qui a contribué dans le temps à la survie des populations autochtones des régions sahariennes, est appelé à se développer et à être confronté à des procédés technologiques visant une diversification de son utilisation. Bien que présentant des aptitudes technologiques plus limitées, ce lait a été testé avec succès dans la fabrication de plusieurs produits dérivés (fromage, laits fermentés, beurre, crèmes glacées...), ce qui laisse

augurer de réelles possibilités d'utilisation de ce produit par les populations sahariennes sous des formes variées (SIBOUKEUR *et al*, 2005).

1.2.2. Production du lait de dromadaire

RAMET (1993), considère que la pratique de la traite conditionne également la quantité de lait de récolte. Le chamelon est mis à téter pendant quelques minutes en début de traite pour favoriser la montée du lait, puis il est écarté pour la suite de la traite qui est faite manuellement. La traite doit être exécutée par une personne acceptée par le dromadaire, le changement du trayeur habituel entraîne très souvent une importante rétention lactée. Il apparaît également que le nombre de traites influence la production laitière journalière.

Généralement les animaux sont traits de deux à quatre fois par jour (HARTLEY, 1980; RAMET, 1987; MARTINEZ, 1989). Selon EVANS et POWYS, (1980), la traite est effectuée parfois jusqu'à six à sept fois ; selon les mêmes auteurs le passage de deux à quatre traites accroît la production de 1 à 1,5 kg de lait par jour.

La production journalière moyenne semble se situer au voisinage de 2 à 6 litres en élevage extensif traditionnel, contre 12 à 20 litres en élevage plus intensif. Les valeurs annoncées sont peu homogènes, leur grande dispersion s'explique par le fait que les mesures ont été établies le plus souvent de manière ponctuelle et sans prendre en compte des facteurs particuliers pouvant influencer la production laitière. De plus, la pression sélective de l'homme sur le dromadaire a été en ce sens très inférieure à celle exercée sur les autres espèces domestiques (GERARD et RICHARD, 1989).

LHOSTEL (2004) a estimé que 85 % du lait produit est commercialisée à travers le monde, provient de la vache. La femelle dromadaire occupe une place minimale (0,2 %) (TABLEAU I).

TABLEAU I : La production mondiale du lait en million de tonnes par espèce animale en 2003 (LHOSTEL, 2004).

Espèce	Production	Contribution en %
Lait de vache	507.4	84.4%
Lait de bufflonne	72.6	12.1%
Lait de chèvre	11.8	2.0%
Lait de brebis	7.9	1.3%
Lait de dromadaire	1.3	0.2%

Les estimations faites par quelques auteurs sur la quantité de lait produite par chamelle, nous donnent des valeurs différentes, avec des durées de lactation de 8 à 18 mois, comme le montre le tableau II

Tableau II : Quantité de lait produite par une chamelle, selon différentes sources.

Durée moyenne de lactation (mois)	Production moyenne (litre)	Sources
15	2000	GENIN, 1966
14	2847	RAYMOND et MORTON, 1984
10-12	800-4000	KAMOOUN et RAMET, 1989
11-12	800-1300	NARJISSE, 1989
8-18	1800-3500	FAYE, 1997
12	1640	XAVIER <i>et al</i> , 2000
12-18	1000-2700	EDMOND, 2002

1.3. Facteurs de variation de la production laitière cameline

La variation de la production du lait de chamelle est la conséquence de plusieurs facteurs liés à l'animal, aux conditions d'élevage et aux conditions climatiques

1.3.1. Facteurs liés à l'animal

La composition du lait est influencée essentiellement par les facteurs génétiques ; à l'intérieur d'une même race il existe des différences de production. Généralement, les races camelines asiatiques sont considérées comme meilleures races laitières que celles africaines où les productions individuelles varient entre 1000 et 2700 litres par lactation en Afrique, mais peuvent atteindre 7 000 à 12 000 litres selon certaines sources en Asie du Sud (FAYE, 2003).

Le stade de lactation présente l'un des principaux facteurs de variation de la production et de la composition de lait, le même auteur a confirmé que la production laitière atteint son plus haut niveau entre le troisième et le huitième mois de lactation, les trois premiers mois étant entièrement laissés au chamelon.

1.3.2. Facteurs liés aux conditions d'élevage

La production laitière des chammelles varie en fonction de l'alimentation. Suivant un dispositif expérimental dans le quel KNOSS (1977) a rapporté qu'à partir d'un contrôle laitier effectué sur des chammelles pâturant des pâturages irrigués de *Panicum maximum*, la production laitière moyenne obtenue sur 12 mois de lactation atteint 2140 Kg ; par contre dans des parcours dégradés et de faible valeur pastorale, une enquête touchant 158 chammelles ne révèle qu'une production moyenne de 640 Kg de lait.

Plusieurs auteurs notamment KAMOUN (1991); EDMOND (1992); ADAMOU (2000); XAVIER(2000); CHEHMA(2003) et FAYE(2003), ont constaté que la présence du chamelon au pis de sa mère est indispensable pour maintenir l'activité de production laitière de la mère.

En règle générale, la production laitière augmente avec la fréquence de traite ; le passage de deux à trois traites par jour augmente la production journalière de 28,5% et celui de trois à quatre traites n'augmente la production que de 12,5% (KAMOUN, 1991).

1.3.3. Facteurs liés aux conditions climatiques

Certains auteurs, tels YAGIL et ETZION (1980), rapportent que la déshydratation n'affecte pas le niveau de la production laitière sur le plan quantitatif chez la chammelle alors qu'elle le diminue chez la chèvre et la vache. Ainsi NARJISSE (1989) a montré que la chaleur et la déshydratation n'ont pas d'effets notables sur la production du lait seule la teneur en eau varie avec le rythme d'abreuvement. Toutefois FAYE (2003), considère que l'influence

de la saison sur la composition du lait de dromadaire résulte des effets combinés de l'alimentation, des facteurs climatiques (chaleur, aridité) et du stade de lactation. Il était difficile de dissocier entre ces facteurs, mais l'effet global s'est traduit par une chute de l'extrait sec total, résultant de la diminution du taux de matière azotée et plus particulièrement les caséines, durant l'été.

1.4. Les principaux constituants du lait de dromadaire

La composition du lait est caractérisée par une grande complexité dans la nature et la forme de ses composants ; ceux-ci sont particulièrement adaptés aux besoins nutritionnels et aux possibilités digestives du jeune animal qui y trouve tous les éléments nécessaires à sa croissance ; quatre composants sont dominants du point de vue quantitatif: l'eau, les matières grasses, les protéines et le lactose.

1.4.1. Eau

D'après NARJISSE (1989), la caractéristique essentielle du lait de la chamelle réside cependant dans la variabilité de sa teneur en eau qui est fonction des disponibilités d'eau de boisson. Ainsi, le même auteur a observé que la restriction de l'eau de boisson entraînait une augmentation de la teneur en eau du lait de la chamelle qui passait de 86 à 91%. Cela représente en période de sécheresse un avantage appréciable pour le chamelon qui trouvera dans le lait une source de fluide nécessaire au maintien de son homéostasie et sa neutralité thermique.

1.4.2. Lactose

Selon RAMET, (2001) Le lactose dans le lait de dromadaire reste invariable du premier mois jusqu'à la fin de la lactation. Le taux moyen de lactose contenu dans le lait de dromadaire est de 4,62 % contre 4,80 % dans le lait de vache. Quoique le lait contient près de

4,6 % de lactose, son goût n'est pas sucré, le pouvoir sucrant du lactose n'étant que de 22 par rapport au saccharose à qui une valeur attribuée égale à 100 (AMIOT et al, 2002).

Le lait de chamelle est pauvre en lactose donc adapté aux consommateurs allergiques aux produits laitiers (GAËTAN, 2006).

1.4.3. Matière grasse

Les lipides du lait de dromadaire ne contiennent presque pas d'acides gras à chaîne courte (moins de 14 atomes de carbone), contrairement à ce qui est observé chez les autres ruminants (CHILLIARD, 1989). Le lait de dromadaire est par contre riche en acides gras insaturés par rapport au lait de vache (mais bien moins que le lait de jument) (KONUSPAYEVA, 2007). L'intérêt diététique du lait de chamelle fait l'objet d'études importantes, en particulier de GAËTAN (2006) qui avait montré que ce lait a une faible teneur de cholestérol.

De plus FAYE (1997) ; CHILLIARD (1989) et KONUSPAYEVA (2007) ont souligné que la quantité des acides palmitique, stéarique, oléique et myristique est plus importante chez la chamelle que chez la vache ; ces caractéristiques incitent à confirmer le rôle du lait de chamelle pour la santé du chamelon et du nomade.

D'après FARAH (1993), la teneur en matière grasse du lait de dromadaire, varie très sensiblement d'une région à une autre. Le pourcentage de matière grasse dans le lait de dromadaire varie de 1.1 % à 5.6 %. Lorsqu'il y a une augmentation de l'eau dans le lait, il y a une diminution de la matière grasse de 4.3 % à 1.1 % (YAGIL 1982, WILSON 1984).

Selon ELLOUZE (1990), la matière grasse de lait de dromadaire est difficile à séparer par écrémage. Cela est dû d'après KNOESS et al, (1986) à la faible taille des globules gras sphériques de diamètre compris entre 2.31 et 3.93 μm et à leur composition particulière en acide gras. YAGIL et ETZION (1980b), ont expliqué ce comportement par une densité de la

crème très proche de celle du lait écrémé, et/ou par les propriétés physicochimiques de la membrane des globules gras qui serait plus hydrophile.

1.4.4. Matière azotée

La fraction azotée du lait de dromadaire, comme celle du lait de vache, est répartie en deux sous fractions : l'azote non protéique (NPN), et l'azote protéique (NP)

TABLEAU III : Distribution des teneurs en azote (mg/100ml) des laits de dromadaire, de chèvre et de vache (MEHAIA et AL-KANHAL1992).

Formes d'azotes	Lait de dromadaire	Lait de chèvre	Lait de vache
Azote total (NT)	485	475	540
Azote protéique (NP)	436	438	509
Azote non protéique (NPN)	49	37	31

1.4.4.1. Azote non protéique

La teneur en azote non protéique du lait de dromadaire qui varie entre 9,1% et 11,4% de l'azote totale est nettement plus élevée par rapport au lait de vache qui a un teneur en azote non protéique entre 4,6 et 5,8 % (FARAH, 1993).

Le lait de dromadaire représente une importante source en acides aminés essentiels. L'azote non protéique englobe un ensemble de constituants très divers à poids moléculaire réduit, dont les principaux sont l'urée, des acides aminés libres, des bases organiques. Ces éléments ne sont pas coagulables, dans les fabrications fromagères, ils sont éliminés avec le sérum.

1.4.4.2. Azote protéique

L'azote protéique du lait de dromadaire représente 90,2 % de l'azote totale, contre 94 à 95 % pour le lait de vache (MEHAIA et al, 1995).

Selon leur sensibilité ou non au pH, les protéines du lait de dromadaire se scindent en deux fractions : La première précipite à son pH isoélectrique se situant à 4,3 correspond aux caséines (WANGOH *et al*, 1998); alors que l'autre reste soluble dans cette zone de pH considérée représentant les protéines du lactosérum (FARAH, 1993).

1.4.4.2.1. Fraction insoluble (les caséines)

Les matières protéiques du lait sont représentées principalement par la caséine qui est la protéine caractéristique du lait et la principale composante du fromage (MEHAIA et al, 1995). Le terme de caséine désigne, en réalité, un mélange hétérogène de protéines phosphorylées spécifiques du lait. C'est un complexe protéique acide et riche en ions phosphates (PIERRE, 2002).

Le taux de caséine totale est un peu plus faible dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache; il représente 75 à 79 % de la matière protéique contre 77 à 82 % pour le lait de vache (JENNESS et SLOAN, 1969; MEHAIA, 1987 ; RAMET, 2001).

La caséine n'est pas une seule protéine, mais un ensemble de protéines différentes. C'est-à-dire un agrégat de fractions de caséine, elle est formée par quatre fractions principales appelées : α_{s1} -CN, α_{s2} -CN, β -CN et κ -CN (CHEFTELE J.C et CHEFTELE H, 1984). D'après SCHMIDT (1982) les caséines présentent une structure lâche et peu ordonnée qui les rend accessibles aux enzymes protéolytiques.

1.4.4.2.1.1. Caséine α S1 :

C'est la protéine la plus abondante du lait. Dans le lait de chamelle, elle représente 22% des caséines totales et contient 215 acides aminés pour une masse moléculaire de 25,773KDa et un point isoélectrique de 4,4 (KAPPELER et al, 1998).

1.4.4.2.1. 2. Caséine α S2 :

L' α S2 cameline est composée de 178 acides aminés pour une masse moléculaire de 21 266 Da. Son point isoélectrique est de 4,58. Cette caséine présente des délétions qui est une perte d'une partie du matériel génétique ce qui n'est pas sans conséquences dans l'assemblage de la micelle, dans sa stabilité et dans ses propriétés nutritionnelles (FERRANTI et al, 1995).

1.4.4.2.1.3. Caséine β :

La caséine β cameline est composée de 217 acides aminés pour une masse moléculaire de 24 651 Da. Son pH_i se situe à 4,76. Dans cette protéine, les sites de phosphorylation y sont présents en 4 positions (Ser 15, 17, 18, et 19) (KAPPELER et al, 1998).

1.4.4.2.1.4. -Caséine κ :

Bien que non majoritaire dans la micelle (3,3 g/l de lait) (RIBADEAU-DUMAS et GRAPPIN, 1989), elle est une des protéines laitières les plus étudiées, car elle joue un rôle fondamental dans le phénomène de stabilisation/déstabilisation de la micelle, particulièrement en faisant l'objet d'une coupure spécifique par la chymosine, dont le coagulum formé est nécessaire pour la fabrication de fromage à pâte pressée.

La caséine κ cameline est composée d'une séquence de 162 acides aminés. Sa masse moléculaire est de 18 254 Da. Les sites de phosphorylation y sont présents en 2 positions (Ser 141 Ser 159).

KAPPELER et al, (1998) considèrent que la caséine κ représente le constituant déterminant de la croissance des submicelles déterminant ainsi la taille de la micelle. Elle serait également « le facteur stabilisant » de celle-ci grâce à ses groupements C-terminaux hydrophiliques responsables des forces répulsives stériques (WALSTRA, 1990) qui s'opposent à la floculation des micelles. Selon BOUDJENAH-HAROUN (2012), la caséine κ est présente de façon prononcée en surface de la micelle, notamment avec son pôle fortement hydrophile et de ce fait accessible à l'enzyme coagulante.

Le taux de cette caséine totale est un peu plus faible dans le lait de dromadaire que dans le lait de vache, ainsi l'équilibre entre les différentes fractions caséiniques est très différent et se caractérise par une proportion limitée à 5 % de caséine κ alors qu'elle est de 13,6 % dans le lait de vache (RAMET, 1993).

Il se dégage des travaux de ATTIA *et al* (2000) et de KHEROUATOU *et al* (2003), qui ont considéré les facteurs liés à la répartition des constituants de la micelle, selon les phases solubles et micellaires, le niveau d'hydratation des micelles et leur voluminosité, que l'organisation de la micelle de caséine cameline (figure 1) est compatible avec le modèle moléculaire proposé par SCHMIDT (1980).

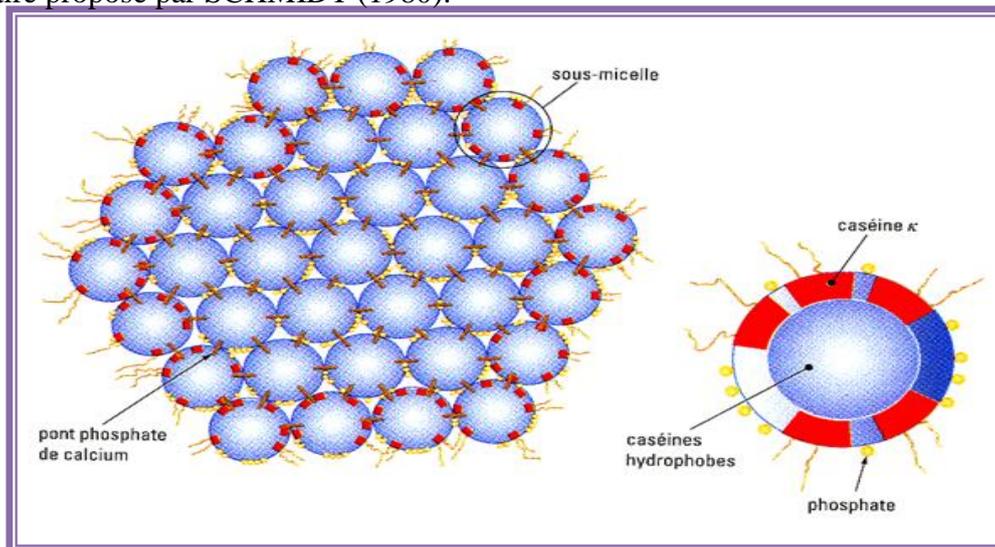


FIGURE 01: Modèle de SHMIDT, 1980 de micelle de caséine avec sous-unités

En étudiant la variation de l'état de la micelle de caséines au cours de l'acidification du lait, plusieurs auteurs concluent que la déminéralisation maximale de la micelle survient à un pH plus bas (4,3) que celui des caséines bovines (4,6). Ce qui était d'ailleurs prédictible à partir des résultats de WANGOH *et al* (1998).

Ces caséines ont tendance à s'associer en particules sphériques ou micelles, de tailles variables et fortement hydratées et minéralisées. L'assemblage et la cohésion de cette structure micellaire sont assurés par des liens phosphocalciques (HAMBRAEUS 1982).

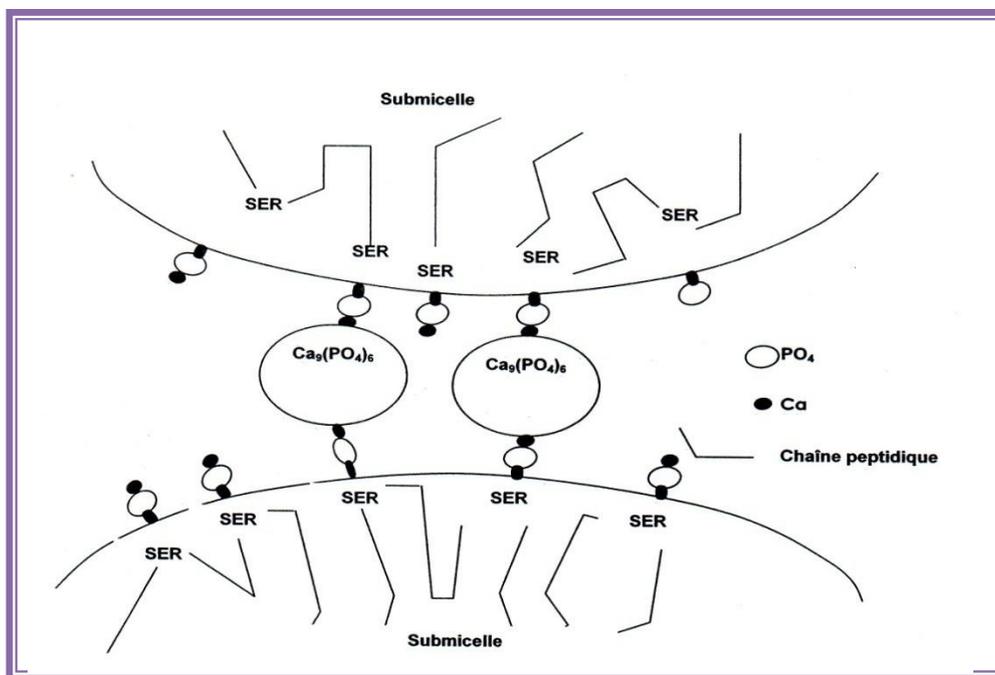


Figure 2: Schéma de pontage de deux submicelles par le phosphate de calcium (SCHMIDT, 1982).

Notons que le diamètre des micelles camelines (260 à 300 μm) est en moyenne nettement supérieur à celui de leur homologue du lait de vache (100 – 140 μm) (ALI et ROBINSON, 1985 ; FARAH et RÜEGG, 1989 ; JARDALI et RAMET, 1991).

1.4.4.2.2. Fraction soluble (les protéines sériques)

La composition des protéines solubles du lait de dromadaire est également différente de celle du lait de vache; la quantité de ces protéines est supérieure de 0,9 à 1% pour le lait de dromadaire contre 0,7–0,8 % pour le lait de vache, ces protéines ne coagulent pas par voie enzymatique, mais sont déstabilisées par la chaleur (RAMET, 1993).

Les protéines sériques englobent une fraction protéique composée d' α -lactalbumine (α -LA), de β -lactoglobuline (β -LG) et d'immunoglobulines, et de protéoses peptones (FILION, 2006).

1.4.4.2.2.1. α -lactalbumine

Contrairement au lait bovin, l' α -lactalbumine est la protéine majeure dans le lait camelin, sa concentration est de 7,2 g/l (KAPPELER, 1998).

L' α -lactalbumine est le facteur de régulation du système enzymatique original lactose –synthétase. En son absence, l'enzyme transfère le galactose sur la glucosamine; alors que lors de sa présence, la spécificité change et le transfert du galactose se fait sur le glucose (ALAIS et LINDEN, 1994).

1.4.4.2.2.2. β -lactoglobuline

La β -lactoglobuline représente une protéine hautement nutritive puisqu'elle contient tous les acides aminés essentiels. Certains auteurs ont démontré la capacité de la β -LG à lier certains ligands hydrophobes tels que les vitamines liposolubles et les acides gras (KONTOPIDIS et al, 2002). D'après SIBOUKEUR (2007), la β -Lactoglobuline, qui est la protéine majoritaire dans le lait de la plupart des espèces laitières, elle semble absente dans le lait humain et camelin.

1.4.4.2.2.3. Lactoferrine

Sa concentration dans le lait de dromadaire est de 30 à 100 fois plus élevée que dans le lait de vache, c'est une protéine qui possède une activité antimicrobienne, antivirale, anticancéreuse et anti-inflammatoire, elle pourrait être à l'origine des propriétés thérapeutiques du lait de dromadaire (KONUSPAYEVA et al, 2004). Sa grande concentration représente un grand avantage pour la conservation du lait dans les régions arides connues pour leur climat chaud (KAPPELER, 1998).

1.4.4.2.2.4. Lactophorine

C'est une protéine native, importante présente dans le lactosérum camelin. Cette protéine de 135 résidus amino-acides, séquencée par SORENSEN et PETERSON (1993) constitue une curiosité dans le lait camelin où elle se trouve en quantité plus élevée que dans le lait de vache (GIRARDET et LINDEN, 1996).

1.4.4.2.2.5. Lysozymes

C'est une enzyme naturellement présente dans le lait des mammifères qui possède un pouvoir antimicrobien puissant. (LHOST, 2003). D'après KAPPELER (1998), sa concentration est de 15µg/100ml ce qui constitue le double de celle du lait bovin. L'activité enzymatique du lysozyme du lait de chamelle est également plus forte que celle de la vache (KONUSPAYEVA, 2007).

1.4.4.2.2.6. Immunoglobulines

Les immunoglobulines jouent le rôle dans les défenses immunitaires, elles ont un faible effet antibactérien. La teneur répertoriée dans le lait de chamelle est 4 à 6 fois supérieure à celle de la vache (KONUSPAYEVA, 2007). Par ailleurs, l'immunoglobuline caméline serait plus thermorésistante : il reste 0,048 mg / ml de cette protéine dans le lait de dromadaire à 85°C alors qu'elle disparaît dans le lait de vache (EL-AGAMY, 2000).

1.4.4.2.2.7. Lactoperoxydase

C'est une enzyme d'oxydation indirecte, elle présente une activité enzymatique à forte température quand la lactoperoxydase du lait de vache a perdu toute activité, mais sa dénaturation est obtenue après 15 minutes à 70°C (KONUSPAYEVA et al 2004). Cette protéine a un effet bactériostatique contre les bactéries Gram négatives comme *Escherichia coli*, et un effet bactéricide très élevé contre les bactéries Gram positives comme *Lactococcus lactis* (EL-AGAMY et al, 1992). De plus, elle semble avoir une activité inhibitrice contre les virus et les moisissures (KAPPELER, 1998).

Tableau IV: Concentration moyenne des protéines du lait de différentes Espèces en (mg/l)(KAPPELER *et al*, 2003).

Protéines	CHAMELLE	VACHE	FEMME	FONCTION PRINCIPALE
α_{S1} caséine	5000	12000	TRACE	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
α_{S2} caséine	2200	3000	TRACE	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
β- caséine	15000	10000	4670	Nutritive (acides aminés, Ca, P)
κ- caséine	800	3500	TRACE	Coagulation de la micelle de caséines
α-lactalbumine	3500	1260	3400	Synthèse du lactose
β-lactoglobuline	-	3500	-	Liaison et transport des acides gras et du rétinol
Lactophorine (PP3)	950	300	-	Inhibition de la lipolyse
Lactoferrine	95↓↑	140↓↑	565↓↑	Anti-inflammatoire, nutritive, fixation de fer
Lactoperoxydase	-	30	6↓	Anti-inflammatoire, activité bactéricide
Lysozyme	-	≈100↓↑	274↓	activité bactéricide, N-acetylmuramidase

- : élément non dosé

1.4.5. Minéraux et oligo-éléments

Le lait de chamelle constitue un très bon apport en minéraux et oligo-éléments qui interviennent dans divers processus métaboliques et sont indispensables au même titre que l'énergie et les matières azotées. Les principaux sels minéraux sont : le chlorure de sodium, le phosphate de magnésium et les citrates (FARAH, 1993 et KAPPELER, 1998).

D'après FAYE (1997), la composition minérale du lait de dromadaire est fort variable et dépend de l'alimentation et de l'état de déshydratation. Le même auteur suggère que les teneurs en sodium et en potassium en particulier augmentent dans le lait de chamelle obtenu sous régime déshydraté.

Selon BENGOUMI et al (1994) ; GORBAN et IZZELDIN (1997) le lait de chamelle présente des teneurs plus élevées en sels minéraux que le lait bovin, caprin, et humain. Sa richesse particulièrement en fer et en manganèse lui confère une valeur nutritive appréciable dans l'alimentation humaine (TableauV).

Tableau V: Teneurs en minéraux (mg/l) du lait de chamelle par comparaison aux laits bovin et humain selon plusieurs auteurs

Nature du lait	Minéraux et oligo-éléments									Références
	Ca	Mg	P	Na	K	Fe	Cu	Zn	Mn	
Lait de Chamelle	1060	120	630	690	1560	2,6	1,6	4,4	0,2	SAWAYA et al., (1984)
	1150	135	838	588	1730	2,1	1,5	4,4	0,18	ABU-LEHIA (1987)
	1200	130	886	650	1350	1,8	1,2	6,4	0,6	MEHAIA et al., (1995)
	1027,3	116,2	-	668,5	1511,7	2,5	-	4,3	0,19	GORBAN et IZZELDIN (1997)
	1060 à 1570	75 à 160	580 à 1040	360 à 620	600 à 2100	1,3 à 2,5	1,3 à 1,8	4,0 à 5,0	0,08 à 0,2	KAPPELER (1998)
Lait de vache	1170,7	117,4	-	556,4	1356,8	0,29	-	3,5	0,04	GORBAN et IZZELDIN (1997)
	1000 à 1400	1000 à 150	650 à 1100	350 à 600	1350 à 1550	0,3 à 0,8	0,1 à 0,2	3,5 à 5,5	0,04 à 0,2	KAPPELER (1998)
Lait de Femme	2794	350	-	140,9	715,6	0,36	-	1,5	0,016	GORBAN et IZZEDIN (1997)

Selon KOUNIBA (2007), le lait de dromadaire présente les teneurs les plus élevées en cendres par rapport au lait de chèvre et de vache (8,31 g/kg contre 7,20 g/kg et 7,08 g/kg respectivement).

1.4.6. Vitamines

Le lait de dromadaire présente également d'autres avantages, il est riche en vitamines (GAËTAN, 2006). En ce qui concerne les particularités, il y a lieu de noter une présence plus

importante que dans les autres types de lait de la vitamine C (NARJISSE, 1989 ; EDMOND, 1992). Selon RAYMOND et MORTON (1984), sa concentration est de l'ordre de 5 mg/100 ml, ce qui explique l'utilisation du lait de dromadaire comme médicament dans certains pays asiatiques pour stimuler les fonctions du foie et lutter contre la fatigue générale ; la vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés anti-oxydantes, elle présente une action positive sur la réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies.

Tableau VI : Composition moyenne en vitamines dans le lait de chamelle (FAYE, 1997).

Vitamines	Thiamine	Riboflavine (B2)	Niacine	Acide Pantothénique	B6	B12	A
Teneurs µg/l	330	416	4610	8800	523	3.1	6.5

1.5. Utilisation médicinale et propriétés thérapeutiques

Le lait de dromadaire est apprécié traditionnellement pour ses propriétés anti-infectieuse, anti-cancéreuse, antidiabétique et plus généralement comme reconstituante chez les malades convalescents. Ces allégations sont attestées par de nombreuses observations. Certaines études ont confirmé une partie de ses allégations.

1.5.1. Propriétés anti-infectieuses

Des auteurs affirment obtenir une amélioration marquée des malades tuberculeux et un rétablissement significatif des paramètres sanguins avec 2 litres par jour pendant 2 à 4 mois. Ces résultats sont confirmés en Inde sur des patients tuberculeux buvant un litre par jour (MAL *et al*, 2000) et en Libye, avec une cure de 1,5 litres / jour, avec un effet observable dès la première semaine de traitement (ALWAN et TARHUNI, 2000).

1.5.2. Cancer et maladies auto-immunes

On reconnaît au lait de dromadaire des propriétés immunostimulantes ayant un rôle dans le contrôle des processus tumoraux, Au Kazakhstan il est utilisé comme adjuvant à la chimiothérapie de certains cancers, notamment ceux du tube digestif (YAGIL et VAN CREVELD, 2000).

1.5.3. Hormones

KONUSPAYEVA *et al* (2004), ont conclu de leurs recherches que la présence d'insuline dans le lait de chamelle est en quantité importante (52 UI/l) : plus de 5000 fois la valeur observée chez la vache et 1000 fois la valeur observée chez la femme. Donc le lait de chamelle ait une action hypoglycémiante et régulatrice de la glycémie chez les patients insulinodépendants (AGRAWAL *et al*, 2003).

AGRAWAL *et al* (2005), ont pris un échantillon de 24 diabétiques atteints de diabète de type I (I insulinodépendant) ; 12 d'entre eux ont été traités avec du lait de chamelle avec une consommation de 0,5 l/jour pendant 3 mois. Les patients buvant le lait ont vu une amélioration de leur glycémie moyenne à jeun passant à 100-115 mg/100ml alors qu'elle n'a pas bougé dans le groupe non traité.

1.5.4. Autres propriétés thérapeutiques

La vitamine C joue un rôle biologique considérable par ses propriétés antioxydantes elle possède aussi une action positive en matière de réponse immunitaire des organismes agressés par diverses maladies (KONUSPAYEVA *et al*, 2003). Les mêmes auteurs ont montré également que le lait de chamelle ayant des propriétés antibiotiques et un certain nombre d'effets prophylactiques, est utilisé en particulier dans le traitement de la tuberculose, de la gastroentérite et des ulcères gastriques.

Le vrai lait de chamelle, laxatif, il soigne les maux de ventre et les diarrhées ; il est bon contre l'obésité, les rhumatismes et contribue à arrêter l'évolution du goitre, il traite aussi le diabète (ANONYME, 2006).

Le lait de dromadaire est couramment utilisé comme reconstituant chez les malades convalescents et dans les états de fatigue; il a la réputation de renforcer les défenses immunitaires et de stimuler l'activité physique des organismes en état de surmenage, cependant la présence abondante de certaines vitamines dans le lait de dromadaire pourrait attester la pertinence de ces effets (KONUSPAYEVA *et al*, 2004).

1.6. Aptitudes à la transformation fromagère

Il n'existe pas selon RAMET (2001), de tradition fromagère véritable exploitant le lait de dromadaire. Pendant ces dernières décennies, les travaux menés sur ce lait ont permis de mieux cerner les difficultés et de les contourner en usant de quelques modifications des procédés utilisés (ABU-LEHIA, 1994). Certains auteurs (RAO *et al*, 1970; YAGIL, 1982) mentionnent la possibilité de fabriquer du fromage uniquement après avoir mélangé le lait de dromadaire à du lait de chèvre et de brebis. Par ailleurs, (GAST *et al*, 1969; MOHAMED *et al*, 1990) signalent la nécessité d'employer la présure à une concentration très élevée, correspondant à 50-100 fois la dose habituelle, pour obtenir un coagulum qui, malgré cela, reste très mou et friable.

La composition des submicelles au centre et en périphérie est différente ; en effet, les caséines β et α_{s1} sont plus présentes au centre de la micelle et forment le cœur hydrophobe alors que la partie externe, davantage hydrophile, est formée de caséine α_{s2} et κ (AMIOT *et al*, 2002) . Mais le lait camelin se singularise par une teneur relativement plus faible en κ Cn. (5% des caséines totales contre 13,6% dans le lait de vache), portant une charge électrique

différente (JARDALI et RAMET, 1991). En conséquence, l'aptitude à la coagulation est moins bonne, les coagulums formés se caractérisent par une grande friabilité et des rendements fromagers faibles dus à une importante perte en matière sèche et surtout en matière grasse dans le lactosérum (ABI AZAR, 2007).

Les travaux de KAPPELER et al, (1998), montre que le site de coupure de la chymosine est différent selon les caséines κ considérées (bovines et camelines) (FIGURE 04).

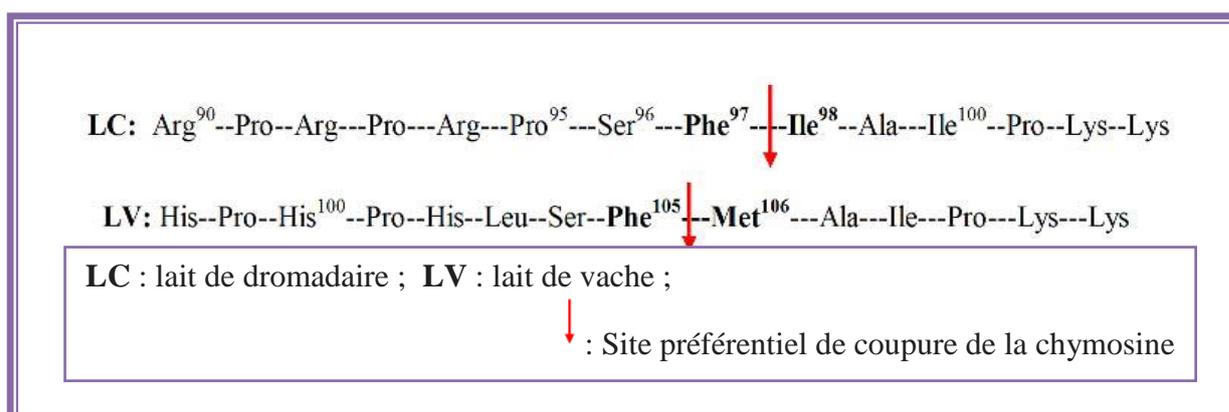


FIGURE 3 : Comparaison des régions de la caséine κ sensibles à la chymosine dans les laits de dromadaire et de vache (KAPPELER et al, 1998).

La transformation du lait de chamelle en fromage est confrontée selon plusieurs auteurs à certains obstacles :

La faible teneur en extrait sec du lait qui induit la formation d'un coagulum présentant des propriétés rhéologiques particulières (friabilité, rigidité faible, aptitude à la synthèse restreinte) (RAMET, 1985 et 1987 ; KAMOUN et RAMET, 1989).

CHIBAH (2012), affirme que plus de 20% de la matière grasse cameline sont retenues dans le petit-lait du fromage, résultant en premier produit à faible rendement, ce qui pourrait être dû à la petite dimension des globules gras.

La caséine du lait de dromadaire est distribuée sous forme de micelles ayant un diamètre double de celui du lait de vache (FARAH et BACHMANN, 1987; JARDALI, 1988;

FARAH et RUEGG, 1989; JARDALI et RAMET, 1991). Le pHi des caséines camelines est égal à 4.3 à cause du diamètre plus important de ces micelles qui nécessite une quantité plus importante en acide pour déstabiliser les micelles (SIBOUKEUR, 2007).

Une faible proportion en κ caséine sensible au protéase (KARRAY et al, 2004).

Un pouvoir antibactérien du lait de dromadaire : KAMOUN (1990) avait montré que le lait de dromadaire comparé à celui de vache comporte une résistance particulièrement élevée à la prolifération bactérienne, cette caractéristique présente donc un avantage certain à sa conservation, mais devient un inconvénient si l'on doit transformer ce lait, il offre une résistance plus marquée aux fermentations lactiques.

Une autre caractéristique originale du lait de dromadaire est son pouvoir tampon qui apparaît un peu plus important que celui du lait bovin qui ralentit l'acidification du lait (RAMET, 1987; FARAH et al, 1990)

Il existe Selon (VIA FRANCK et al ,2003), des produits commerciaux sous forme de ferment (Camifloc) permettant de coaguler le lait de dromadaire et valoriser l'excédent laitier sous forme de fromage dans les pays du sahel en Afrique.

1.7. Généralités sur les propriétés de surface

Les propriétés de surface regroupent les propriétés d'interaction des protéines avec d'autres structures polaires ou apolaires en phase liquide ou gazeuse : cela recouvre les propriétés émulsifiante et moussante (BOUQUELET, 2008).

CHITOUR (2004) a considéré que ces propriétés de surface se manifestent sous forme des systèmes dispersés (émulsions, mousses). Ses systèmes sont des produits complexes "multi-phasiques" composés de protéines, de polysaccharides, d'eau, ainsi que, spécifiquement pour les émulsions, de lipides et de surfactants de faible poids moléculaire.

Leur stabilité à long terme est essentielle pour la qualité du produit et difficile à maîtriser car ces systèmes sont gérés par un nombre important d'interfaces.

1.7.1. Emulsions

1.7.1.1. Définition

Une émulsion ou dispersion liquide-liquide est une suspension de particules liquides au sein d'une autre phase liquide non miscible (CAYOT et LORIENT, 1998 ; DUCHESNE, 2002 ; CHITOUR, 2004 ; ANTON *et al*, 2006).

Dans un autre sens GUERY(2006), a montré que le processus de dispersion consiste à cisailer l'une des phases dans l'autre de manière à former des gouttes liquides dispersées dans une phase continue. Ces deux phases non miscibles peuvent former un mélange stable et homogène grâce à l'ajout d'agents de surface (tensio-actifs) (DUCHESNE, 2002).

1.7.1.2. Constituants d'une émulsion

D'après CHENAIS (1981), les émulsions sont des systèmes hétérogènes formés d'au moins trois phases : la première est une phase dispersante appelée aussi externe ou continue, elle est formée du liquide présent en plus grande proportion dans lequel la seconde phase dispersée dite phase interne ou discontinu constituée par les particules du second liquide est dispersée sous forme de gouttelettes souvent sphériques de différentes tailles. Ces deux phases sont séparées par une troisième interfaciale formée d'un ou de plusieurs agents émulsifiants et stabilisants.

1.7.1.3. Etude schématique et classification des émulsions

1.7.1.3.1. Classification des émulsions

1.7.1.3.1.1. Selon la nature de la phase dispersée

CHITOUR (2004), a signalé que suivant la nature de la phase dispersée (eau ou huile), on distingue deux formes :

- Emulsion huileuse où la phase dispersée est l'eau (E/H), dans cette émulsion l'eau est sous forme de gouttelettes stabilisées par l'émulsifiant et dispersées dans la phase huileuse qui est continue. Ce type d'émulsion donne des crèmes nourrissantes riches, qui laissent un film gras sur la peau. Elles ne se rincent pas à l'eau. Les émulsions E/H se conservent plus longtemps car les gouttelettes d'eau sont « protégées » par l'huile (PORTIER, 2008). Selon CHENAY(1993), cette émulsion peut être utilisée pour les crèmes de nuit.

- Emulsion aqueuse ou la phase dispersée est l'huile (H/E) dans cette émulsion l'huile est sous forme de gouttelettes entourées par l'émulsifiant et l'eau qui constitue la phase continue. Ce type d'émulsion a un fort pouvoir hydratant et pénètre rapidement quand on l'étale sur la peau, l'émulsion se rince facilement à l'eau, sans savon (PORTIER, 2008). Cette émulsion peut être utilisée pour les crèmes de jour (CHENAY, 1993).

Selon GUERY (2006), Il existe des émulsions doubles appelées aussi multiples (Eau/Huile/Eau ou Huile/Eau/Huile) sont des émulsions particulières, dans le sens où la phase dispersée est elle aussi une émulsion. Ces systèmes présentent un intérêt technologique puisqu'ils offrent la possibilité d'encapsuler des matériaux hydrophiles dans les gouttes d'eau internes (PAYS, 2000).

1.7.1.3.1.2. Selon la stabilité des émulsions

MEKHALDI et TOBAL (1998), ont confirmé que la stabilité est l'une des propriétés qui permettent la classification des émulsions. De la même manière DALMAZZONE (2000) et CHITOUR (2004) ont précisé qu'un système est classé comme émulsion s'il atteint un minimum de stabilité.

1.7.1.3.1. 3. Selon la finesse des émulsions

Les émulsions sont classées suivant leur finesse, PORE (1995) a suggéré que la

distinction entre une émulsion, une solution micellaire et une microémulsion se fait par la taille des particules dispersées.

1.7.1.3. 2. Etude schématique de la structure des émulsions

PORE (1995), a conclu de ces travaux que les deux types d'émulsion (E/H et H/E) sont caractérisés par une orientation particulière des molécules émulsifiantes. C'est à la même conclusion qu'est parvenu CHITOUR (2004), de sorte que dans les émulsions huileuses la partie hydrophobe de la molécule d'émulsifiant se trouve dans la phase dispersante (huile) et inversement dans l'autre type d'émulsion.

1.7.1.3. 2.1. Création des émulsions

WALSTRA et ROOS (1993), ont montré qu'afin de créer une émulsion, le système doit contenir une substance qui abaisse la tension superficielle d'un liquide ou la tension interfaciale entre deux liquides non miscibles. Selon DICKINSON et TANAI, (1992), l'émulsifiant permet la production d'émulsion en abaissant l'énergie libre au niveau de la nouvelle interface. Les mêmes auteurs ont souligné qu'il faut augmenter l'aire interfaciale ; cette surface interfaciale augmente exponentiellement lorsque le diamètre des gouttelettes diminue.

1.7.1.3.2.2. Stabilité et instabilité des émulsions

D'après BOUQUELET (2008), une émulsion sera stabilisée par une tension interfaciale faible et un faible diamètre des gouttelettes caractérisées par une identité de charge ce qui permettra la formation d'une couche interfaciale résistante surtout en présence d'une forte viscosité du milieu.

Tout liquide pris séparément a tendance à réduire autant que possible sa surface de contact avec l'air ou un autre liquide non miscible ce qui à terme entraîne une déstabilisation de l'émulsion. Cette déstabilisation est favorisée par la centrifugation et les chocs thermiques

D'après CAYOT et LORIENT (1998) ; CHITOUR (2004) et BOUQUELET(2008), l'instabilité des émulsions peut être caractérisée par les phénomènes suivants :

- Un crémage qui est une séparation des gouttelettes de la phase dispersante due à la différence de densité (il y a remontée ou sédimentation de l'une des phases),
- Une floculation qui est une association réversible des gouttelettes les unes aux autres due à la suppression des charges de surface des gouttelettes (à partir d'une certaine taille les floccs entraînent le crémage),
- Une coalescence qui est due à une fusion des gouttelettes et entraîne une augmentation du crémage et une séparation de phase.
- Le phénomène de maturation d'OSTWALD ; la taille des gouttelettes augmente sous l'effet d'un transfert de masse depuis la phase continue dans la phase dispersée. L'échange de la matière grasse entre globules gras dépend de sa solubilité dans la phase continue.
- L'inversion des phases ; lors d'une inversion des phases, il y'a un changement brutal du sens des émulsions, par exemple une émulsion H/E devient E/H.

1.7.1.3.2.3.. Les émulsifiants

Selon PORTIER (2008), un émulsifiant est une molécule dite amphiphile, elle possède une partie hydrophile et une partie lipophile ; grâce à sa double affinité, il s'accumule aux interfaces afin de réduire la tension de surface, cela permet la création des émulsions (ROUX, 2003). En abaissant l'énergie libre interfaciale et à conférer une certaine stabilité à la gouttelette en formant à sa surface une couche adsorbée protectrice (DICKINSON, 1998).

Selon VAUTION (1983), la préparation d'une émulsion repose sur le choix d'un émulsifiant approprié pour répondre aux différentes exigences et contraintes telles que le

type d'émulsion recherchée, la composition qualitative et quantitative des phases de l'émulsion ainsi que l'exigence de stabilité physique selon la destination de l'émulsion.

1.7.2. Mousses

1.7.2.1. Définition

BOURRIOT (2002), définit la mousse comme une dispersion air - liquide constituée par un ensemble de bulles de gaz séparées par des lames minces de liquide et formées par la juxtaposition de bulles qui donne un gaz dispersé dans un liquide. De même BOUQUELET (2008), a noté qu'il existe aussi des mousses solides pour lesquelles une phase solide ou un gel remplace le liquide une fois la dispersion réalisée.

1.7.2.2. Constituants d'une mousse

Comme pour les émulsions, les mousses sont constituées par trois phases, selon CHEFTEL et LORIENT (1982) ; GONZALEZ *et al*, (2004) ces phases sont : une phase dispersante ou continue formée de liquide, dans laquelle une deuxième phase est dispersée formée par les bulles de gaz, généralement les mousses sont caractérisées par l'importance de cette phase, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse, ces deux phases sont séparées par une phase interfaciale qui est un espace entre les bulles de gaz caractérisée par la présence des agents de surface, ceux-ci abaissent la tension interfaciale et forme une barrière entre les bulles de gaz.

1.7.2.3. Etude schématique et classification des mousses

1.7.2.3.1. Classification des mousses

Selon les travaux de GONZALEZ *et al* (2004), les mousses sont classées suivant leur stabilité en mousses éphémères instables dont la durée de vie est de quelques secondes ou bien en mousses permanentes métastables dont la durée de vie se mesure en jour. Cette stabilité est dépendante de la forme des bulles car pour les bulles sphériques la quantité de

gaz incorporé est suffisamment faible pour que les bulles conservent une taille stable, à l'inverse des bulles polyédriques dont le rapport gaz sur liquide est si élevé que les bulles sont comprimées les unes contre les autres selon une structure de nid d'abeille.

Ainsi, la Figure N°05 montre un exemple de cellule de mousse en fin d'expansion. Le liquide se trouve alors piégé entre plusieurs bulles, d'où la formation de bords Plateau. Ces bords sont le lieu principal de présence du liquide. La jonction de plusieurs bords définit un sommet de la cellule. L'agencement des cellules caractérise alors la structure de la mousse (BRUCHON, 2004).

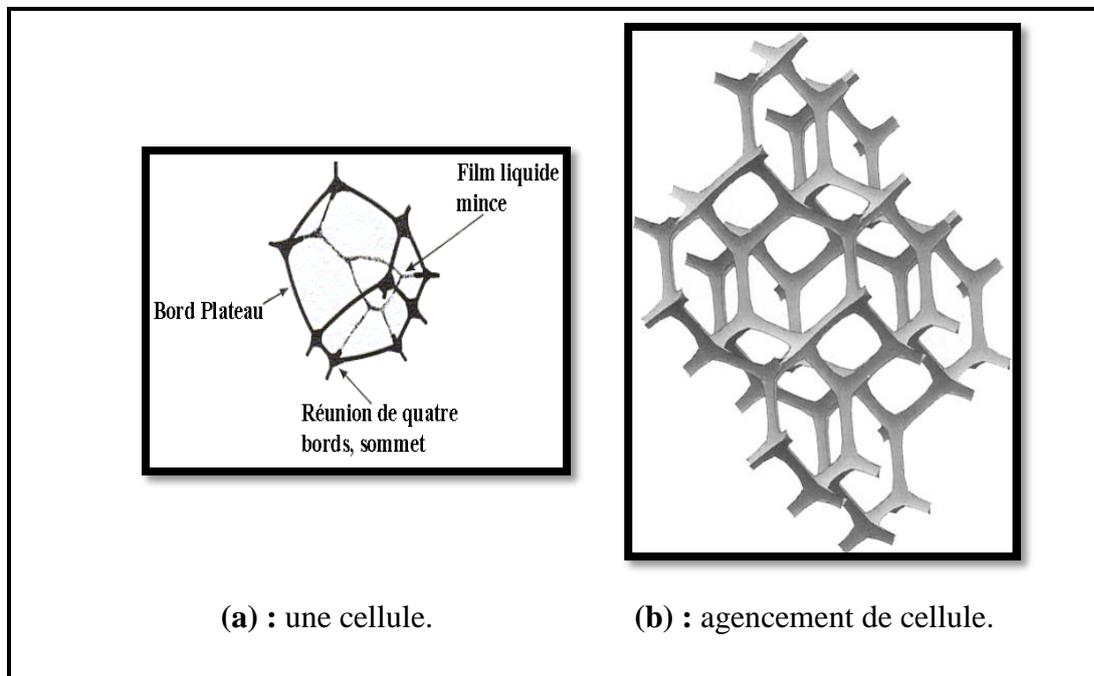


Figure N°4 : Structure d'une mousse représentée par un agencement de cellules : bulles de gaz entourées par du liquide (BRUCHON, 2004).

1.7.2.3.2. Propriétés particulières des mousses

Dans l'étude générale des caractéristiques d'une solution moussante, CHITOUR (2004), a distingué plusieurs paramètres

1.7.2.3.2.1. Dimension des bulles

Les dimensions des bulles constituant une mousse, sont très variables, elles dépendent en premier lieu du mode d'obtention de la mousse aussi de la composition du liquide lui-même et de la présence des agents tensio-actifs.

1.7.2.3.2..2. Densité de la mousse

Elle est aussi appelée le rapport de liquide au gaz. Les mousses sont souvent dites sèches, ou humides suivant ce rapport du liquide au gaz.

1.7.2.3.2..3. Volume

Généralement, on mesure le volume de la mousse suivant la hauteur. Le volume dépend de la nature, de la composition du liquide de la température et d'autres paramètres.

1.7.2.3.2.4. Ecoulement

L'écoulement est le rapport de la quantité finale à la quantité initiale du liquide dans la mousse, il est surtout fonction de la viscosité qui favorise ou défavorise la migration rapide des molécules.

1.7.2.3.3. Création des mousses

BOUQUELET (2008), a noté que lors de la fabrication de la mousse, on remarque dans un premier temps une augmentation de volume par intégration de gaz (expansion) et dans un deuxième temps (à l'équilibre) une diminution de volume de la phase liquide au profit de la phase mousse.

Les causes de formation des mousses sont physico-chimiques, les plus important sont représentées par l'agitation énergétique de liquide avec de l'air. Ainsi que le pH, la température et la nature de la phase dispersante qui peut contenir des impuretés organiques, en dernier il est possible de citer le développement de gaz et son dégagement à la suite d'une

réaction chimique ou biochimique comme c'est le cas des mousses des boissons gazeuses (CHITOUR, 2004).

1.7.2.3.4. Stabilité et instabilité des mousses

1.7.2.3.4.1. Stabilité des mousses

Selon CHITOUR (2004), Les mousses qui offrent une très grande surface interfaciale sont très facilement déstabilisées. Toutefois, BOUQUELET (2008), a montré que la stabilisation est d'autant plus grande que le film protéique à l'interface gaz/liquide est plus épais, cohésif, élastique, continu et imperméable au gaz. Le même auteur suggère qu'afin d'obtenir une bonne capacité moussante (mousse légère et expansée) il faut que la protéine soit soluble dans la phase liquide et au même temps capable de migrer rapidement dans la phase continue et peut se déplisser très rapidement de façon à s'adsorber facilement au niveau de l'interface Gaz/liquide. Il est donc très difficile de trouver une protéine qui puisse à la fois donner une mousse abondante et stable.

1.7.2.3.4.2. Instabilité des mousses :

D'après CHEFTEL et LORIENT (1982), les mécanismes d'instabilité des mousses sont multiples :

- Drainage ou écoulement du liquide de la lamelle.
- Diffusion du gaz des petites bulles vers les grosses bulles, cette diffusion étant rendue possible par la dissolution du gaz dans la phase aqueuse.
- Rupture de la lamelle liquide séparent les bulles de gaz

1.7.3. Propriétés de surface de quelques protéines du lait

BOUQUELET (2008), a indiqué que quelque soit l'origine des protéines, natives ou dénaturées elles vont intervenir dans la stabilisation des émulsions et la fabrication de mousse.

1.7.3.1. Propriétés émulsifiantes

D'après CHEFTEL et LORIENT (1982), les propriétés émulsifiantes sont dues à la faculté de réduire les tensions interfaciales entre composants hydrophiles et hydrophobes d'un aliment. Les mêmes auteurs ainsi que LORIENT *et al* (1991), ont tiré de leurs travaux que les propriétés émulsifiantes sont définies par la stabilité (aptitude à garder l'émulsion inchangée pendant un certain temps), une comparaison entre les propriétés de quelques protéines du lait, a montré que les caséines ont d'excellentes propriétés émulsifiantes surtout à pH neutre et alcalin, tandis que les protéines de lactosérum ont des bonnes propriétés émulsifiantes sauf à pH 4 à 5. D'autres auteurs, notamment CAYOT et LORIENT (1998), ont constaté également que les caséinates de sodium et les concentrés des protéines sériques possèdent une activité émulsifiante assez voisine et en même temps supérieure à celle du lait écrémé séché.

1.7.3.2. Propriétés moussantes

D'après LINDEN et LORIENT (1994), les protéines de lactosérum, les micelles de caséine ont des bonnes propriétés moussantes. Néanmoins BOUQUELET (2008), a indiqué que les caséines donnent des mousses abondantes à grosses bulles polyédriques instables. Le lysozyme donne une mousse moins abondante mais beaucoup plus stable (aspect crémeux avec petites bulles). Les protéines globulaires de haute masse moléculaire donnent des films épais à mousse stable car il y a la formation d'une multicouche de protéine partiellement dénaturée à l'interface. De même CHEFTEL et LORIENT (1982) ; LORIENT *et al* (1991), ont considéré que les caséines et les protéines de sérum ont un bon foisonnement, néanmoins les caséines présentent une faible stabilité des mousses par rapport aux protéines de sérum.

Matériel et Méthodes

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

Le présent travail a été réalisé au niveau de deux laboratoires : Laboratoire de recherche de chimie organique et de substances naturelles et au laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie de l'Université Ziane Achour à Djelfa. Il a été sous tendu par le matériel et les méthodes ci après présentés.

2.1.1. Echantillons de lait

Les échantillons du lait utilisés sont des laits des chamelles en bonne santé de la race de la steppe élevées en extensif, localisées dans la région de Djelfa du sud d'Algérie. Le lait est recueilli proprement en nettoyant les mamelles et ensuite les échantillons de lait sont transportés et conservés à 4°C au laboratoire où ils sont analysés. A l'arrivée un double écrémage de 2500 tours/min pendant 15 min est appliqué sur les échantillons pour obtenir un lait écrémé.

2.1.2. Echantillons d'enzyme coagulante

Pour la coagulation du lait de dromadaire nous avons utilisé un extrait enzymatique de la couche de Kaolin qui est la couche cornée et plissée tapissant la face interne du gésier des poules immobilisé dans l'Alginate de sodium. D'après (SUBHUTI, 2005), cette couche a été en service pendant environ 2000 ans dans la médecine traditionnelle chinoise, elle a été mentionnée comme un médicament contre la diarrhée, Plus tard elle a été également appliquée à l'atténuation des nausées, des vomissements et des troubles de la digestion.



Figure 5: Couche de kaolin des poules lavée

Des couches de kaolin étaient prélevées au niveau de l'abattoir communal de Djelfa puis transportées, lavées, séchées et broyées en poudre au laboratoire.

Nous avons également utilisé une présure bovine lyophilisée comme témoin pour la coagulation du lait.

2.1.3. Appareillage

Au niveau des laboratoires cités plus haut un certain équipement et appareillage a été utilisé pour la réalisation des différentes expérimentations :

- Centrifugeuses MEDISPIN 220 /240;
- Rampe et matras de minéralisation d'azote GERHARDT ;
- Distillateur d'azote VELP SCIENTIFICA ;
- Lyophilisateur à plateau CHRIST ALPHA 1-2 LO plus ;
- Spectrophotomètre UV-Visible BECKMAN DU520 ;
- Etuve MEMMERT ;
- Autoclave (SANOCLAV) ;
- Matériel de microbiologie divers (microscope optique (MOTIC. 2.0) doté d'un appareil photo et connecté à un microordinateur,
- Agitateurs magnétiques de paillasse chauffants CB 162 ;

- Etuves bactériologiques MEMMERT ;
- Réfractomètre KRÜSS AR2 ;
- Unité de chromatographie comprenant colonnes et une pompe péristaltique ;
- Autoclave
- Evaporateur rotatif HEIDOLPH 4000 efficient ;
- Balance analytique SCALTEC SBC31 ;
- Four a moufle ;
- pH mètre HANNA HI 9321;
- Agitateur à hélice IKA LABORTECHNIK RW20.n ;
- Homogénéisateur IKA-WERKE ULTRA TURRAX T50 basic.

2.1.4. Petit matériel

Un certain nombre d'accessoires et petit matériel spécifique est utilisé dans le cadre de cette étude :- Micropipettes, micro-seringues Hamilton , gants et masques pour manipulation de produits dangereux, bec bunsen , différents types de verrerie (pycnomètre du liquide, béchers, fioles jaugées, fiole à vide, pipettes graduées, tubes à essais, burette, entonnoirs).

2.2. Méthodes

2.2.1. Etude des caractéristiques du lait de chèvres collecté

Nous avons débuté notre travail par la détermination des caractéristiques physicochimiques du lait de dromadaire dans le but d'évaluer l'efficacité de la technique fromagère employée, pour cela plusieurs paramètres sont analysés :

A l'arrivée au laboratoire une mesure du pH est effectuée à 25 °C grâce au pH mètre préalablement calibré à l'aide de solutions d'étalonnage. Ultérieurement la détermination précise de la densité du lactosérum s'est effectuée à l'aide d'un pycnomètre du

liquide Selon la méthode AFNOR (NF 60-214 1969). Par la suite la matière sèche qui est la masse résultante de la dessiccation du lait est obtenue par évaporation de l'eau à l'étuve à une température de 103 °C jusqu'à l'obtention d'un poids constant ; la masse déshydratée obtenue est utilisée pour la détermination des cendres qui correspondent à la teneur des minéraux par incinération à une température de 530 °C.

Les teneurs en certains constituants biochimiques ont été déterminées en utilisant les méthodes les plus courantes sur le lait. Ainsi, la détermination du lactose est réalisée par la méthode de Bertrand (1988) (norme FIL-IDF1974/28A) qui est une méthode de titrage d'une solution de liqueur de Fehling qui contient des ions de cuivre par une réaction à chaud, en présence d'une solution réductrice on obtiens un précipité rouge d'oxyde de cuivre Cu_2O . Le dosage du lactose est réalisé sur le filtrat, après défécation au ferrocyanure de zinc.

L'azote est dosé par la méthode de KJELDAHL (norme FILIDF1962/20) qui repose sur la minéralisation complète des molécules organiques à chaud et en présence de l'acide sulfurique concentré et la distillation de l'ammoniaque obtenu, après alcalinisation ; la teneur en protéines est obtenue juste après par conversion du taux d'azote total par un facteur de correction égal à 6.38 (MATHIEU, 1998).

Pour La matière grasse la méthode de GERBER (norme AFNOR :NFV04-210 de décembre 1974) nous a servi pour doser la teneur de ce constituant. Cette méthode repose sur la lecture sur un butyromètre de la quantité de matière grasse contenue dans 11 ml de lait après dissolution des protéines par l'acide sulfurique et séparation de la matière grasse par centrifugation.

2.2.2. Extraction des enzymes coagulantes

L'extraction des enzymes est réalisée selon la méthode de VALLES et FURET (1977) utilisée pour l'extraction de la pepsine (Figure 7).

Des échantillons de Couche de Kaolin en poudre de poids P (en g) chacun, sont macérés à 42°C dans un volume ($V = 5 \times P$) d'une solution d'acide chlorhydrique 0,2 M pendant 60 minutes. Après filtration de chaque mélange on obtient des extraits enzymatiques bruts. Ces derniers subissent alors une clarification par addition d'1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium ($AlSO_4$) 1M et de 5% (V/V) d'une solution de sulfate de sodium (Na_2SO_4) 1M chauffée à 42°C. Après une deuxième filtration, nous obtenons un filtrat auquel nous faisons subir une concentration par addition d'une solution saturée de NaCl additionnée à 1% (V/V) d'une solution de HCl ($d=1.19$). Après un repos d'une heure suivie d'une centrifugation ($2100 \times g$ /20 min) nous obtenons un précipité humide que l'on fait dissoudre dans un minimum d'eau distillée. Le pH de ces extraits enzymatiques gastriques clarifiés est ajusté à cinq et demi par une solution de phosphate dissodique 1M. Ensuite leur conservation est réalisée à 4°C jusqu'à utilisation.

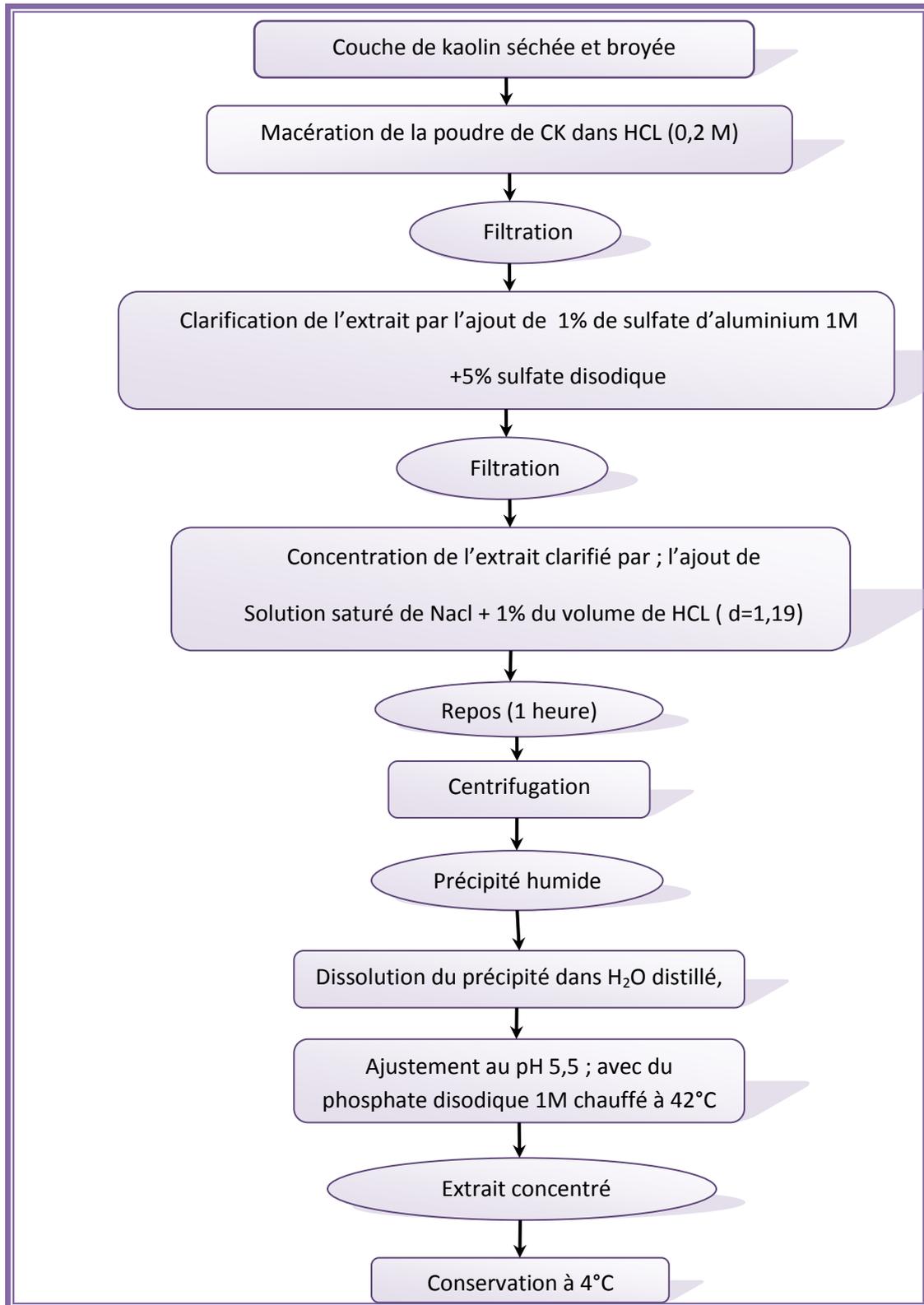


Figure 7: Extraction des enzymes à partir de la couche de kaolin par la méthode de VALLES et FURET (1977).

2.2.3. Immobilisation des enzymes coagulantes

Pour l'immobilisation nous avons employé l'alginate qui est l'un des polymères le plus fréquemment utilisé pour l'immobilisation par inclusion non seulement grâce à ses propriétés mais aussi grâce à sa non-toxicité. (BETIGERI et NEAU, 2002 ; WON *et al* ,2005).

L'utilisation de l'alginate de sodium permet de préserver l'agent coagulant en évitant la dénaturation des protéines après inclusion car ce polymère se gélifie à des basses températures en présence d'une solution de chlorure de calcium.

Dans le but d'immobiliser l'enzyme coagulante, une quantité de 3g d'alginate de sodium est dissolvée dans 100ml d'eau distillée, puis agitée pendant 24heures afin d'homogénéiser le gel. Ensuite un volume de 6 ml d'enzyme est mélangé avec 100ml de solution d'alginate de sodium préparée sous agitation pendant 4heures pour assurer l'inclusion de l'enzyme dans le gel. Après une préparation d'un bain de chlorure de calcium 0.2M/l, les perles sont constituées en s'égouttant la solution de polymère avec une seringue dans un excès de la solution préparée. La mise en contact des perles avec la solution CaCl_2 provoque une gélification de l'alginate formant ainsi des billes qui contiennent l'enzyme coagulante. Enfin les billes sont trempées dans la solution de calcium pendant une demi-heure.

2.3.4. Coagulation du lait de dromadaire

La coagulation du lait de dromadaire est confrontée à des difficultés ayant pour origine une teneur réduite en caséine κ et une aptitude limitée à l'acidification due aux différents systèmes antimicrobiens susceptibles de limiter la prolifération microbienne plus fortement que les laits d'autres espèces domestiques ; ces systèmes sont probablement à l'origine des propriétés réputées fortifiantes et thérapeutiques du lait de dromadaire (YAGIL, 1982 ; RAMET, 1987).

Le lait écrémé est additionné de l'extrait coagulant puis placé sur un agitateur chauffant à la température réactionnelle jusqu'à coagulation et ensuite on laisse la préparation reposer. Après séparation du lactosérum par filtration simple les produits obtenus (fromage et lactosérum) sont conservés à basse température (5 à 8°C) jusqu'à utilisation.

Dans le but d'éviter toutes sortes de contamination nous avons procédé à une stérilisation du milieu de travail et du matériel.

2.2.4.1. Etude des modes de conservations de l'extrait enzymatique

Dans le but d'évaluer l'influence des modes de conservations de l'extrait enzymatique sur la coagulation, deux techniques étaient testés à savoir une réfrigération à 4°C et une lyophilisation, cette dernière comporte une congélation, puis un passage dans un vide très poussé qui supprime l'eau appelé sublimation ; Une détermination des rendements fromagers est effectuée après coagulation du lait par les deux coagulants conservés deux mois par réfrigération et reconstitution à partir de la poudre lyophilisée.

2.2.4.2. Caractérisation de l'extrait enzymatique brut

2.2.4.2. 1. Calcul du rendement d'extraction

Le rendement de l'extraction R est défini comme étant le rapport de la masse de l'extrait filtré et la masse de la poudre de la couche de kaolin employée lors de l'extraction. Ce rendement est donné en pourcentage selon la formule :

$$R_{\text{extraction}} = \left(\frac{\text{Masse}_{\text{extrait}}}{\text{Masse}_{\text{poudre de CK}}} \right) \times 100.$$

2.2.4.2. 2. Activité coagulante

L'activité coagulante est mesurée selon la méthode de BERRIDGE (1945). Elle est réalisée

sur un lait de dromadaire écrémé. La technique consiste à ajouter 1 ml de l'extrait enzymatique coagulant à 10 ml de lait de dromadaire écrémé chauffé à 30°C, ensuite à noter le temps qui s'écoule jusqu'au moment où des flocons visibles se forment sur les parois du tube à essai.

Une unité d'activité coagulante ou unité présure (UP) correspond, selon la formule de BERRIDGE (1945) présentée ci après, au nombre d'unités de poids ou de volume de lait qui peuvent être coaguler par 1 ml de préparation coagulante en temps déterminé de 100 secondes à 30°C (BENGANA, 2001).

$$UP = 10 \times V / Tc \times Q$$

Où : **UP** : Unité d'Activité Coagulante

V : Volume de lait utilisé

Q : Volume d'extrait coagulant

Tc : Temps de coagulation

L'activité coagulante est peut être également exprimée en (force coagulante de SOXHLET (F)), selon la relation suivante : **F=UP/0,0045** (BOURDIER et LUQUET, 1981).

2.2.4.2.3. Activités protéolytique

La détermination de l'activité protéolytique des extraits coagulants est basée sur l'évaluation de la protéolyse développée sous l'action des extraits enzymatiques de la couche de kaolin sur la BSA 2% (p/v) en solution (BERGERE et LENOIR, 1997). L'hydrolyse enzymatique est effectuée par l'incubation de 1 ml de substrat additionné de 1 ml d'extrait coagulant dont l'activité coagulante est ajustée pour atteindre un temps de coagulation du lait proche de 15min c'est ainsi que le mélange est porté à une température de 35°C pendant 60 min. Cette réaction aboutit à la libération de peptides de faibles poids moléculaires qui sont

séparés des protéines non hydrolysées par l'ajout de l'acide trichloracétique (TCA) à 12% qui permet la précipitation de tous les peptides en ne laissant en solution que ceux à faible poids moléculaire, ces dernières qui restent solubles sont dosés par la mesure de leur absorption à 280 nm. La richesse en peptides du filtrat obtenu est proportionnelle à l'activité protéolytique.

L'hydrolyse de la BSA par la présure bovine commerciale est également effectuée dans les mêmes conditions expérimentales afin de pouvoir la comparer avec nos résultats.

2.2.4.2.4. Dosages des protéines par la méthode de LOWRY

Le dosage des protéines totales est déterminé par la méthode de LOWRY *et al* (1951). C'est une mesure colorimétrique où l'addition d'un sel de cuivre en milieu alcalin puis du réactif de Folin-Ciocalteu à une solution protéique donne une coloration bleue foncée. Cette coloration résulte de la réaction du cuivre avec les liaisons peptidiques et la réduction de l'acide phospho-tungsto-molybdique par la tyrosine, le tryptophane et la cystéine. Les composants réduits absorbent la lumière à 750 nm. Pour mesurer les valeurs d'absorbance nous avons utilisé un spectrophotomètre visible.

Des dilutions de BSA de concentration différentes sont utilisées pour établir la courbe d'étalonnage qui sert à calculer la teneur en protéines à partir de l'équation donnée par la courbe de corrélation.

2.2.4.3. Qualité microbiologique du lait et du fromage camelin

Pour la qualité microbiologique du lait et du fromage nous avons retenu la qualité globale représentée par la recherche et dénombrement de la flore totale mésophile et la qualité hygiénique qui englobe les coliformes totaux, fécaux, des Streptocoques fécaux et des

Clostridium ; ainsi que la qualité sanitaire qui portera sur la recherche des Salmonelles et des *Staphylococcus aureus*.

Afin d'interpréter les résultats des analyses microbiologiques nous nous sommes référés à l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 du journal officiel de la république Algérienne N° :035 du 27-05-1998 fixant les spécifications microbiologiques auxquelles doivent satisfaire les denrées alimentaires.

2.2.4.4. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire

La température optimale d'activité des enzymes coagulantes se situe pour la plupart au voisinage de 40-45°C ; au-dessus de cette valeur, se produit une dénaturation progressive de l'enzyme qui devient complète vers 65°C. D'après les travaux de Ramet (1993), la correction de température admissible est en général assez étroite et comprise entre +3 et +5 ; dans le présent travail nous avons adopté cette règle pour déterminer la température optimale de coagulation en débutant la gamme de températures par une valeur égale à 32°C.

Pour obtenir le meilleur rendement fromager, nous avons procédé à la détermination du pH optimal de coagulation. La modification des valeurs du pH d'emprésurage est effectuée par l'ajout de concentrations croissantes d'un sel de calcium CaCl_2 tout en suivant la variation des valeurs du pH des laits. La présence de calcium ionisé est indispensable à l'accomplissement de la phase secondaire de la coagulation qui conduit après protéolyse spécifique de la κ -caséine par l'enzyme coagulante à l'agrégation des micelles pour former un réseau constituant le coagulum (Webb *et al*, 1974; Ramet, 1985). Pour permettre une répartition homogène du sel de calcium dans toute la masse du lait et pour assurer la modification souhaitée de l'équilibre salin, nous avons ajouté le sel de calcium, au minimum 30 minutes avant l'apport de l'enzyme coagulante.

2.2.4.5. Comparaison entre rendements fromagers réel et théorique

Afin d'évaluer l'efficacité de la pratique fromagère nous nous sommes référés à la comparaison entre les deux rendements fromagers réel et théorique ; le premier correspond au poids fromager obtenu après égouttage alors que le deuxième est une valeur calculée par une formule dépendante de deux paramètres biochimiques représentés par les taux protéique et butyreux du lait préalablement mesurés, cette équation est donnée par CUVILLIER (2005) :

$$\text{rendement théorique} = K \times (0.093TB + 0.38TP)$$

Où TB : taux butyreux

TP : Taux protéique

K : coefficient d'ajustement ($K = \text{rendement réel} / (0.093TB + 0.38TP)$)

Si le rendement théorique est très supérieur au rendement réel cela nécessite de revoir la pratique fromagère.

2.2.5. Purification de l'extrait enzymatique :

Dans le but de purifier d'avantage l'extrait coagulant, nous avons adopté la méthode de séparation chromatographique sur colonne en utilisant la diéthylaminoéthyl cellulose (DEAE –cellulose) qui est une résine échangeuse d'anions. Cette technique présente d'après BENGANA (2001) l'avantage d'être non dénaturante et donne d'excellents résultats sur les extraits coagulants bovins.

Pour notre extrait enzymatique de poulet nous avons adopté la même méthode de séparation.

Le diéthylaminoéthyl cellulose est une résine chargée positivement utilisée en chromatographie échangeuse d'ions, permettant la séparation spécifique de certaines molécules. Les différentes protéines, emprisonnées par la colonne, sont relâchées spécifiquement dans certains tubes au fur et à mesure que l'on augmente la concentration saline, ce qui permet la purification de celles-ci. Le principe consiste à fixer les protéines par l'intermédiaire de leurs charges négatives, sur les charges positives de la DEAE, puis de les décrocher par passage de tampons ayant des concentrations croissantes en chlorure de sodium.

Nous avons appliqué la méthode de ROTHE *et al* (1976) sur une colonne (1.0 x 10cm) où le gel est coulé et ensuite équilibré par passage d'environ 10 fois son volume avec du tampon phosphate de sodium pH5,5 . Environ 10 ml d'extrait brut, de pH ajusté à 5,5 (avec du tampon phosphate dissodique 1M) est déposé en haut de la colonne. Des fractions de 2 ml sont collectées par le passage sur la colonne d'un gradient discontinu de concentration croissante (0 ; 0,1 ; 0,2 ; 0,3 ; 0,4 ; 0,5 ; 0,6 ; 0,7 ; 0,8 ; 0,9 ; 1,0 M/l) en NaCl avec un débit d'élution de l'ordre de 50 ml/h. Puis ces fractions subissent une estimation de l'absorbance par la spectrophotométrie à une longueur d'onde 280 nm et une caractérisation d'activités coagulantes par la méthode de BERRIDGE (1945) modifiée par COLLIN *et al* 1977 pour sélectionner les fractions actives en les comparant avec ceux caractérisant l'extrait brut.

2.2.6. Caractéristiques du lactosérum

La coagulation du lait engendre une séparation bien distincte des deux phases : liquide (lactosérum) et solide (fromage). Dans notre travail nous avons procédé à déterminer quelques caractéristiques physicochimiques du lactosérum obtenu.

2.2.6.1. Volume du lactosérum

La détermination du volume du liquide dégagé de la synérèse spontanée du

lactosérum est basée sur l'utilisation d'une pipette pour extraire le sérum qui est déposé dans une éprouvette graduée afin de mesurer ce paramètre.

2.2.6.2. Densité du lactosérum

La densité d'un corps est le rapport entre sa masse volumique et la masse volumique d'un corps de référence. dans notre cas nous avons employé l'eau dont la masse volumique est égale à 1 comme corps de référence. La détermination précise de la densité du lactosérum est effectuée à l'aide d'un pycnomètre par pesées successives dont il est impératif de conserver le même pycnomètre pour mesurer la masse d'eau et la masse d'échantillon selon la méthode AFNOR (NF 60-214 1969). D'après DORYS (2008), la densité est un rapport de mesure, donc elle n'a pas d'unité de mesure.

2.2.6.3. Indice de réfraction du lactosérum

L'indice de réfraction d'une matière, est un nombre qui caractérise le pouvoir qu'a cette matière, à ralentir et à dévier la lumière. Plus la lumière est ralentie, plus la matière a un indice de réfraction élevé. L'indice de réfraction d'une matière est le rapport entre la vitesse de la lumière dans le vide et la vitesse de la lumière dans le corps transparent (MARCIAL, 2008). Concernant ce paramètre GOMEZ (2009) a ajouté qu'il permet la détermination du degré de pureté d'un liquide.

La détermination de l'indice de réfraction du lactosérum s'est fait à l'aide d'un réfractomètre muni d'un dispositif de circulation de liquide permettant de maintenir l'appareil à une température de 25°C Suivant la méthode AFNOR (NF60-22,1968)

2.2.6.4. Concentration du lactosérum

Selon FRIEDLI (2002), le terme de concentration d'une solution est utilisé pour désigner la quantité de solutés dissous dans une quantité donnée de solvant, suivant qu'il soit nécessaire de connaître les quantités absolues ou relatives des constituants de la solution.

Ce paramètre est déterminé avec la même méthode utilisé pour le lait.

2.2.6.5. pH du lactosérum

Afin de mesurer le pH du lactosérum nous avons suivi une méthode électrométrique qui nécessite l'utilisation d'un pH-mètre. Le pH ou bien potentiel hydrogène est un paramètre servant à définir si un milieu est acide ou basique. La valeur du pH d'une solution est directement liée à sa concentration en ions oxonium H_3O^+ qui proviennent de la fixation d'un proton H^+ sur une molécule d'eau.

2.2.7. Etude des propriétés émulsifiantes

2.2.7.1. Préparation et étude des émulsions

pour répondre à notre objectif qui consiste à évaluer les propriétés émulsifiantes du lactosérum camelin, nous avons adopté une méthodologie comparative basée sur l'étude des propriétés émulsifiantes du lactosérum et de la lécithine qui est un émulsifiant très utilisé dans le domaine agroalimentaire associée à la caséinate de sodium à 1% comme stabilisant par la préparation de trois émulsions en utilisant comme phase lipidique l'huile d'amande douce et la crème issue d'écémage du lait de dromadaire

Les compositions des émulsions retenues qui nous ont permis de réaliser les analyses de stabilité en fonction du temps sont portées dans le tableau VII

Chaque mélange est mis dans un bêcher et homogénéisé à l'aide d'un agitateur magnétique pendant 30 min à 30°C, pour former une émulsion mère qui fera l'objet de différents tests.

Tableau VII: Compositions des différentes émulsions préparées en (%)

Composition (%)	HA/E/CS+LEC Référence	HA/LS	Crème/ LS
Huile	5	5	0
Crème	0	0	5
Eau	94.5	0	0
Lactosérum	0	95	95
Emulsifiant	0.2	0	0
Stabilisant	0.3	0	0

2.2.7.2. Observations au microscope optique

Grâce à une pipette pasteur, nous avons prélevé une goutte de l'émulsion mère préparée que nous avons déposée sur une lame de verre. Nous avons ajouté une goutte de bleu de méthylène (hydrosoluble) ou de rouge de soudan (liposoluble) pour déterminer la nature de l'émulsion formée, ensuite nous avons étalé à l'aide d'une lamelle couvre objet.

La préparation est ainsi prête à l'observation microscopique. Nous avons également procédé à la prise des photos des différentes émulsions grâce à un montage de microphotographie.

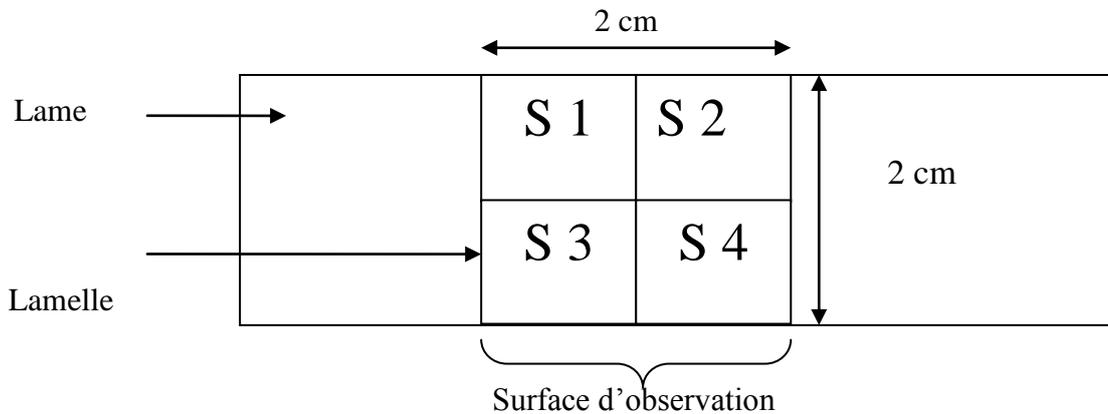
2.2.7.3. Estimation du nombre de gouttelettes lipidiques

Le dénombrement des gouttelettes dispersées est une estimation qui repose sur le comptage microscopique de ces globules. Pour chaque émulsion nous avons prélevé une goutte de l'émulsion mère avec une pipette pasteur sans aspiration, qu'on a déposée sur une lame porte objet. Le dénombrement des gouttelettes s'est fait comme suit :

$$\text{Nombre de gouttelettes} = 400 \times \text{Nombre des gouttelettes par champ}$$

Où

- Nombre de surfaces de $1\text{cm}^2 = 4$ (S_1, S_2, S_3, S_4)
- Surface totale = 4 cm^2
- Dépôt par surface = $0.01\text{ml}/\text{cm}^2$
- Dépôt total = 0.04ml
- Nombre de champs par surface = 100 champs
- Nombre de champs total = 400 champ



2.2.7.4. Evaluation du diamètre des gouttelettes des émulsions

D'après TOURAINE et DRAPRON (1987), il faut se déplacer au hasard sur la surface du rectangle et réaliser 10 déterminations successives pour avoir une répartition statistique.

Nous avons déterminé le diamètre moyen des gouttelettes par l'utilisation d'un micromètre du logiciel (MOTIC version 2.0).

2.2.7.5. Calcul de la surface interfaciale

L'évaluation de la surface interfaciale des émulsions repose sur la détermination du diamètre moyen des gouttelettes (TOURAINÉ et DRAPRON, 1987). nous avons calculer la surface interfaciale (S) selon l'équation donnée par les mêmes auteurs:

Où d : Diamètre moyen des gouttelettes (μm) ;

V : Volume de la phase dispersée ; S : Surface totale

$$S = \frac{6V}{d} (m^2)$$

2.2.7.6. Evaluation de la stabilité des émulsions

A partir de l'émulsion mère, nous avons préparé deux dilutions successives ; la première est une dilution au $1/20^{\text{ème}}$ ensuite la fiole contenant la première dilution est retournée manuellement 5 fois pour homogénéiser, mais sans agitation et à partir de laquelle une deuxième dilution est réalisée au $1/5^{\text{ème}}$. Une cuve spectrométrique est remplie avec la deuxième dilution et mise dans le spectrophotomètre ensuite nous avons procédé à la lecture des valeurs de l'absorbance à 500 nm ; le blanc est constitué par la cuve remplie d'eau distillée.

La deuxième dilution est conservée pendant 24 heures durant lesquelles nous avons mesuré l'absorbance suivant un intervalle de temps régulier tous les deux heures.

A partir des valeurs enregistrées nous avons déterminé la stabilité des émulsions (S) en pourcentage (%) et l'index de stabilité (IS) qui est le nombre d'heures nécessaire pour la déstabilisation totale de l'émulsion, exprimé en heures, ces deux paramètres sont donnés par les formules

$$IS = \frac{AT_0}{AT_0 - AT} \times (T - T_0)$$

$$S(\%) = \frac{100 AT}{AT_0}$$

Où AT_0 : Absorbance à $T = 0$ h et AT : Absorbance à T

2.2.8. Etude des propriétés moussantes

L'étude des propriétés moussantes est basée sur une méthodologie comparative des propriétés moussantes du lait entier, écrémé et du lactosérum par la fabrication des mousses et l'étude de leurs stabilités en fonction du temps en utilisant comme témoin le blanc d'œuf qui manifeste d'excellentes propriétés moussantes.

2.2.8.1. Détermination du pouvoir moussant du lait de dromadaire et ses dérivés

L'étude du pouvoir moussant d'une solution est basée sur l'estimation de deux principaux paramètres qui sont la capacité moussante et la stabilité de la mousse, pour cela il est nécessaire de mousser cette solution afin de créer une interface gaz-liquide.

Dans notre travail nous avons assuré le moussage de nos échantillons liquides de laits et leurs dérivés par l'emploi de divers appareils d'agitation tels que : un homogénéisateur à raison de 4000 tours/min, un agitateur à hélice à une vitesse de 1200 tours/min et un autre magnétique, dont le but de bien déterminer et aussi de comparer le pouvoir moussant de ces différents échantillons, la choix de l'intensité d'agitation appliquée est porté sur l'aspect des mousses.

2.2.8.2. Fabrication des mousses

Un volume de 50 ml (V_0) mesuré à l'éprouvette graduée est prélevé et placé dans un bécher en verre de 1litre ; ce volume est fouetté pendant 5minutes exactement mesurées au chronomètre ensuite nous avons noté le volume maximal (V_m) atteint par la mousse.

La capacité moussante (CM) est mesurée par le foisonnement exprimé en pourcentage comme la montre la formule :

$$CM(\%) = \frac{Vm - V_0}{V_0} \times 100$$

La stabilité moussante (S) est la propriété d'une mousse à rester stable et inchangée, le temps de déstabilisation totale de la mousse est mesuré par le temps de retour complet à l'état liquide, à l'arrêt de fouettage le chronomètre est déclenché à T_0 ; lorsque le volume est à nouveau de 50 ml (soit V_0), nous avons noté le temps T_1 .

La stabilité moussante est mesurée soit par le temps de déstabilisation totale T_1 exprimé en secondes, si le temps de stabilité de cette mousse est inférieur à 30 min., soit par le pourcentage de liquide relargué à $T_1 = 30$ min.

$$S(\%) = \frac{V_{30}}{V_m} \times 100$$

2.2.9. Etude de l'activité antibactérienne du lactosérum camelin

L'activité antibactérienne du sérum camelin a été évaluée sur des germes appartenant au genre *Staphylococcus*, qui sont selon PEBERT (2003), des cocci gram positif non encapsulés. D'après BASSOLE *et al* (2001), ce genre est le plus courant et numériquement majoritaire et couramment responsable de diverses pathologies. Néanmoins, nous avons sélectionné les germes qui sont particulièrement des commensaux de la peau. Il s'agit de trois souches de référence : *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus*.

Afin de tester l'activité antibactérienne du lactosérum camelin vis-à-vis les germes cités précédemment nous avons procédé à la méthode d'antibiogramme standard, appelée aussi la méthode de diffusion en milieu gélosé (méthode des disques). Toutes les manipulations ont été réalisées à l'aide de matériels préalablement stérilisés par voie chimique ou physique, afin de limiter tout risque de contamination microbienne susceptible (Figure 8).

Dans notre travail, la détermination de pouvoir antibactérien du lactosérum consiste à suivre plusieurs démarches ; nous avons commencé par la préparation de l'inoculum ; d'après EUZEBY (2001), un antibiogramme doit obligatoirement être effectué sur une culture pure et identifiée ; pour cela il est nécessaire de préparer un inoculum, dont ce dernier réclame la réalisation de deux principales étapes : la première consiste à ensemencer chaque germe bactérien en stries sur une gélose nutritive de Chapman qui est sélectif pour l'isolement des staphylocoques, puis incuber à 37°C pendant 24 heures pour obtenir des jeunes colonies bien isolées ; la seconde étape consiste à introduire des colonies grâce à une pipette pasteur dans un tube à vis stérile contenant l'eau physiologique, pour obtenir une suspension bactérienne qui présente une densité optique de 0.08 à 0.1 à une longueur d'onde de 625 nm (DURAFFOURD, 1997). Reste à signaler que l'inoculum ne doit pas être utilisé au-delà de 15 min à partir de sa préparation, car il y a un risque d'augmentation de l'opacité de suspension à cause de la croissance bactérienne.

Après préparation de l'inoculum nous nous sommes passés à l'ensemencement par écouvillonnage, cette opération consiste à couler dans les boîtes de pétri la gélose liquéfiée spécialement étudiée (Mueller-Hinton) à raison de 25 ml soit 4 mm d'épaisseur. Après solidification du milieu, la suspension bactérienne « inoculum » est ensemencée à l'aide d'un écouvillon trempé dans cette suspension et essoré sur le bord du tube avant l'étalement sur la gélose. Ce type d'ensemencement par écouvillonnage consiste à effectuer des stries très

serrées par trois passages à orientation décalée d'un angle de 60° pour la boîte et l'écouvillon de manière à avoir une nappe (LANOTTE *et al*, 2007). Ensuite Des disques de papier whatman, imprégnés du lactosérum camelin sont déposés à équidistance sur la boîte pétri à l'aide d'une pince stérilisée en appuyant légèrement, pour faciliter l'adhérence (EUZEBY, 2001).

Après 24 heures d'incubation à 37°C, les disques s'entourent de zones d'inhibition circulaires (halo clair), correspondant à une absence de culture bactérienne (SOUSSY, 2009). Après le délai de l'incubation, le diamètre de la zone d'inhibition est mesuré autour de chaque disque; Duquel la sensibilité d'un germe est nulle (N) pour un diamètre égal ou inférieur à 8 mm. Elle est limitée (L) quand le diamètre est compris entre 8 et 14 mm et moyenne (M) lorsque le diamètre est entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égal à 20 mm, le germe est très sensible (S) (DURAFFOURD, 1997).

En dernier pour vérifier si l'effet obtenu est de type bactéricide ou bactériostatique, le même auteur suggère qu'un prélèvement de la zone d'inhibition est effectué puis transféré dans un tube à vis contenant un bouillon nutritif (dans notre cas c'est le bouillon glucose tamponné), qui sera incubé à 37°C pendant 24heures. On l'examine alors à l'œil nu : si le milieu est trouble, cela indique qu'il s'agit d'un effet bactériostatique, et s'il est clair, il s'agit d'un effet bactéricide.

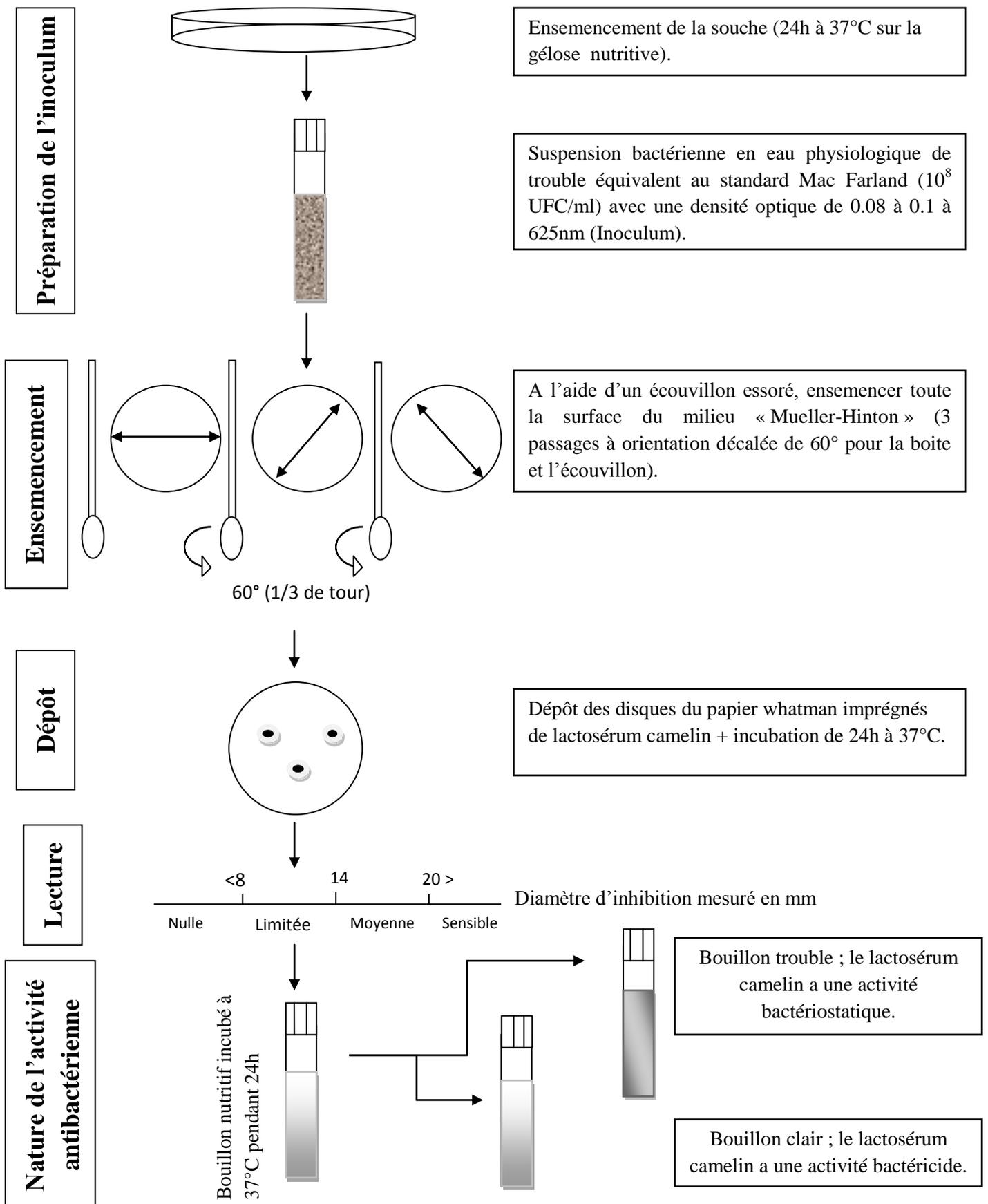


Figure 8: Etapes de la réalisation du test d'activité antibactérienne de lactosérum camelin.

2.2.10. Préparation dermique modifiée

Pour valoriser le lactosérum camelin et voir l'intérêt que peut apporter cette solution en cosmétologie nous avons essayé de préparer la crème de DALIBOUR avec quelques modifications dans le but de l'améliorer en matières nutritives vis-à-vis de la peau donc nous avons utilisé le lactosérum comme un excipient et une source d'émulsifiant représentée par les protéines sériques.

Plusieurs tests sont portés sur la crème préparée ; le premier consiste à étaler la crème sur papier filtre. Si la crème adhère, le test est positif et donc elle s'étalera bien sur la peau (CHENAY, 1993), ensuite des mesures de l'humidité, de densité et de pH viennent compléter les tests physiques appliqués sur la crème.

Afin d'évaluer la stabilité de l'émulsion formée nous avons procédé à l'étude de la stabilité qui repose sur l'évaluation des modifications pouvant se produire lors du vieillissement du produit dans le temps, de ce fait on peut dire qu'un produit cosmétique est stable si son état physico-chimique ne se modifie pas dans le temps sous les conditions normales de stockage (MASMOUDI *et al*,2006) ; cette évaluation est suivit par une appréciation de l'aspect macroscopique de la crème préparée ;ce contrôle consiste à examiner la couleur de l'émulsion, son homogénéité et sa consistance , il est effectué immédiatement après fabrication et après une durée de conservation.

De même la détermination de l'aspect microscopique de la crème vient compléter l'étude macroscopique et fournissant une interprétation du processus de vieillissement de l'émulsion ; cette technique permet l'étude de la distribution des gouttelettes au sein de l'émulsion (MASMOUDI *et al*, 2006). Grâce à une pipette, on prélève une goutte de la crème préparée que l'on dépose sur une lame de verre, on ajoute une goutte de bleu de méthylène, ensuite on étale à l'aide d'une lamelle. La préparation est ainsi prête à l'observation. En

dernier une mesure microscopique est réalisée sur le montage à savoir la détermination du diamètre moyen des gouttelettes dispersées.

2.2.11. Analyse statistique

Dans le but de comparer les valeurs obtenues lors des tests effectués, nous avons adopté une analyse de la variance; la différence est considérée comme significative au seuil de 5%. La détermination des traitements (moyennes) homogènes nécessite de réaliser une comparaison multiple des moyennes par le test de Newman- Keuls.

Résultats et discussion

3.1. Caractérisation physicochimique du lait de dromadaire

Les résultats des caractéristiques physicochimiques du lait de dromadaire retenues dans notre étude sont illustrés dans le tableau VIII (la moyenne et l'écart type sont calculés pour 03 répétitions correspondant à chaque paramètre).

Tableau VIII: Résultats des analyses physicochimiques portées sur le lait de dromadaire

Paramètres	Valeurs moyennes
Matière sèche (g/l)	118.1 ±0,85
Densité à 25°C	1.0272±0,0028
pH à 25°C	6.51± 0.06
Matière grasse (g/l)	28.7±0.5
Matière protéique (g/l)	32.6±0.4
Lactose (g/l)	47.7±0.5
Matières minérales (g/l)	9.2±0.4

3.1.1. Matières sèches

La déshydratation du lait de dromadaire nous a permis de calculer le taux de la matière sèche qui est de l'ordre de 118.1g/l. Par comparaison avec celui présenté par ALAIS, (1984) correspondant au lait de vache(128 g/l) on constate que le lait de chamelle est moins riche en solutés ; cette infériorité est due à la variabilité génétique entre espèces différentes, cette variation est toujours enregistrée même à l'intérieur de l'espèce cameline car des quantités de matières sèches nettement divergentes étaient présentées par plusieurs auteurs notamment DIALLO(1989) qui a trouvé une valeur plus élevée ; par ailleurs GNAN *et al* (1994)

et BENGOUMI *et al* (1994) ont rapporté respectivement des teneurs moins importantes de l'ordre de 95.6 et 69.5 g/l.

Par ailleurs, XAVIER *et al* (2000) ont indiqué qu'il existe une variation de la composition du lait de chamelle, sous l'effet du changement saisonnier (plus concentré pendant l'hivernage que pendant la saison sèche chaude) et l'état de déshydratation (la teneur de lait en eau peut passer de 86 à 91%, alors que le taux de matière grasse décroît de 4% à moins de 1%). Toutefois, FAYE (2003) considère que l'influence de la saison sur la composition du lait de dromadaire résulte des effets combinés de l'alimentation, des facteurs climatiques (chaleur, aridité), et du stade de lactation. Il était difficile de dissocier entre ces facteurs, mais l'effet global s'est traduit par une chute de l'extrait sec total, résultant de la diminution du taux de matière azotée et plus particulièrement les caséines, durant l'été.

3.1.2. Densité

La valeur de la densité moyenne calculée pour les échantillons du lait de dromadaire est de 1.0272. Cette valeur est inférieure à celle trouvée par KAMOUN (1991) qui a travaillé sur le lait de vache considéré comme lait de référence.

WANGO (1997) a rapporté que la densité et l'acidité semblent dépendre de la race et du type d'élevage. Voir également que la différence de la densité du lait entre espèces a été attribuée selon SIBOUKEUR (2007) à la fréquence d'abreuvement qui peut influencer directement ce paramètre.

3.1.3. pH

La valeur moyenne du pH du lait de chamelle collecté est égale à 6,51, il est plus acide comparativement avec le lait de vache caractérisé par un pH qui peut dépasser 6.8. Cette caractéristique du pH est due à la teneur relativement élevée en vitamine C du lait de dromadaire qui serait à l'origine du pH bas (SALEY, 1993) ; cette particularité lui confère

un goût particulier pouvant être masqué par une saveur amère ou acide selon la nature des plantes broutées. En plus, YAGIL (1985) estime que le pH bas du lait camelin peut être attribué à la forte concentration en acide gras volatils.

Des valeurs de pH comparables sont enregistré par MEHAIA (1993) ; ABULEHIA (1994) ; LARSSON-RAZNIKIEWICZ et MOHAMED (1994) ;KAMOUN (1995) qui ont travaillé dans différents pays. Par contre SAWAYA *et al* (1984) et ABU-TARBOUSH *et al* (1998) ont trouvé des valeurs légèrement moins basses de l'ordre de 6.49 ± 0.024 et 6.48 respectivement en Arabie Saoudite.

Le lait camelin est caractérisé par un effet tampon plus élevé par rapport au lait bovin (ABUTARBOUSCH, 1996).

3.1.4. Matière grasse

La qualité du lait est habituellement évaluée par la quantité de matière grasse qui permet d'apprécier la valeur beurrière. Dans notre lait étudié la valeur déterminée de la matière grasse est de 28.7 g/l. Selon CHILLIARD (1989), le lait de dromadaire présente un taux butyreux de 3 à 5%, comparable à celui des bovins et des caprins, et inférieur à celui de la brebis, et de la bufflesse.

Il est établi qu'en dehors de la race, le rang de la traite influe sur le taux de matière grasse. En effet, la traite du matin donne d'après KAMOUN (1994) un lait relativement pauvre en matière grasse par rapport à celui des autres traites bien que quantitativement plus important, ceci peut expliquer le taux de matière grasse de notre lait moins important puisque la traite été effectuée le matin.

3.1.5. Matière protéique

Les résultats apportés par le tableau VIII indiquent une teneur en protéines totales égale à 32.6 g/l. Selon KAMOUN (1990), le lait de chamelle est pauvre en matière protéique

et en caséines. D'autres auteurs, en particulier NARJISSE (1989) et FAYE (1997), ont constaté que les teneurs en matières protéiques du lait de dromadaire sont comparables à celles rencontrées chez le bovin.

Concernant la β -Lactoglobuline protéine majoritaire dans le lait de la plupart des espèces laitières, elle semble absente (ou peu présente) dans le lait humain et camelin (SIBOUKEUR, 2007). D'autres auteurs notamment YAGIL et ETZION(1980a) ont enregistré une variation de la teneur protéique entre un régime hydraté et un régime peu hydraté.

3.1.6. Lactose

Le dosage du lactose nous a permis d'obtenir une valeur égale à 47.7g/l ; ce résultat est supérieur à celui rapporté par MEHAIA *et al* (1995) qui a noté une teneur de 44.4 g/l pour la race cameline Wardah, alors qu'on se référant à celle du lait bovin (48.5g/l) apportée par les travaux de VALERIE (2007) nous pouvons constater que les taux de notre échantillon et du lait bovin sont proches.

La teneur en lactose du lait camelin semble dépendre non seulement de la race mais aussi du stade de lactation et de l'état d'hydratation. Elle est faible pendant les premières heures qui suivent la mise bas et subit une augmentation de 36 % de la teneur initiale 24 heures après. Par ailleurs, une diminution de 37 % de la teneur initiale a été constatée en cas de déshydratation des chamelles (YAGIL et ETZION 1980b).

3.1.7. Minéraux

La teneur en cendres des échantillons analysés est égale à 9.20 g/l . Elle paraît donc comparable à celle trouvée par BOUDJENAH (2012) et à celle du lait bovin cité par ALAIS (1984).

Au niveau quantitatif, si la composition en éléments (Na, K, Ca, Mg...) est relativement similaire à celle du lait bovin, le lait camelin se caractérise néanmoins par des

taux plus élevés en oligo-éléments (YAGIL et ETZION, 1980a ; SAWAYA et al, 1984 ; EL-AMIN et WILCOX, 1992 ; MEHAIA et al, 1995 ; GORBAN et IZZELDIN, 1997 ; BENGOUMI et al, 1994) .

La teneur en cendres du lait camelin diminue en cas de privation d'eau (YAGIL, 1985), elle varie également en fonction du stade de lactation (FARAH, 1993) et serait fonction des quantités de lait produites (EL-AMIN et WILCOX, 1992).

3.2. Etude de l'influence des modes de conservations sur l'extrait enzymatique

L'évaluation de la stabilité de l'extrait enzymatique sous l'influence des modes de conservation employés nous a permis d'enregistrer une persistance de l'activité coagulante avec des régressions des valeurs des rendements fromagers variables selon le mode de conservation par rapport à celui de l'extrait enzymatique frais. Pour la lyophilisation nous avons noté un maintien de 90.5% de l'activité enzymatique contre 56.7% caractérisant l'échantillon réfrigéré (figure9).

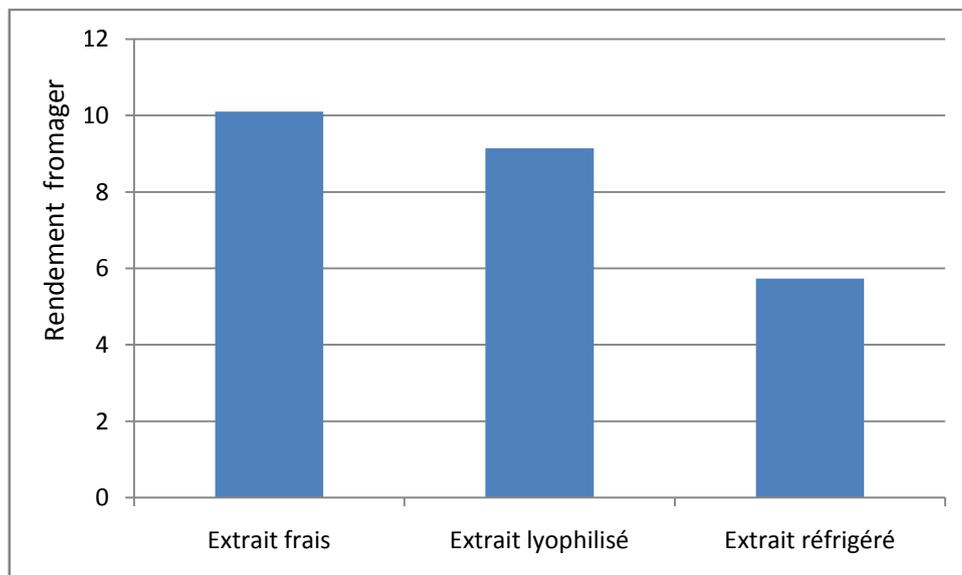


Figure 9: Influence du mode de conservation de l'extrait enzymatique sur le rendement fromager

Des résultats différentes étaient enregistrés par BOUDJENAH (2012) qui a travaillé sur un extrait coagulant des caillettes des dromadaires dans les mêmes conditions expérimentales ont montré qu'il ya une conservation de l'activité coagulante de l'ordre de 65% pour l'échantillon conservé par réfrigération et un taux de 66.4% caractérisant celui lyophilisé. Cette différence est peut être attribuée à la nature des tissus animaux employés et la présence d'impuretés.

La lyophilisation est un procédé qui permet de bien conserver à l'état sec un certain nombre de produits qui peuvent être reconstitués par hydratation (PIERRE, 1997). Malgré cela les pertes d'activité de notre extrait ne sont pas dues à la technique de conservation mais par contre aux conditions de transformation car dans notre cas la cryodessiccation a été réalisée 15 jours après extraction.

3.3. Rendement fromager par immobilisation

Les microcapsules issues de l'immobilisation de l'extrait coagulant présentent une couleur blanche semi transparente et une forme sphérique avec un diamètre moyen de 5mm (Figure 10), ce qui permet leur récupération et leur rinçage après chaque coagulation. La couleur des billes est fonction de la couleur de l'enzyme emprisonnée. Après trois coagulations successives et lavage des billes nous avons constaté l'apparition des petites taches blanches à l'intérieur des billes suite à l'emprisonnement des particules de micelles après contact avec l'enzyme coagulante à l'intérieur du gel ; ce phénomène à provoqué une diminution du rendement des coagulations et pour cela nous avons éliminé les billes après trois coagulations consécutives.



Figure 10: Immobilisation par inclusion de l'extrait enzymatique dans l'alginate de sodium

Dans les mêmes conditions, et par la même méthode, les coagulations ont abouti à une séparation de deux parties, un coagulum et un lactosérum. Après chaque égouttage nous avons procédé aux pesées des coagulums obtenus. L'examen des résultats obtenus fait ressortir que l'immobilisation de l'extrait enzymatique a influencé légèrement l'activité enzymatique car les valeurs du rendement fromager obtenues par les extraits de la couche de kaolin libre et immobilisée sont comparables ; ces résultats sont attestés par la comparaison multiple des moyennes. D'autre part la réutilisation de l'extrait coagulant immobilisé dans trois coagulations successives nous a permis d'enregistrer des taux de régression de l'activité de coagulation de l'ordre de 13% après la deuxième coagulation et un taux plus élevé après la troisième coagulation de l'ordre de 43% (Figure 11); cette diminution des valeurs des rendements fromagers est due à l'évasion et la fuite des molécules coagulantes à partir de la matrice du gel vers le lactosérum après chaque coagulation, ce qui se répercute sur l'efficacité des billes imbibées d'enzymes et ceci diminue leurs activités coagulantes. En plus la pénétration des particules de micelles de caséine à l'intérieur des billes a diminué le contact du coagulant avec le lait et par conséquent réduit les valeurs des rendements fromagers.

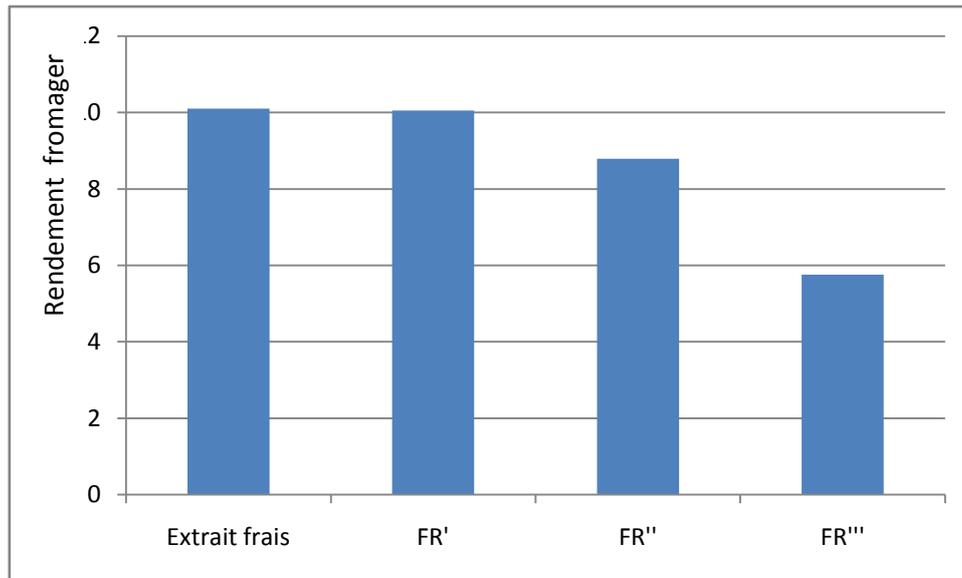


Figure11 : Rendements fromagers des fromages préparés par extraits enzymatiques libre et immobilisé ; FR' : fromage obtenu par extrait immobilisé ;FR'' : fromage obtenu après deuxième coagulation ; FR''' : fromage obtenu après troisième coagulation.

3.4. Caractérisation de l'extrait enzymatique coagulant

3.4. 1. Rendement d'extraction

L'évaluation du rendement de l'extraction est une étape très intéressante, elle justifie le choix de la méthode d'extraction pour déterminer le coût, ainsi que l'efficacité de mode opératoire mise en œuvre. La méthode d'extraction de VALLE et FURET (1977) appliquée sur la poudre de la couche de kaolin, nous a permis d'obtenir un rendement d'extraction égale à 16.21% qui présente un rendement intéressant mais inférieur à celui obtenu par BOUDJENAH, (2012) qui a obtenu un rendement d'extraction égal à 22% en travaillant sur la caillette de dromadaire ; cette différence est due à la nature des tissus animaux utilisés et aux conditions d'extraction lors de la macération.

3.4.2. Activité coagulante

Dans les mêmes conditions d'utilisation, l'extrait enzymatique clarifié obtenu à partir de la couche de kaolin a permis l'obtention d'un temps de floculation de 6min, 6 sec ce temps nous a permis de calculer l'activité coagulante exprimée par le nombre d'unité présure (UP) égale à 0.273 et par la suite de déterminer la force coagulante (F) correspondante qui est de l'ordre de 60.71. Nos résultats sont très proches de ceux apportés par BOUDJENAH (2012) qui a travaillé dans les mêmes conditions sur des extrait de caillettes de dromadaire et qui a confirmé que l'activité coagulante de ces extraits est supérieure de celle de la présure bovine. Dans la pratique, le temps de floculation est une partie du temps de coagulation total. Ce dernier désigne le temps qui s'écoule depuis l'addition d'enzyme coagulant jusqu'au moment de tranchage du coagulum formé. La durée du temps de floculation influence celle de la coagulation qui influence, à son tour, la durée totale du processus de transformation du lait.

3.4.3. Activité protéolytique

Nous avons employé la présure comme témoin car elle est considérée comme l'agent coagulant de référence très utilisée en industrie fromagère. Les résultats de l'activité protéolytiques sont portés sur la figure (12).

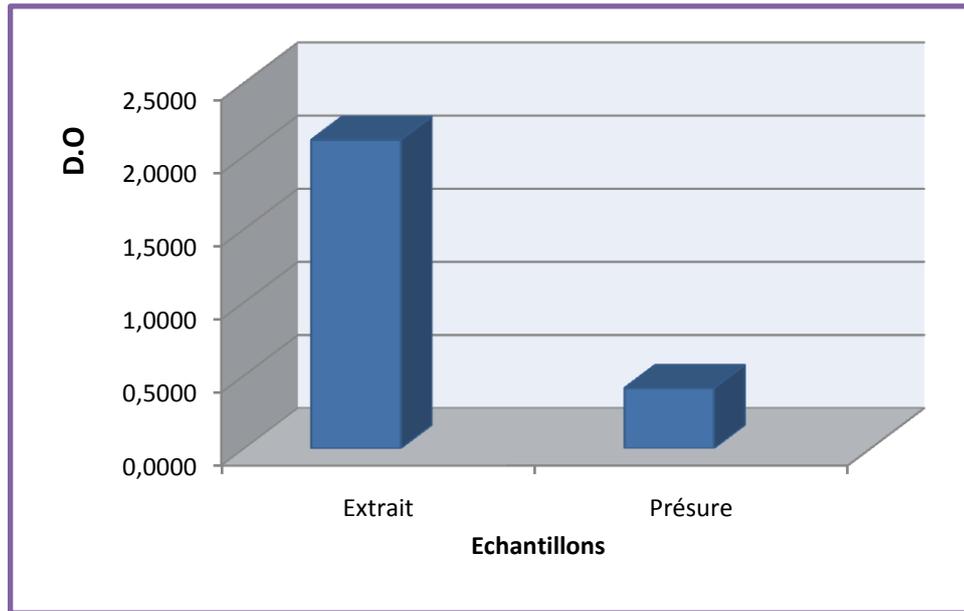


Figure 12: Activité protéolytique de l'extrait enzymatique de la couche de kaolin comparée à celle de la présure.

D'après RAMET (1997), en industrie fromagère on recherche toujours à ce que les enzymes coagulantes utilisées aient une activité coagulante élevée et une activité protéolytique faible. On se basant sur nos résultats nous pouvons constater que l'activité protéolytique de l'extrait de couche de kaolin est largement supérieure à celle de la présure. La différence ne réside que dans l'origine et la nature de des protéases obtenues. Si sur le lait bovin, la chymosine possède l'activité coagulante la plus appropriée pour la transformation du lait en fromage, sur le lait camelin, la pepsine qui présente une activité protéolytique comparable a celle de notre extrait a montré les aptitudes à la transformation les plus intéressantes (EL-ABASSY et WAHBA, 1986 ; MEHAIA, 1987 ; WANGOH *et al*, 1993 ; RAMET, 1994).

3.4.4. Détermination de la teneur en protéines de l'extrait enzymatique

La méthode d'extraction proposée permet la précipitation des protéines représentées par notre extrait coagulant. D'après COHN *et al* (1943), l'addition d'une quantité élevée de

NaCl (force ionique élevée) diminue la solubilité des protéines de la solution, et favorise les interactions protéine-protéine d'où la précipitation de la protéine sans dénaturation, car les ions qui diminuent la solubilité des protéines (Na^+ , Cl^-) stabilisent leurs structures natives, se procédé est appelé le salting out ou le relargage.

La teneur des fractions protéiques isolées est estimée par dosage spectrophotométrique en utilisant la méthode de LOWRY *et al* (1951). La méthode est basée sur l'obtention d'un composé bleu formé par la réduction de l'acide mixte phosphomolybdotungstique (ou réactif de Folin-Ciocalteu) avec notamment les résidus tyrosine, tryptophane et cystéine de la protéine (DELOBETTE *et al*, 1991).

L'absorption colorimétrique développée est mesurée à 750 nm. La teneur en protéine est déterminée grâce à une courbe d'étalonnage en utilisant l'albumine sérique bovine (BSA) comme protéine de référence. La figure (13) représente la courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de LOWRY *et al* (1951).

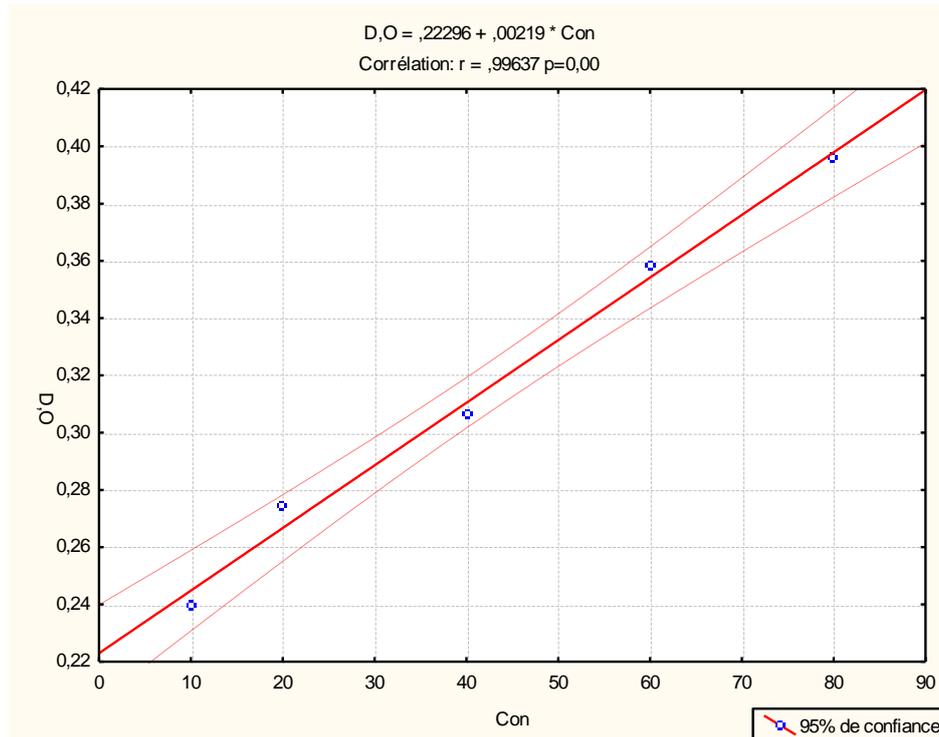


Figure13: Courbe d'étalonnage pour dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al* (1951) : l'albumine sérique bovine (BSA) est utilisée comme protéine de référence.

D'après la figure nous pouvons constater une corrélation ($r = 0.99637$) avec une équation $D.O = 0.22296 + 0.00219 * con$. Cette équation nous a permis de calculer la concentration en protéine de notre extrait enzymatique qui est de 10.51mg/ml.

3.5. Qualité microbiologique du lait et du fromage camelin

Les principaux résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le lait et le fromage camelin sont portés sur le tableau IX :

Tableau IX: Résultats des analyses microbiologiques du lait et du fromage camelin.

Germes échantillons	Lait cru germe/ml	Fromage germe/ml	Normes Journal officiel N°35 de la république algérienne 1998
<i>Flore aérobie mésophile totale (FAMT)</i>	170	9.10^3	10^5 pour le lait cru
<i>Coliformes totaux</i>	Absence	< à10	10 pour le fromage frais
<i>Coliformes fécaux</i>	Absence	Absence	10^3 pour le lait cru Absence pour le fromage frais
<i>Streptocoques fécaux</i>	Absence	Absence	Absence
<i>Clostridium sulfito-réducteurs.</i>	Absence	Absence	50 pour le lait cru
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence pour le lait cru et 10 pour le fromage frais
<i>Salmonella</i>	Absence	Absence	Absence

3.5.1. Qualité microbiologique générale

Le lait contient peu de microorganismes (moins de 10^3 germes / ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain (GUIRAUD et GALZY, 1980). Il s'agit de la flore indigène ou originelle constituée essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores.

D'après GUIRAUD (1998), le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel. Pour nos échantillons cette flore représente 170 germes / ml dans le lait donc selon les normes Algériennes ces résultats sont acceptables, tandis que pour le fromage nous avons enregistré 9.10^3 germes /gramme. Il faut noter cependant que les FAMT ne font pas partie des critères interprofessionnels de la qualité du fromage frais et que le législateur algérien ne définit pas le seuil de limites pour apprécier la qualité de ce produit.

3.5.2. Qualité hygiénique:

Un certain nombre de tests indicateurs de l'hygiène générale de l'aliment ont été mis au point par JOFFIN C et JOFFIN JN (1999), ce sont les flores indicatrices d'une mauvaise qualité générale et d'un non respect des "bonnes pratiques" qui regroupent en trois principales catégories de tests dont le dénombrement de bactéries indique des contaminations fécales.

3.5.2.1. La flore coliforme:

Le dénombrement des coliformes a longtemps été considéré comme un bon indice de contamination fécale. Pour l'échantillon de lait nous avons enregistré l'absence de coliformes totaux et fécaux. De même après coagulation, l'amélioration des conditions de coagulation (stérilisation par une lampe UV) a contribué à éliminer tous genres de coliformes fécaux d'une part et à diminuer la charge en coliformes totaux jusqu'à un taux inférieur aux normes Algériennes qui nous permet de dire que notre produit fromagé présente une qualité hygiénique acceptable.

3.5.2.2. Streptocoques fécaux:

Ces germes sont très répandus dans la nature et ils n'indiquent pas toujours une

contamination fécale, ce sont des germes fréquents dans les produits "manipulés", le lait en particulier. Ces germes sont absents dans nos échantillons lait et fromage, il s'est avéré que ces résultats sont satisfaisants.

3.5.2.3. Clostridium sulfito-réducteurs:

Il est difficile de conclure qu'une contamination est fécale lorsque les Clostridium sulfito-réducteurs sont seuls, mais au cas où ils sont associés à l'*E.coli* ou aux coliformes et streptocoque, ils confirment l'origine fécale d'une contamination (GUIRAUD, 1998). Le seuil de conformité du lait cru fixé par le législateur algérien est de 50 germes/ml, ces germes sont absents dans nos échantillons de lait et de fromage.

Des recherches faites par BARBOUR *et al*, (1984) ont montré que le lait de vache se contamine facilement par rapport au lait de dromadaire qui a un pouvoir antimicrobien, de même YAGIL *et al*, (1984) soutiennent que la pasteurisation du lait de chamelle n'est pas indispensable si tous les dromadaires du troupeau sont en bonne santé.

3.5.3. Qualité sanitaire:

La flore de contamination indicatrice d'une mauvaise qualité hygiénique, qui ne provoque généralement pas de maladies chez l'homme adulte, est souvent associée à des entérobactéries pathogènes comme les *Salmonella* ou les *E-coli* pathogènes (GUIRAUD, 1998). Selon FLORAND, (1988) d'autres germes pathogènes peuvent être présents originellement dans le lait suite à la traite d'un animal malade.

L'analyse des résultats obtenus a permis de constater l'absence de *Staphylococcus aureus* dans le lait de dromadaire analysé ce qui nous conduit à dire que le lait présente une bonne qualité sanitaire. À propos de l'échantillon fromage, nous avons noté la présence de

troubles dans les tubes, ce qui nous a conduits à faire un test de confirmation par l'ensemencement sur la gélose Chapman. Les résultats obtenus étaient négatives ce qui confirme que les *Staphylococcus aureus* sont aussi absentes dans le fromage.

Concernant les *Salmonella* nous avons constaté leurs absences dans le lait et dans le fromage analysé ce qui nous conduit à dire que le lait de dromadaire et le fromage coagulé par l'extrait de la couche de Kaolin présentent une bonne qualité sanitaire.

L'étude réalisée par BARBOUR et al (1984) a mis en évidence l'inhibition des bactéries pathogènes par le lait camelin qui est caractérisé par son activité antimicrobienne, qui est due à la présence des protéines protectrices (Lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine et autres).

La couche de kaolin utilisée comme coagulant n'influence pas la qualité sanitaire du produit car elle a été en service pendant environ 2000 ans dans la médecine traditionnelle chinoise, elle a été mentionnée comme un médicament. À ce moment-là, elle a été décrite comme un traitement de la diarrhée, Plus tard elle a été appliquée pour l'atténuation des nausées, des vomissements et des troubles de la digestion. Elle est utilisée pour soulager les troubles digestifs chroniques, comme les ulcères d'estomac (SUBHUTI, 2005).

3.6. Amélioration des aptitudes à la coagulation du lait de dromadaire

3.6.2. Optimisation de la température de coagulation

Les résultats des rendements fromagers en fonction de variation de la température de coagulation sont portés sur la figure 14 qui fait ressortir que l'activité de l'extrait enzymatique de la couche de kaolin varie avec la température. Il paraît que le rendement fromager qui est influencé par les variations de température est proportionnel à ces dernières jusqu'à certains

seuil ; des températures plus élevées dénaturent les protéines du lait et les enzymes coagulantes.

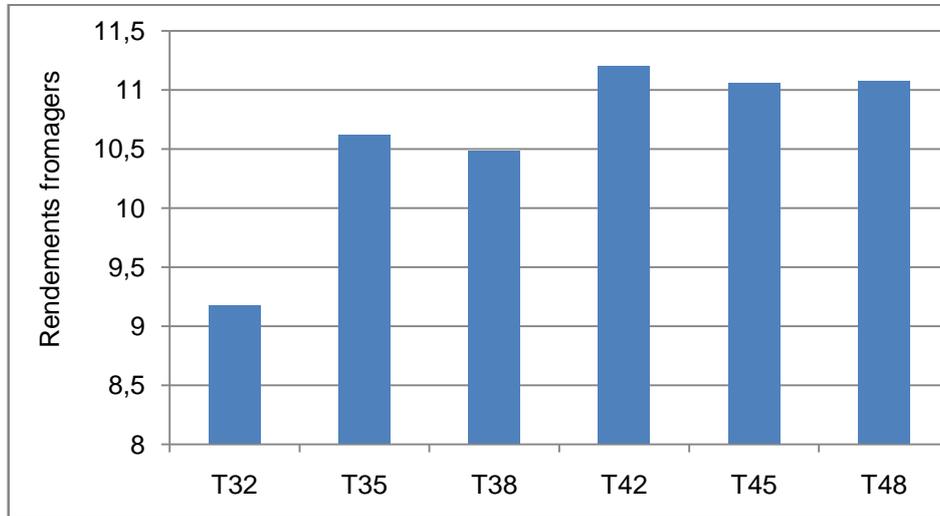


Figure 14: les rendements fromagers en fonction de variation de la température de coagulation

L'analyse de la variance montre qu'il existe une différence entre les valeurs du rendement fromager à cause de l'influence de l'augmentation de la température pour l'ensemble des traitements thermiques appliqués, nous avons également enregistré une relation étroite entre la température et le rendement fromager jusqu'à une valeur de température égale à 42°C. On dépassant ce seuil, nous avons noté une diminution de la fermeté du fromage malgré qu'elle fût accompagnée par un maintien des valeurs du rendement fromager.

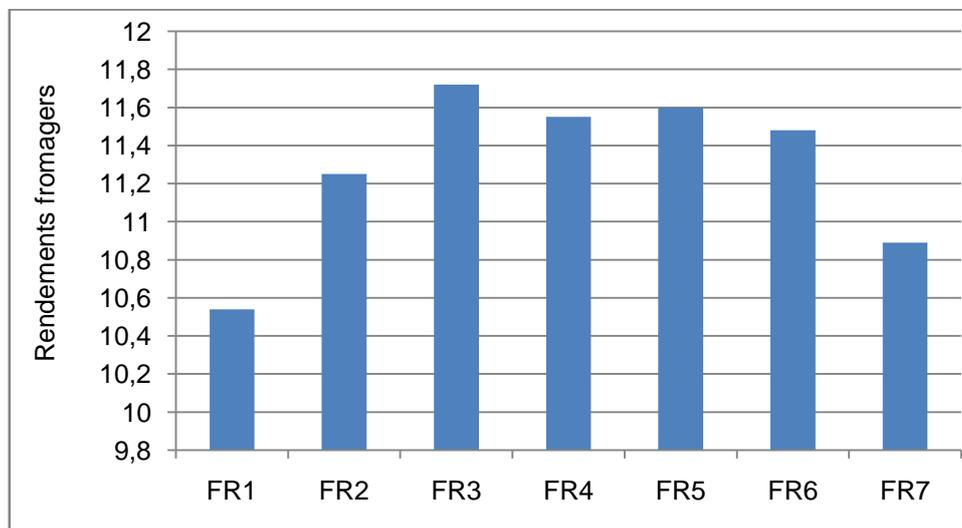
3.6.1. Optimisation du pH de coagulation

Dans le but de chercher les meilleures conditions d'activités enzymatiques, nous avons examiné l'effet de l'ajout de CaCl_2 à des concentrations croissantes. L'apport d'un sel de calcium a provoqué une nette baisse des valeurs de pH des laits mises en œuvre, cette variation est portée sur le tableau X.

Tableau X : Variation des valeurs de pH en fonction des doses de sel de calcium ajoutés.

CaCl ₂ ajouté au lait (g/l)	Lait écrémé	1	2	3	4	5	6
pH à l'emprésurage	6.56	6.33	6.2	6.04	5.99	5.92	5.54
Fromages obtenus	FR1	FR2	FR3	FR4	FR5	FR6	FR7

L'addition du sel avec des concentrations croissantes a contribué à améliorer le rendement fromager qui est passé de 10.54 à 11.72 sous l'effet de l'ajout du chlorure de calcium qui a provoqué une modification et une baisse du pH du lait à l'emprésurage de l'ordre de 6.2 représentant le pH optimum de coagulation qui a pu provoquer la précipitation de la quantité la plus intéressante de caséine et cela nous a conduit à obtenir le rendement fromager le plus élevé ; au delà de cette valeur de pH nous avons constaté que les rendements fromagers commencent à régresser à cause de l'influence négative de l'enrichissement progressive du milieu en sel de calcium (figure 15);

**Figure 15** : rendements fromagers obtenus par l'ajout de concentration croissante de CaCl₂

Parmi les effets négatifs de l'ajout excessif du sel CaCl₂ Ramet (1987) a ajouté également que des taux en sels de calcium supérieurs au seuil optimum, provoquent fréquemment l'apparition de goût amer dans le fromage. D'après l'analyse de la variance les

valeurs des rendements obtenues sont différentes à cause de l'efficacité des modifications apportées (l'ajout du sel CaCl_2).

3.7. Propriétés organoleptiques du fromage camelin obtenu

L'utilisation de l'extrait de la couche de Kaolin immobilisé pour coaguler le lait ne provoque aucun changement de la couleur du produit qui reste comparable à la couleur du lait mise en œuvre. L'emploi de l'extrait coagulant immobilisé pour coaguler le lait de dromadaire nous offre des produits de couleur blanche donc cette nouvelle technique ne modifie pas les caractéristiques organoleptiques des fromages.

Pour la texture des coagulums obtenus nous avons constaté après égouttage et une synérèse complète que dans la gamme de température 32°C à 42°C les fromages obtenus sont caractérisés par une dureté de la pâte qui porte des pores, alors que au-delà de 42°C une texture moins ferme caractérise les produits obtenus. D'après Ramet (1993), au dessus de la température optimum d'activité des enzymes coagulantes se produit une dénaturation progressive de l'enzyme. Cette dénaturation est peut être à l'origine de la diminution de la fermeté du gel. Le même auteur précédant a rappelé que toute acidification entraîne une déminéralisation de la caséine qui conduit lors de la coagulation à une friabilité du gel et à une diminution de l'aptitude à l'égouttage. L'ajustement du pH doit être conduit de manière définie dans des limites strictes pour chaque type de fromage.

3.8. Evaluation de la pratique fromagère

On se basant sur la composition biochimique du lait utilisé pour la fabrication du fromage camelin nous avons calculé le rendement théorique selon la formule donnée par CUVILLIER (2005) ce qui nous a donné une valeur de l'ordre de 11.77. Par ailleurs, après les

améliorations apportées sur le lait de dromadaire par la maîtrise des conditions de coagulation par l'extrait coagulant de la couche de kaolin nous avons obtenu un rendement fromager réel égal à 11.72 à partir d'un lait écrémé. La comparaison entre les valeurs réel et théorique montre qu'ils sont comparables avec une légère supériorité pour celle théorique, ce résultat est témoin de l'efficacité de la pratique fromagère et de l'agent coagulant mis en œuvre.

3.9 Purification de l'extrait enzymatique de couche de kaolin

La purification des extraits réalisée par chromatographie sur DEAE-cellulose a donné des fractions qui sont élué après équilibrage du gel par une solution tampon phosphate de sodium suivie par un passage de solutions de chlorure de sodium à des concentrations différentes ; cela nous a permis d'obtenir des fractions de 2ml chacune.

3.9.1. Spectrophotométrie :

Pour connaître parmi ces filtrats la fraction active, nous avons utilisé la spectrophotométrie qui a donné des valeurs différentes pour chaque fraction à une longueur d'onde 280 nm.

Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau XI.

Tableau XI: Résultats obtenus par la spectrophotométrie des différentes fractions éluées

Les dilutions de NaCl	0M	0.1M	0.2M	0.3M	0.4M	0.5M	0.6M	0.7M	0.8M	0.9M	1M
La première fraction	0.007	0.108*	0.019	0.03	0.007	0.016	0.018	0.049	0.060	0.030	0.014
La deuxième fraction	0.004	0.372*	0.008	0.004	0.01	0.024	0.026	0.029	0.05	0.013	0.016

D'après les valeurs portées sur le tableau N°12 nous pouvons enregistrer que les valeurs d'absorbance caractérisant les deux fractions éluées à 0.1M sont les plus élevées comparativement avec le reste des échantillons. Ces résultats sont attestés par la comparaison multiples des moyennes qui a dévoilé que les valeurs d'absorbance des deux fractions éluées à une concentration 0.1M de NaCl sont différentes des valeurs caractérisant les autres fractions recueillies (figure16).

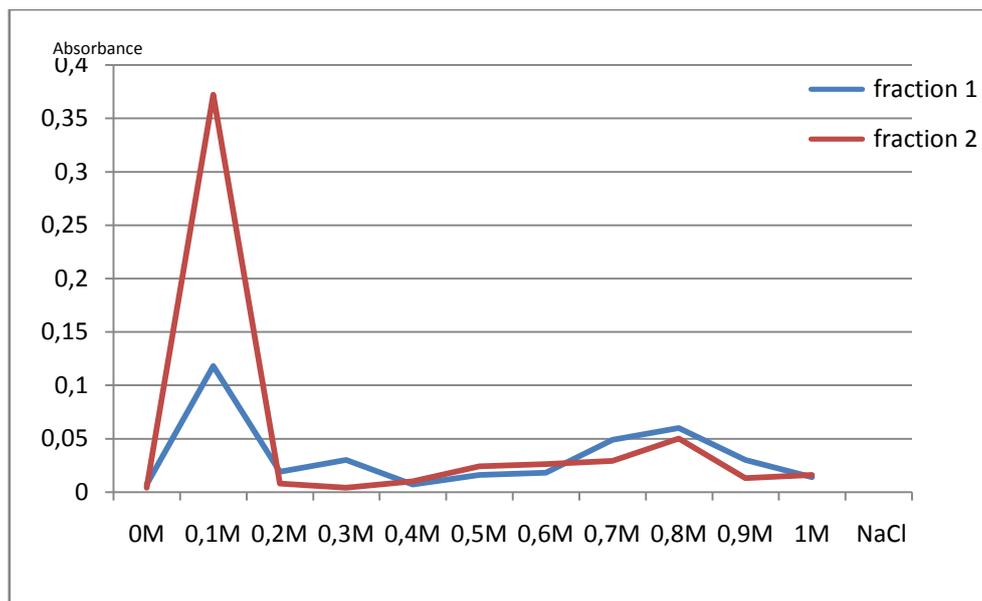


Figure 16: courbes représentant les différentes valeurs d'absorbance des fractions éluées

3.9.2. Estimation du temps de floculation des fractions obtenues par chromatographie

Nous avons comparé le temps de floculation des fractions obtenues par la colonne de chromatographie avec trois témoins représentés par l'extrait brut, une solution 0.1M de NaCl et un lait chauffé à 30°C sans agent coagulant. Les résultats obtenus sont représentés dans le tableau XII.

L'analyse de variance a démontré que les valeurs du temps de coagulation présentent une différence significative. De même la comparaison multiple des moyennes nous a permis

d'enregistrer que les temps de floculation caractérisant les deux fractions éluées à 0.1M de NaCl et l'extrait coagulant brut sont comparables et ne présentent pas une différence significative cela est témoin de l'éluion de la fraction active coagulante à une concentration 0.1M de NaCl. Pour les deux fractions 0.2M nous avons obtenu une floculation mais après un temps très long et surtout différent du temps caractérisant l'extrait brut ce qui peut être expliqué par l'éluion d'une petite quantité de la fraction active à cette concentration car les fractions de deux ml collectées non pas permit une éluion complète de l'extrait purifier à 0.1M.

Tableau XII : Résultats des temps de floculation des fractions purifiées donnés en minutes

Les préparations	0.1M	0.2 M	0.3 M	0.4 M	0.5 M	0.6 M	0.7 M	0.8 M	0.9 M	1M	Témoins		
											Lait+ extrait brut	Lait+ 0.1M NaCl	lait chauffé à 30°C
Temps de floculation de lait de vache (en min)	3'27''	23'	NC	NC	3' 10''	NC	NC						
	4'22''	27'	NC	NC									
Temps de coagulation de lait de chamelle (en min)	6'40''	53'	NC	NC	6'6''	NC	NC						
	7'21''	61'	NC	NC									

NC : Non coagulées dans un délai d'une heure et 30 minutes.

Sur des purifications similaires d'extraits de caillettes bovines, BENGANA (2001) a obtenu des fractions actives à des teneurs en NaCl correspondants à 0.3M pour la chymosine et à 0.5M pour la pepsine, alors qu'en utilisant un tampon pipérazine, FOX *et al* (1975) avaient préalablement élués la chymosine à 0,2M en NaCl et la pepsine en augmentant la teneur en chlorure de sodium dans le tampon à 0,4M. La différence entre ces données et nos résultats réside dans l'origine des tissus animaux mammifères ou d'oiseaux.

D'après tous ces tests effectués, nous pouvons conclure que la fraction de dilution 0.1M obtenue c'est la fraction active qui contient l'enzyme coagulante. La méthode d'extraction employée a contribué à purifier d'avantage notre extrait coagulant par le phénomène de relargage « salting out » ce qui confirme nos résultats. Le relargage est dû essentiellement à la compétition entre les ions salins ajoutés et les autres solutés dissous pour la solvation des molécules. Il s'ensuit que les interactions soluté-soluté sont plus fortes que les interactions soluté-solvant, d'où la précipitation du soluté.

3.10. Caractérisation du lactosérum camelin

3.10.1. Aspect général du lactosérum camelin

Le lactosérum camelin recueilli est un dérivé liquide qui présente une coloration plus au moins blanchâtre, cette coloration du lactosérum camelin est probablement due à sa charge plus élevée en constituants biochimiques non retenus dans le caillé qui provoquent des phénomènes complexes de diffraction et réflexion de la lumière qui sont à l'origine de la couleur blanche. Le lait de chamelle est de couleur blanche, en raison notamment de la structure et de la composition de sa matière grasse, relativement pauvre en β -carotène (SAWAYA *et al*, 1984 et WILSON, 1988). On se basant sur les informations apportées par RAMET (1993), il se pourrait également que la teneur en riboflavine responsable de la

couleur verte caractéristique du lactosérum bovin et qui est plus faiblement représentée dans le lait de dromadaire intervienne de manière déterminante.

3.10.2. Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum

Les résultats des paramètres physico-chimiques des lactosérums obtenus sont consignés dans le tableau XIII.

Tableau XIII: Caractéristiques physico-chimiques du lactosérum camelin

paramètres physico- chimiques	Lactosérum camelin
Volume extrait (%)	79±1
Densité (25°C)	1.0203±.0008
Indice de réfraction (25°C)	1.3432±0.0004
Concentration (g/l)	70±1.5
pH	6,5±0.03

3.10.2.1. Volume du lactosérum extrait

Après égouttage du caillé nous avons procédé à la détermination du volume de lactosérum écoulé ; La moyenne calculée été de l'ordre de 79 % du volume du lait écrémé utilisé initialement. Ce résultat est inférieur à celui présenté par LUBIN (1998), qui a affirmé que la quantité de lactosérum présente au moins 85 % du volume du lait transformé en fromage. D'une manière générale, la différence du volume de lactosérum extrait s'explique par la variation de l'origine du lait mis en œuvre et de la technique appliquée pour provoquer la coagulation du lait.

3.10.2.2. Densité

La comparaison de la valeur de la densité obtenu avec celle du lait de dromadaire mis en œuvre (1.0203 et 1.027 respectivement) a montré que la densité des lactosérums camelins

sont inférieurs. Selon BOUDIER et LUQUET (1978), la densité dépend de la teneur en matière sèche, matière grasse ainsi que de la température. Donc la diminution de la densité est expliquée par la précipitation des caséines lors de la coagulation qui représente une fraction importante de la matière sèche du lait et cela s'est répercuté sur la densité qui est dépendante de la concentration des solutés dans un liquide.

3.10.2.3. Indice de réfraction

Au point de vue réfractométrique, le résultat obtenu est égal à 1.3432 ; cette valeur se rapproche de celle avancée par LATAIX (1929), qui avait montré que le lactosérum bovin présente un indice de réfraction variant entre 1,3415 et 1,3424. L'indice de réfraction change suivant l'origine du lait les altérations causées par les réactions déroulées lors de la coagulation.

3.10.2.4. Concentration

Si on compare la valeur de la concentration obtenue qui est de 70g/l avec ceux montrés dans les travaux de LINDEN et LORIENT (1994) réalisés sur le lactosérum bovin variant entre 65.5 à 76 g/l ainsi qu'aux résultats de HAMIDI (2005) qui a travaillé sur les sérums caprins caractérisés par des concentrations dont les valeurs sont comprises entre 73 à 76.16 g/l, nous pouvons conclure que la concentration du lactosérum camelin se situe dans la fourchette de celle du sérum bovin et au même temps inférieure de la concentration des lactosérums caprins. Toutefois, la variation de la concentration du lactosérum dépend de l'origine du lait, du mode d'élevage notamment l'alimentation, ainsi que du mode de coagulation appliquée sur le lait.

3.10.2.5. pH

Le lactosérum camelin employé présente une valeur de pH (6.5) légèrement inférieure à celui du lait de dromadaire entier employé. Il est vraisemblablement que le maintien de ce paramètre est dû à l'emploi l'extrait coagulant de la couche de kaolin comme agent

coagulant qui a assuré une coagulation enzymatique non acidifiante associé au pouvoir tampon du lait de dromadaire.

3.11. Étude des Propriétés émulsifiantes

3.11.1. Caractérisation des émulsions obtenues

Le tableau XIV présente une description des caractéristiques des émulsions obtenues.

Tableau XIV: Caractérisation et description des émulsions obtenues

Emulsions	Taille et forme de gouttelettes	Etat de dispersion
HA/E/CS+LEC	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
CR/LSC	Très petites et arrondies régulières	Très dispersé
HA/LSC	Petites et arrondies régulières	Dispersé

D'après la dispersion du colorant bleu de méthylène, nous pouvons dire que les émulsions obtenues sont de type huile dans l'eau (H/E). L'ensemble des préparations ont donné des émulsions dont les gouttelettes sont dispersées ; les plus bonnes distributions des gouttelettes sont enregistrées pour les émulsions HA/E/CS+LEC et CR/LSP par rapport à l'émulsion HA/LSP. Les gouttelettes observées sont entourées par un film constitué par la phase continue, ce film présente une épaisseur importante pour l'ensemble des émulsions.

D'après DALMAZZONE (2000), Il est difficile de fabriquer des émulsions sans agents tensioactifs ; le tensioactif agit en fait en abaissant la valeur de la tension interfaciale et en empêchant la circulation du liquide dans la goutte.

La forme des gouttelettes est arrondie régulière grâce à l'application des systèmes d'agitation vigoureux qui ont permis de fabriquer des émulsions en appliquant aux deux liquides concernés une énergie mécanique ; les phases dispersées sont déformées alors jusqu'à la formation de gouttelettes arrondies (Figure 17).

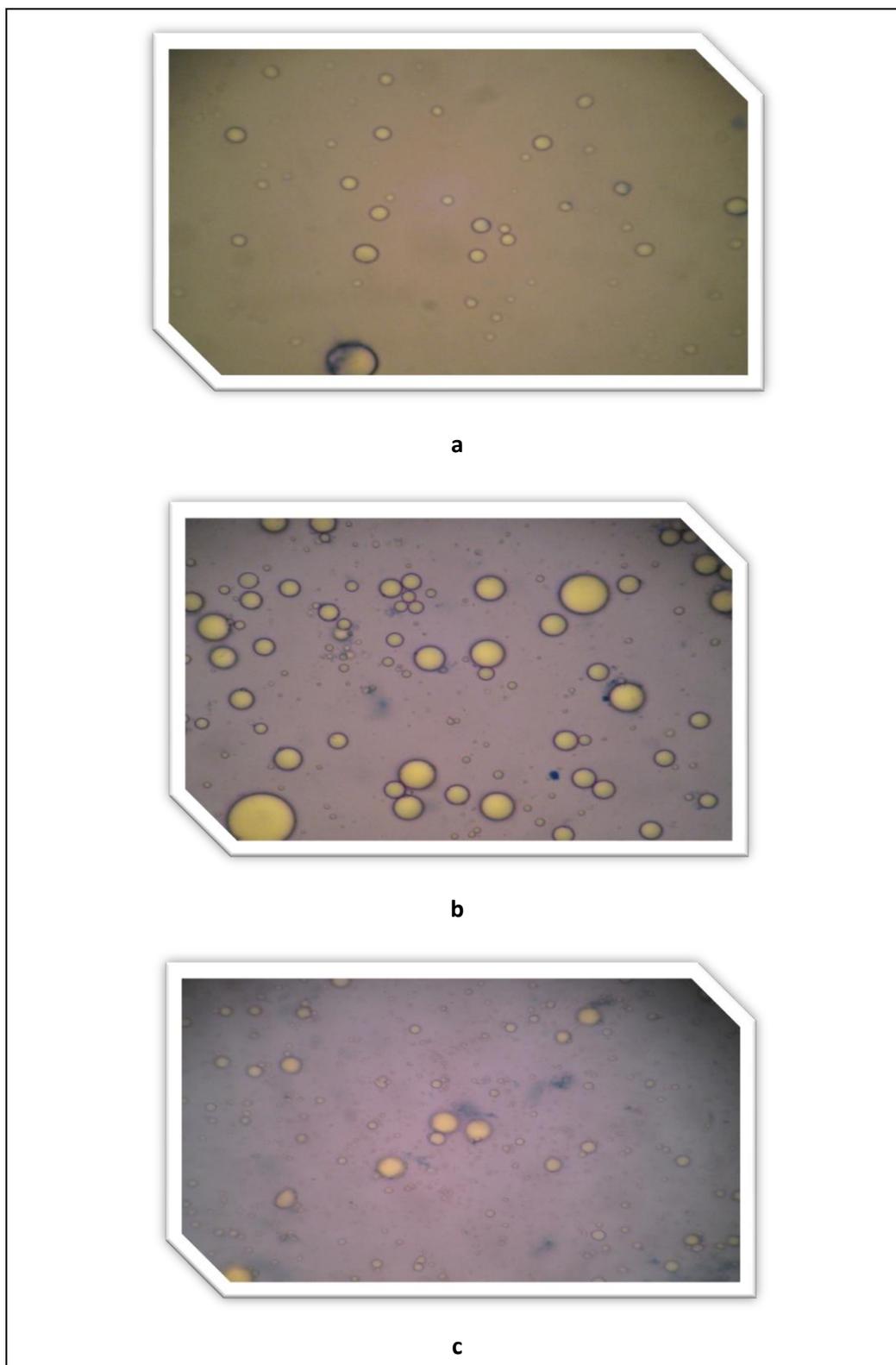


Figure 17 : photos présentant l'ensemble des émulsions formées ;
a : Émulsion HA/E/CS+LE ; **b** : Émulsion HA/LS ; **c** : Émulsion CR/L

3.11.2. Diamètre des gouttelettes lipidiques

Les gouttelettes dispersées sont très petites à petites suivant la stabilité des émulsions. Selon CLAYTON (1930) la stabilité des émulsions est d'autant plus grande que les gouttelettes de la phase dispersée sont plus petites.

La figure 18 représente l'évolution du diamètre moyen des gouttelettes lipidiques des émulsions obtenues.

D'après les résultats statistiques, les émulsions HA/E/CS+LEC et CR/LSP ont présenté des valeurs de diamètre comparables à T_0 et au même temps inférieures à celle enregistrée pour l'émulsion HA/LSP. Nos préparations sont classées comme des émulsions car les diamètres moyens des gouttelettes sont classés selon l'échelle proposée par BIMBENET (2007) dans le domaine des émulsions.

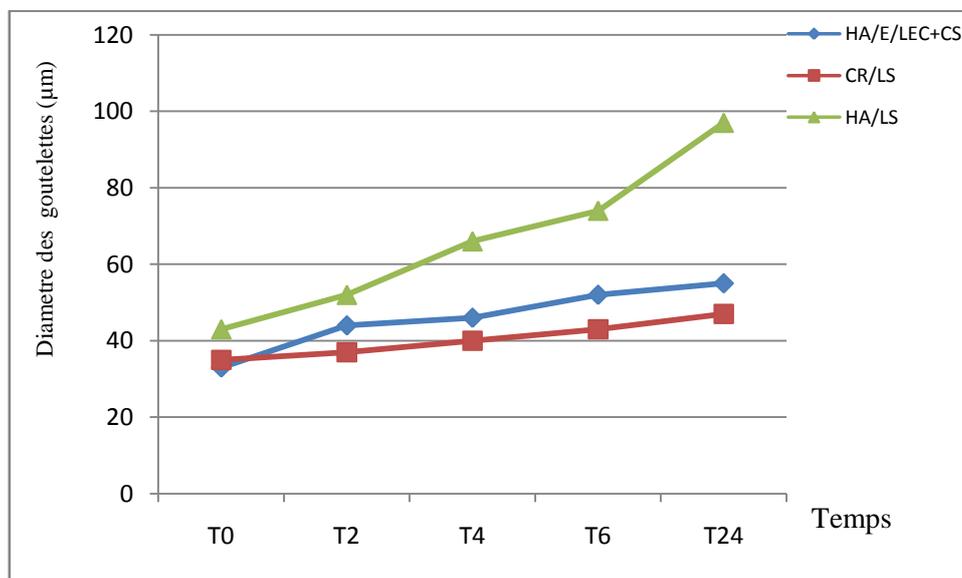


Figure 18: Diamètres moyens des gouttelettes lipidiques des différentes émulsions

La courbe de l'évolution des diamètres moyens des gouttelettes des émulsions obtenues présente des valeurs croissantes avec le temps ; cette croissance est le résultat du phénomène de coalescence, elle est plus ou moins lente suivant l'émulsion préparée ; pour les

émulsions HA/E/CS+LEC et CR/LS l'évolution est très lente jusqu'à T_{24} et les valeurs consignées ne présentent pas une différence significative pour un même temps donné pour ces deux préparations. Par ailleurs la courbe caractérisant la préparation HA/LS est caractérisée par une évolution lente jusqu'à T_6 à partir de laquelle l'évolution de la courbe est devenue importante.

La concentration et la nature des tensioactifs sont d'une importance primordiale pour la stabilité de l'émulsion. Elles affectent la taille des gouttelettes lipidiques; l'augmentation de la concentration entraîne une taille moyenne plus petite (DALMAZZONE, 2000).

3.11.3. Surface interfaciale

Les surfaces interfaciales se présentent avec des valeurs décroissantes dans le temps pour l'ensemble des émulsions. Ces surfaces sont inversement proportionnelles aux diamètres moyens des gouttelettes (Figure 19). L'analyse statistique a montré que les émulsions HA/E/LEC + CS et CR/LSP présentent des valeurs de la surface interfaciales comparables pour un même temps. Pour l'émulsion restante les valeurs sont différentes.

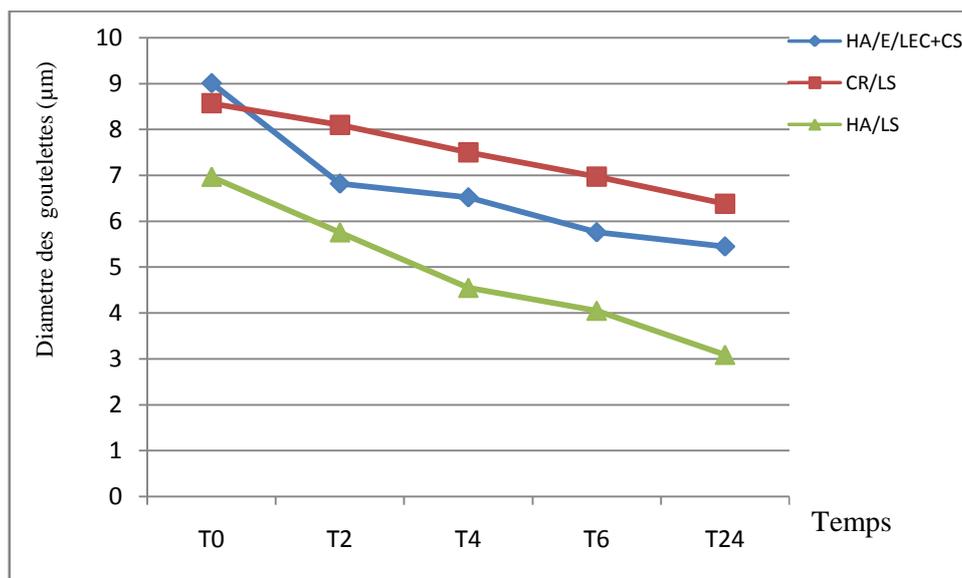


Figure 19: Surfaces interfaciales moyennes des différentes émulsions

La présence de tensioactifs permet de maintenir l'état de dispersion des gouttelettes ainsi que la surface interfaciale de l'émulsion grâce à l'action du film formé de la phase continue autour de la phase dispersée. D'après MATHIEU (1998), un système dispersé est dit stable quand ses particules ne se soudent pas mais au contraire restent séparées par le milieu de dispersion.

3.11.4. Nombre de gouttelettes lipidiques

L'analyse de la courbe de l'évolution du nombre moyen des gouttelettes de l'ensemble des émulsions nous a permis de constater que le nombre de gouttelettes décroît avec le temps, cette régression est due aux principaux phénomènes de déstabilisation des émulsions qui sont la floculation, le crémage et la coalescence causant la fusion des gouttelettes avec le temps. Le rythme de régression est très variable, il est très lent pour les émulsions HA/E/CS+LEC et CR/LSP à cause du diamètre réduit des gouttelettes lipidiques et de la très bonne dispersion qui les caractérise. tandis qu'il est plus supérieur pour l'émulsion préparée par le lactosérum et l'huile d'amande (Figure 20).

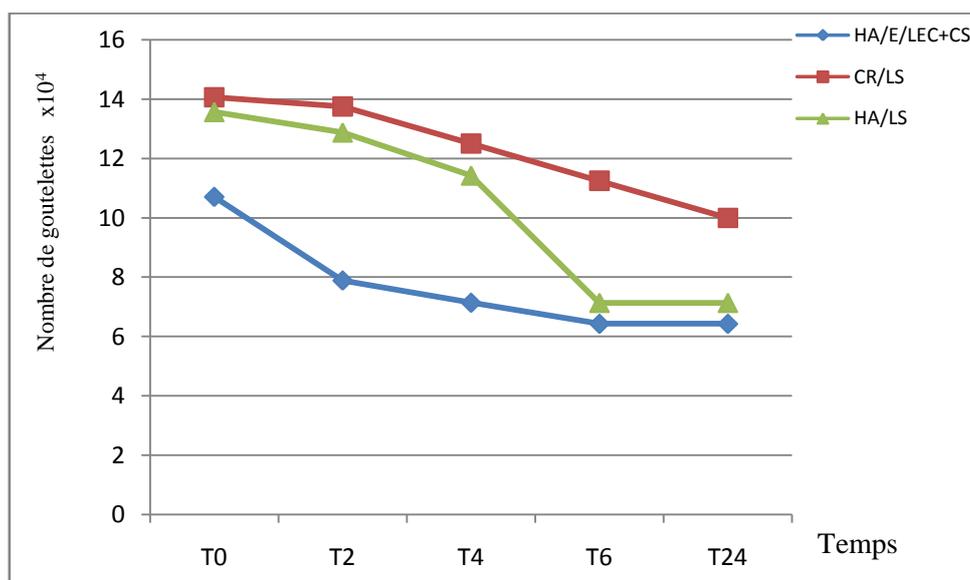


Figure 20: Nombre de gouttelettes lipidiques moyens des différentes émulsions

D'après DALMAZZONE (2000), le nombre de gouttelettes dépend de l'épaisseur du film formé autour des gouttelettes qui dépend de la nature et de la concentration du tensioactif employé qui permettent de générer des répulsions qui s'opposent aux interactions attractives de Van Der Waals..

3.11.5. Stabilité des émulsions

L'analyse de la variance a montré que les valeurs de la stabilité de l'émulsion témoin et l'émulsion préparée par la crème du lait de dromadaire ne présentent pas une différence significative pour un même temps donné. D'après la figure 21 on peut également constater que l'émulsion préparée par la crème de lait du dromadaire présente une stabilité supérieure à celle caractérisant l'émulsion préparée par l'huile d'amande douce.

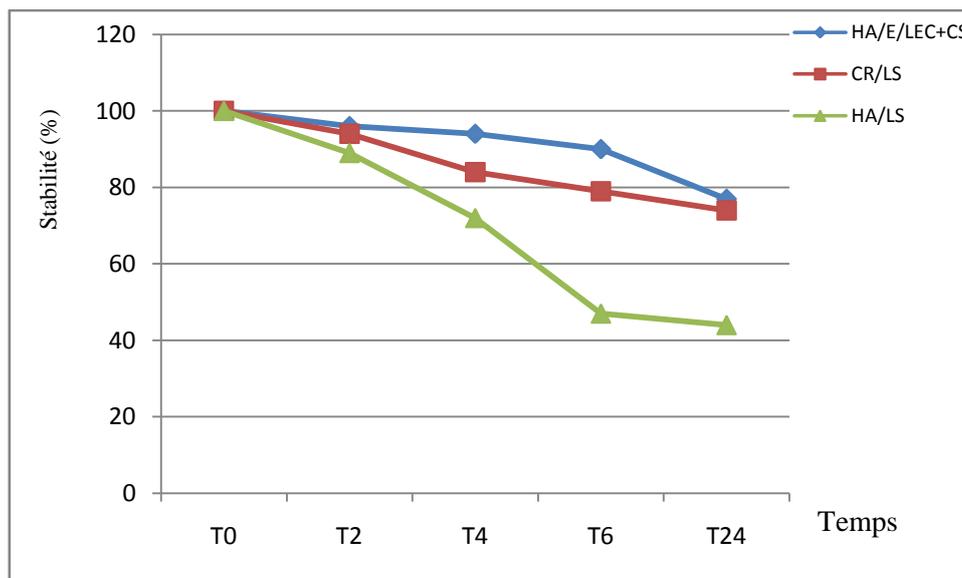


Figure 21: Evolution des valeurs de stabilité des différentes émulsions

Selon LINDEN et LORIENT (1994), l'émulsifiant et le stabilisant peuvent jouer un rôle important dans l'abaissement de la tension interfaciale et la stabilité des émulsions en formant un film interfacial autour des gouttelettes qui ralentit le rapprochement et la fusion des gouttelettes et par conséquent les valeurs de l'absorbance enregistrées en fonction du

temps sont proches. En plus, WALKENSTROM (1993) ; LINDEN et LORIENT (1994), ont confirmé que l'agent émulsifiant peut participer grâce à des répulsions électrostatiques à la stabilité des émulsions.

D'après CHEFTEL et al (1985), divers phénomènes tendent à stabiliser les émulsions : Une faible tension interfaciale entre les deux phases et la présence d'une couche interfaciale résistante constituée par un film de protéines adsorbées qui s'oppose mécaniquement à la coalescence des gouttelettes, ainsi qu'un petit diamètre et une bonne distribution des gouttelettes sans oublier la présence des charges électrostatiques de même signe à la surface des gouttelettes dispersées ; ces charges provoquent des répulsions électrostatiques qui s'opposent aux forces d'attraction de Van Der Waals.

3.11.6. Index de stabilité

L'analyse de l'histogramme nous a permis de constater que l'index de stabilité augmente au cours du temps. La valeur de l'index augmente pour un temps T si l'écart entre l'absorbance à T_0 et l'absorbance à T voulu est faible.

L'analyse statistique a permis de constater que les valeurs de l'index de stabilité de l'ensemble des émulsions ne présentent pas une différence significative jusqu'à T_6 car toutes les valeurs sont comparables durant les six premières heures (Figure 22).

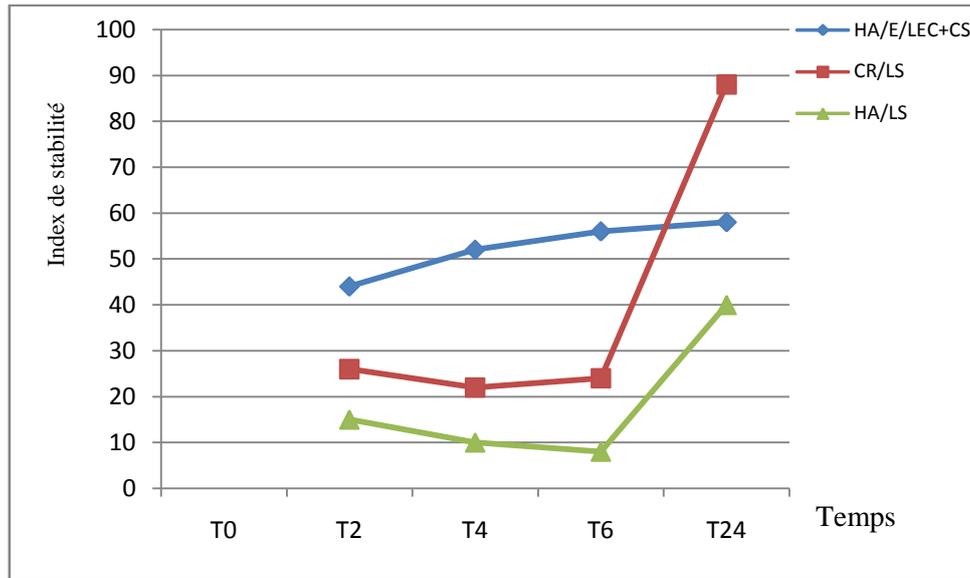


Figure 22: Valeurs de l'index de stabilité des différentes émulsions

3.12. Pouvoir moussant du lait de dromadaire et de ses dérivés

3.12.1. Capacité moussante

La comparaison multiple des moyennes montre que les valeurs de la capacité moussante du blanc d'œuf obtenues par les différents systèmes d'agitation sont comparables et ne présentent pas une différence significative, à cause du pouvoir moussant très élevé du blanc d'œuf ; ce résultat coïncide avec celui de PAQUET *et al* (1978) qui ont souligné que les protéines laitières ont une faible capacité moussante par rapport au blanc d'œuf.

L'examen de la figure 23, nous permet de constater que le lait écrémé donne une quantité de mousse plus intéressante par rapport au lait entier et au lactosérum, et parmi les traitements mécaniques qui ont donné naissance à la quantité maximale de mousse, il faut placer en premier lieu l'agitateur magnétique suivi par l'homogénéisateur et l'agitateur à hélice.

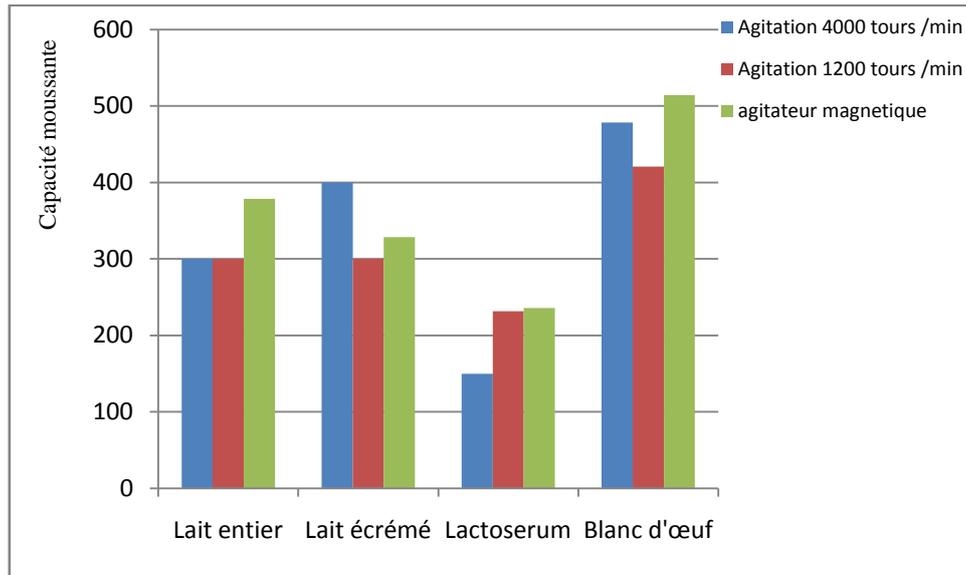


Figure 23: Valeurs de la capacité moussante des différentes mousses préparées

GENIN (1932), a constaté que le lait du matin mousse plus que celui du soir. D'après KAMOUN (1991), le lait du matin est pauvre en matière grasse. Donc la présence de matière grasse peut influencer la formation de la mousse, ce qui nous permet de constater que la présence de matière grasse diminue l'aptitude à former une mousse ; c'est au même résultat que sont parvenus GONZALEZ *et al* (2004), qu'ils ont confirmé que dans un lait écrémé, plus la séparation de la crème est efficace, plus la tendance au moussage est importante.

Le moussage du lait écrémé ou non écrémé est plus important que celui de lactosérum, ceci est éventuellement dû au manque de lactosérum en caséine qui présente des propriétés de surface très intéressantes. D'après les travaux de ALLALI *et al* (2001), la caséine β qui est la plus flexible des protéines laitières, s'adsorbe plus rapidement à l'interface et permet la constitution rapide de bulles. Les mêmes auteurs ont noté également que la caséine donne une mousse plus volumineuse qu'un concentré de protéines sériques.

3.12.2. Stabilité moussante

La comparaison des valeurs de la stabilité moussante portées sur la figure 24, nous montre que la stabilité du lactosérum camelin est supérieure à celle de lait écrémé ou non

écrémé ; ce résultat est comparable à celui cité dans les travaux de CHEFTEL et LORIENT (1982) ; LORIENT *et al* (1991), qui ont considéré que les caséines présentent une faible stabilité des mousses par rapport aux protéines de sérum qui ont une excellente stabilité des mousses. Par ailleurs GENIN (1932) a signalé que le petit-lait exempt de caséine et même le petit-lait exempt d'albumine, peuvent donner une mousse assez stable.

La comparaison multiple des moyennes permet de dévoiler que les différents systèmes d'agitation employés ne sont pas à l'origine de la stabilité des mousses préparées par le blanc d'œuf car les valeurs de la stabilité moussante sont comparables pour tous les systèmes employés. Selon ALLALI *et al* (2001), Le ralentissement du drainage s'obtient par un accroissement de la viscosité de la phase aqueuse. Ce qui confirme que le taux plus élevé de la stabilité moussante du blanc d'œuf est assurément dû à sa viscosité.

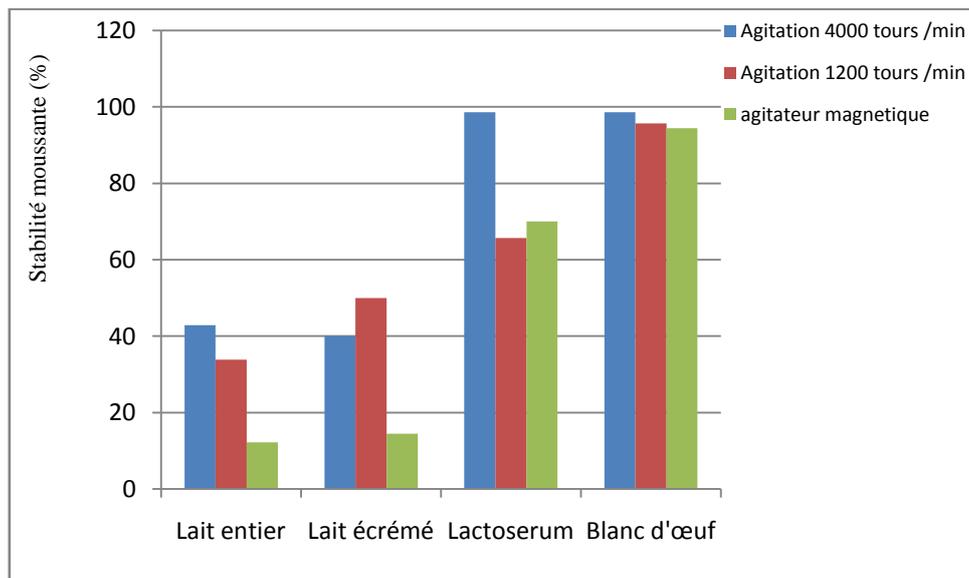


Figure 24: Valeurs de la stabilité moussante des différentes mousses préparées

La stabilité de la mousse préparée par le lactosérum camelin par l'emploi de l'homogénéisateur est comparable à celles des mousses préparées par le blanc d'œuf à cause de la formation des bulles de petites dimensions ce qui a provoqué un ralentissement du drainage et par conséquent une amélioration de la stabilité moussante.

Alors au moment où l'on cesse l'agitation on est en présence d'une certaine quantité de mousse formée, c'est-à-dire en présence d'une dispersion d'air dans le liquide. La pesanteur fait tomber le liquide qui n'est pas retenu par les surfaces; par conséquent une certaine quantité d'eau qui peut être dans certains cas considérable, appuie sur les bulles inférieures et celles-ci sont susceptibles d'éclater.

Le drainage est un premier facteur de déstabilisation d'une mousse (ALLALI *et al*, 2001). D'après GONZALEZ *et al* (2004), il s'agit d'écoulement du liquide entre les bulles sous l'effet de la gravité qui conduit à un compactage des bulles et en fin ces dernières perdent leur structure.

La pesanteur agit également d'une autre façon: par la pression qu'exercent les bulles supérieures sur les bulles inférieures, les parois du récipient supportent une partie de cette pression; c'est pourquoi elle est maximum au centre ; et effectivement dans un récipient cylindrique la mousse tombe d'abord au centre (GENIN, 1932).

3.13. Pouvoir antibactérien du lactosérum camelin

Les résultats des antibiogrammes indiquent que le lactosérum camelin présente un effet antibactérien vis-à-vis les souches bactériennes testées. Cette activité antibactérienne se traduit par la présence des halos « zone d'inhibition de la croissance bactérienne » autour des disques (Figure 25).

D'après les résultats portés sur le tableau XV, les diamètres moyens des halos sont compris entre 8 et 14 mm, il est donc possible de constater que les souches testées ont une sensibilité limitée vis-à-vis le lactosérum camelin.

Tableau XV: Résultats de l'activité antibactérienne du lactosérum camelin sur les souches bactériennes testées

Souches bactériennes testées	Diamètre moyen des halos autour des disques en millimètre
<i>Staphylococcus epidermidis.</i>	9.33±0.33
<i>Staphylococcus aureus</i>	8.33±0.23
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	8.66±0.26

Pour la nature de l'activité antibactérienne ; à la fin d'incubation et après une observation de la turbidité des bouillons nutritifs, nous avons constaté que le lactosérum camelin a prouvé une activité bactériostatique sur l'ensemble des bactéries testées à cause des changements des caractéristiques des bouillons nutritifs clairs vers d'autres troubles (inhibition réversible de la croissance).

Les résultats obtenus peuvent être reliés à la composition de lactosérum dont on fait l'hypothèse que certains des composants jouent un rôle antibactérien. Parmi les facteurs antimicrobiens du lait de chamelle, on retiendra essentiellement : la lactoferrine, les lysozymes, la Lactoperoxydase et les immunoglobulines.

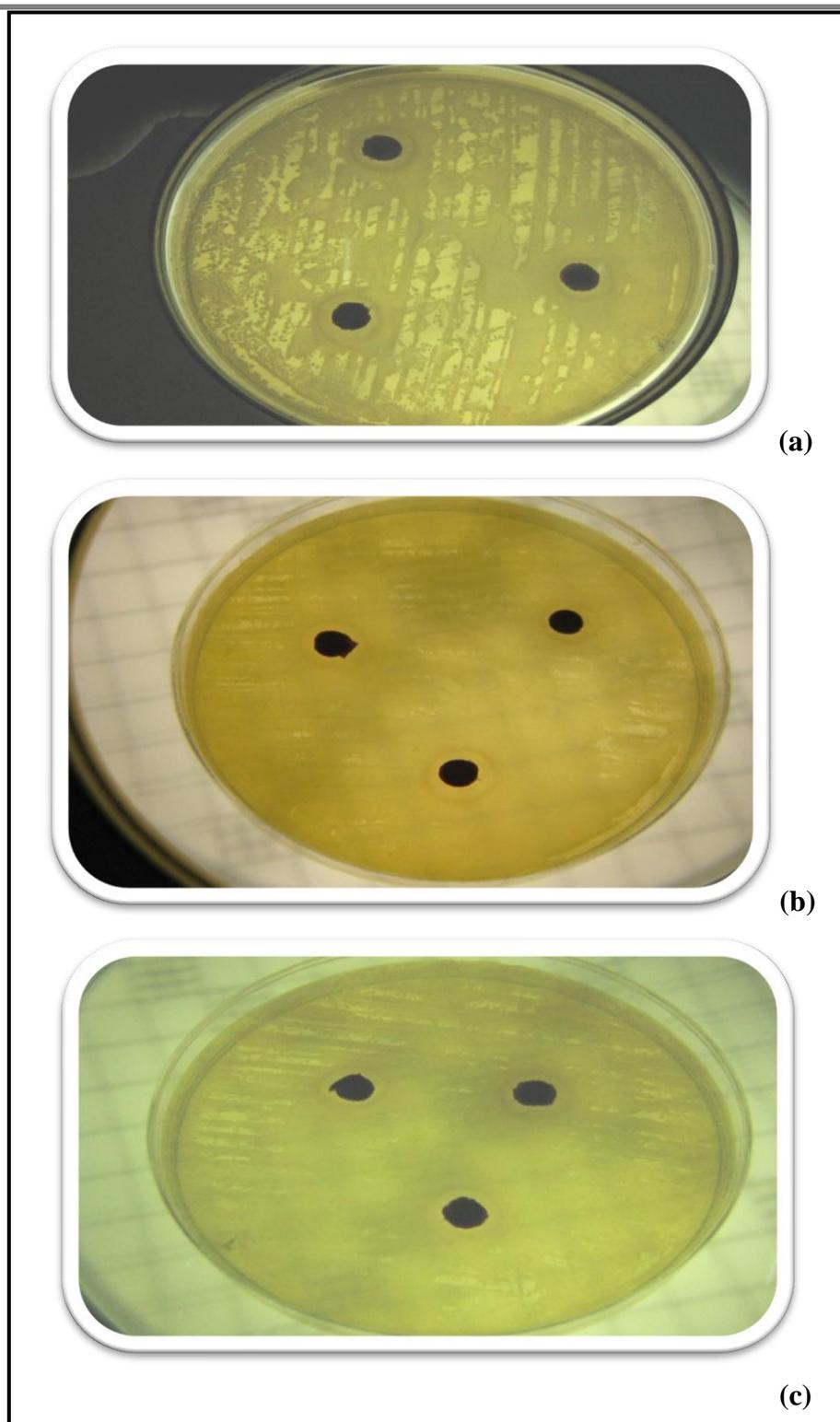


Figure 25 : Résultat des tests antibactériens du lactosérum camelin vis-à-vis les souches testées : (a) *Staphylococcus epidermidis* ; (b) *Staphylococcus saprophyticus* ; (c) *Staphylococcus aureus*.

Selon le travail de JOUAN (2002), la lactoferrine exerce des propriétés bactériostatiques liées à sa capacité de retirer le fer nécessaire au développement des bactéries. Concernant les lysozymes, BLANC (1982) avait montré qu'In vitro plusieurs bactéries gram positif sont sensibles aux lysozymes du lait, de fait qu'elles ont le pouvoir de catalyser l'hydrolyse de la paroi cellulaire des bactéries. De même KONUSPAYEVA (2007), a montré que les *Staphylococcus epidermidis*, sont sensibles aux lysozymes ; le même auteur a avancé que la lactoperoxydase du lait de chamelle présente des propriétés bactériostatiques contre les bactéries Gram-positif et des propriétés bactéricides contre les souches Gram-négatif. En dernier pour les immunoglobulines, EL-AGAMY *et al* (1992), ont montrés que les immunoglobulines du lait de chamelle ont un faible effet antibactérien et sont surtout des anti-rotavirus.

On se basant sur les résultats de l'activité antibactérienne obtenus, on peut dire que toutes préparations cosmétiques faites à base de lactosérum camelin peuvent présenter une activité antibactérienne.

3.14. Etude de la préparation dermique

D'après l'état de dispersion du colorant bleu de méthylène hydrosoluble dans la phase extérieur de l'émulsion formée, on peut constater que la crème formée est une émulsion aqueuse ; donc on peut conclure que la préparation galénique obtenue est peut être utilisée comme crème de jour (émulsion aqueuse). En s'inspirant du travail de PEBERT (2003), la crème de DALIBOUR est utilisée pour traiter certaines affections bactériennes dermiques causées par le genre *Staphylococcus*, cela nous permet de conclure que la préparation galénique modifiée est à usage thérapeutique antibactérien à cause de sa richesse en agents antibactérien contenant dans le lactosérum camelin.

La formule utilisée pour préparer la crème (TableauXVI) a présenté un très bon aspect macroscopique représenté par une crème de couleur verte. D’après (LEPERCHEC, 2003), Les émulsions colorées sont parmi les compositions les plus recherchées du domaine cosmétique.

Tableau XVI : Constitution de la crème dermique préparée

Constituants de la crème dermique	Composition
Sulfate de zinc	0.10g
Sulfate de cuivre	0.25g
Talc	20g
Vaseline	20g
Lactosérum camelin	21ml

Les résultats des caractéristiques physiques de la crème dermique sont présentés dans le tableau XVII

Tableau XVII: Résultats des caractéristiques physiques de la crème préparée

	Crème dermique modifiée	
Paramètres physiques	Humidité (%)	27±1.3 %
	pH	6.47±0.03
	Densité	1.2492±0.002

La valeur du pH de la formulation cosmétique préparée est étroitement liée au pH du lactosérum mis en œuvre. Le pH de la peau varie entre 5.2 et 6.5, donc on peut remarquer que les valeurs du pH de la crème qui est de 6.47 et celui de la peau sont proches. Selon LORETTE et VALLANT (1995), une peau sèche présente un pH inférieur à 6.5, elle est dite

peau acide, alors que la peau grasse est caractérisée par un pH supérieur à 6.5, elle est appelée peau alcaline. Les mêmes auteurs ont noté que la cosmétologie permet de modifier sensiblement le pH de la peau, à condition d'utiliser des produits adaptés tels que les crèmes proches de la neutralité.

La densité de la crème de DALIBOUR modifiée (1.2492) est supérieure à celle du lactosérum (1.0203). Cette supériorité est due à la dispersion des composés de la crème dans une phase aqueuse constituée de lactosérum. Après dessiccation nous avons calculé le taux d'humidité de la crème qui été satisfaisant de l'ordre de 27 %.

La crème de DALIBOUR modifiée présente également un aspect microscopique qui se traduit par la dispersion des gouttelettes arrondies de différentes tailles dans une phase continue, témoin de la stabilité de l'émulsion préparée comme le montre la Figure N°26.

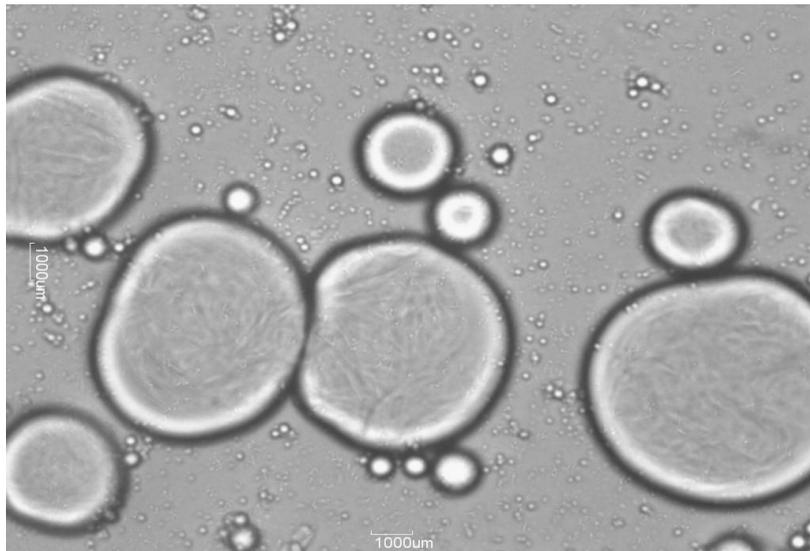


Figure 26 : Aspect microscopique de la crème dermique préparée

La crème de DALIBOUR modifiée présente un diamètre moyen des gouttelettes de l'ordre de $79.49 \pm 13.96 \mu\text{m}$. Pour l'étalement de la crème, le test était positif, donc on peut dire que la crème préparée s'adhère bien à la peau. A la fin du travail, nous avons conservé la crème préparée pendant un mois sous une température de 7°C . L'analyse de l'aspect macroscopique de la crème nous a permis de constater qu'elle a conservé sa consistance.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le lait de dromadaire constitue une ressource alimentaire inestimable pour les populations des régions arides et semi arides, car c'est un produit relativement riche en éléments nutritifs et un certain nombre de vertus thérapeutiques. Malgré cet atout, ce lait présente des aptitudes limitées à la transformation en produits dérivés, particulièrement en fromage, en raison de ses caractéristiques physico-chimiques particulières.

Dans ce cadre, nous avons tenté d'apporter par ce travail une contribution à l'amélioration de la fromageabilité de ce lait en testant d'immobiliser notre agent coagulant par inclusion et ensuite par la détermination des conditions de coagulation les plus appropriées par ces préparations enzymatiques et en dernier par la valorisation d'un sous produits de la transformation dans l'industrie pharmaceutique.

Concernant les analyses physicochimiques préliminaires portées sur le lait de dromadaire nous avons constaté que notre lait collecté présente globalement une composition similaire à celles des laits de la même espèce présentées par plusieurs auteurs dans différentes régions du monde avec de légères variations qui peuvent être attribuée généralement à la variabilité génétique et aux conditions d'élevage.

L'extraction enzymatique à partir de la poudre de la couche de kaolin par la méthode de VALLES et FURET (1977) nous a permis d'obtenir un rendement d'extraction et des activités coagulante et protéolytique intéressantes. La purification de l'extrait brut par chromatographie échangeuse d'ions sur DEAE Cellulose a révélé que la fraction active est éluée à une concentration 0.1M de NaCl.

L'extraction enzymatique été suivie par l'immobilisation par inclusion qui nous a donné des microcapsules qui présentent une couleur blanche et une forme sphérique avec un

diamètre moyen de 5mm, ce qui permet leur récupération et leur rinçage après chaque coagulation.

La coagulation par l'extrait enzymatique de la couche de Kaolin nous a permis d'obtenir un fromage dont les caractéristiques organoleptiques et le rendement fromager sont appréciables ; la comparaison entre les valeurs des rendements réel et théorique montre qu'ils sont comparables, ce résultat est témoin de l'efficacité de la pratique fromagère et de l'agent coagulant mis en œuvre.

En plus l'examen des valeurs obtenues par immobilisation fait ressortir que l'emprisonnement à l'intérieur du gel de l'agent coagulant permet de garder l'activité coagulante de l'enzyme gastrique pour la première coagulation ; alors que la réutilisation des billes immobilisées dans trois coagulations successives du lait de dromadaire nous a permis d'enregistrer des taux de régression variables selon le rang de coagulation.

Les améliorations apportées nous ont permis de déterminer les conditions optimales de coagulation : d'une part la diminution du pH de coagulation par l'ajout d'un sel de calcium à des valeurs différentes, nous a permis de déterminer qu'une valeur de pH de 6.2 augmente considérablement la valeur du rendement fromager. D'autre part, L'accroissement des valeurs des températures appliquées lors des coagulations a contribué à augmenter les rendements fromagers; cette progression a atteint son maximum à une température égale à 42°C.

Le lait de dromadaire présente un pouvoir auto-épurateur ; cette caractéristique nous a orienté vers l'évaluation de l'influence de l'utilisation du nouvel agent coagulant sur la qualité microbiologique du produit de fromagerie résultant. L'étude microbiologique du lait confirme sa bonne qualité microbiologique qui peut être destiné à la consommation ou à la transformation. Alors que pour le fromage la qualité microbiologie du produit obtenu été

satisfaisante à cause de la qualité des produits mis en œuvre et la technique de coagulation employée qui ont contribué à une bonne qualité microbiologique.

En guise de synthèse, nous pouvons conclure de notre étude réalisée sur le lactosérum camelin qu'il a présenté de très bonnes propriétés de surface : l'étude de la stabilité des émulsions formées a dévoilé que l'émulsion préparée par le lactosérum et la crème cameline présente des propriétés émulsifiantes comparables à celles préparée par la Lécithine et la caseinate de Sodium. De même l'étude comparative réalisée sur le foisonnement du lait de dromadaire et ses dérivés a dévoilé que la stabilité de la mousse préparée par le lactosérum camelin par l'emploi de l'homogénéisateur est comparable à celles des mousses préparées par le blanc d'œuf.

L'évaluation du pouvoir antibactérien du lactosérum camelin par la réalisation des antibiogrammes a démontré qu'il est possible de le valoriser dans l'industrie pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique et par conséquent réduire son impact négatif sur l'environnement ; ce travail a été effectuée par la méthode des disques sur trois souches appartiennent au même genre *Staphylococcus*. Les résultats obtenus sont similaires pour les trois souches ; car le lactosérum camelin présente une activité antibactérienne limitée, ces résultats peuvent être liées à la composition de lactosérum dont on fait l'hypothèse que certains des composants jouent un rôle antibactérien, ce qui prouve le rôle de ce sous-produit de l'industrie fromagère dans la protection contre des infections bactériennes dermiques. En ce qui concerne la crème dermique préparée, nous avons effectué des modifications pour améliorer les caractéristiques de la crème à savoir : aspect et stabilité et les résultats obtenus étaient satisfaisants et apportent beaucoup d'avantages notamment une bonne absorbance par la peau ainsi qu'une bonne stabilité au cours du temps ; en plus les résultats de l'activité antibactérienne de la crème dermique obtenus nous permet de conclure que la formulation

préparée est hypothétiquement utilisée dans le traitement des affections bactériennes dermiques, grâce à sa richesse en agents antibactériens renfermant dans le lactosérum camelin, testés avec succès dans l'inhibition de la croissance bactérienne de certaines souches appartiennent au genre *Staphylococcus*.

Au terme de cette étude, nous pouvons conclure que l'utilisation de l'extrait enzymatique immobilisé et la maîtrise des conditions de coagulation permettent de coaguler le lait de dromadaire avec succès et d'obtenir des produits de bonnes qualités commerciales et fonctionnelles ce qui ouvre les portes devant une nouvelle technologie fromagère efficace et facile à réaliser.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

ABI AZAR R, (2007). *Complexation des protéines laitières par les extraits de gousses vertes de caroubier, Propriétés technologiques des coagulums obtenus.* Thèse De doctorat de AgroParisTech, 159p.

ABU-LEHIA I.H, (1987). Lactation of camels and composition of milk in Kenya. *Milchwissenschaft*, **42**, 368-371.

ABU-LEHIA I.H, (1994). *Recombined camel's powder.* In : « Actes du Colloque : "Dromadaires et chameaux animaux laitiers » », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

ABU-TARBOUSH H. M, (1996). Comparision of growth and proteolytic activity of yogourt starters in whole milk from camels and cows. *Journal Dairy Science.*, **79**, 366-371.

ABU-TARBOUSH H. M., AL-DAGAL M.M. and AL-ROYLI M.A, (1998). Growth, viability and proteolytic activity of Bifidobacteria in whole camel milk. *Journal. Dairy Science*, **81**, 354-361.

ADAMOU M, (2000). *poly fonctionnalité du dromadaire sahraoui : cas de la région du Souf.* actes des 3^{ème} journées de recherches sur les productions animales « conduite et performances d'élevage », Tizi-Ouzou, 205-218.

AGRAWAL P.P ; SWAMI S.S. ; BENIWALI L.R. ; KOCHAR D.K. ; SAHANI M.S.; TUTEJA F.C and GHOURI S.K, (2003). Effect of raw camel milk on glycemic control, risk factors and diabetes quality of life in type-1 diabetes: a randomised prospective controlled study. *Journal of Camel Practice and Research* **10(1)**, 45-50.

AGRAWAL P.P., BENIWAL R., KOCHAR D K., TOTEJA F C., GHORVI S K., SAHANI M S and SHARMA S, (2005). Camel milk as an adjunct to insulin therapy improves long term glycemic control and reduction in dose of insulin in patients with type -1-Diabetes. *Diabetes Research and chemical practice* **G8**, 177-176.

ALAIS C, (1984). Science du Lait ; Principe des Techniques Laitières. SEPAIC, 4^{ème} Ed, Paris.

ALAIS C et LINDEN G, (1994). *Abrège biochimie alimentaire* . Ed Massons, paris, 172-182.

ALI M.Z and ROBINSON R.K, (1985). Size distribution of casein micelles in camel's milk. *Journal Dairy Research.*, **52**, 303-307.

ALLALI F ; BOUADJAMA N et DASILVA J, (2001). *lait et produits laitiers.* Université Lille, 98p.

ALWAN A.A and TARHUNI A H, (2000). *The effect of camel milk on Mycobacterium tuberculosis in man.* Proceeding 2nd Int Camelid Conf. “Agroeconomics of camelid farming”, 8 – 12 september, Almaty, Kazakhstan, p.100.

AMIOT J; FOURNIER F; LEBEUF Y; PAQUIN P et SIMPSON R, (2002). Science et technologie du lait : transformation du lait. *Presses internationales Polytechnique*, 1-73.

ANONYME, (2006). *Le lait de chamelle.* Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture, salle de presse, **FAO**, Rome.

ANTON ; R.F ; O'MALLEY S.S and CIRAULO D.A, (2006). Combined pharmacotherapies and behavioral interventions for alcohol dependence: the COMBINE study a randomized controlled trial. *JAMA* 295(17), 2003-2017.

ATTIA H., KHEROUATOU N., FAKHFAKH N., KHORCHANI T. and TRIGUI N, (2000). Dromedary milk fat: biochemical, microscopic and rheological characteristics. *Journal of food lipids*, **7**, 95-112.

BARBOUR E.K., NABBUT N.H., FRERICHS W.N. and AL NAKHLI H.M, (1984). Inhibition of pathogenic bacteria by camel's milk ; relation to whey lysozyme and stage of lactation. *Journal Food Protect*, **47**, 838-840.

BASSOLE H.N; KABORE ZI and TRAORE A.S, (2001). Etude des profils bactériostatiques et bactéricides d'extraits végétaux vis-à-vis de germes pathogènes impliqués dans la contamination des denrées alimentaires d'origine animale. *Pharm Méd Trad Af*, **11**, 113-122.

BENGANA M, (2001). *Caractérisation des enzymes protéolytiques (pepsine/chymosine) isolées de caillettes de bovins adultes.* Mémoire de Magister, Institut National Agronomique, El-Harrach, Alger.

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

BERGERE J.L. et LENOIR J, (1997). *Les accidents de fromagerie et les défauts des fromages.* in : « Le Fromage » Ed. Eck et Gillis, Tec. Doc, Lavoisier, Paris.

BERRIDGE N. J, (1945). The purification and crystallization of rennin. *Biochem Journal*,**39**, 179-186.

BETIGERI S and NEAU S.H, (2002). Immobilization of lipase using hydrophilic polymers in the form of hydrogel beads. *Biomaterials*, **23**,3627-3636.

BIMBENET J.J , (2007). *Génie des procédés alimentaires.* Ed Dunod/RIA, Paris.

BLANC B,(1982). Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *Lait*, **62**, 350-395.

BOUDIER F.M ; LUQUET F.R, (1978). *Utilisation du Lactosérum en alimentation humaine et animale.* Synthèse Bibliographique N°21 APRIA, Paris, 96p.

BOUE A, (1952) .L'originalité du chameau. *Retv Med-Ve Pays, trop*, 5, 109-114.

BOUDJENAH-HAROUN S, (2012). *Aptitudes à la transformation du lait de chamelle en produits dérivés : effet des enzymes coagulantes extraites de caillettes de dromadaire.* Thèse Doctorat en Sciences biologiques, TIZI OUZOU, 99 p.

BOURDIER J.F et LUQUET F.M, (1981). *Dictionnaire Laitier*, Ed Tec. Doc. Lavoisier, Paris.

BOUQUELET S, (2008). Les Protéines alimentaires in :«*Biochimie alimentaire* »,Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.

BOURRIOT S, (2002). Conférence sur les additifs alimentaires .*Olympiades Nationales de la Chimie*, 9p.

BRUCHON J, (2004). *Etude de la formation d'une structure de mousse par simulation directe de l'expansion de bulles dans une matrice liquide polymère.* Thèse Doctorat en Mécanique Numérique, Paris, 191p.

- CAYOT P et LORIENT D, (1998).** *Structures et technofonctions des protéines du lait.* Ed Tec & Doc Lavoisier, Paris, 363 p.
- CHEFTEL J.C et LORIENT D, (1982).** Aspects technologiques : Les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. *Lait*, **62**, 435-483.
- CHEFTEL J.C et CHEFTEL H, (1984).** *Introduction à la biochimie et à la technologie des aliments* . Ed Tech & Doc Lavoisier, Tome I, Paris, 381pp.
- CHEFTEL J.C ; CUQ J L et LORIENT D, (1985).** *Les protéines alimentaires.* Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris, 309p.
- CHEHMA A, (2003).** Productivité pastorale et productivité laitière en Algérie. In : « *Lait de chamelle pour l'Afrique* ». Ed LHOSTE, Niamey, 43-51.
- CHENAIS E, (1981).** *Les pattes fines (les émulsions).* Thèse DES sciences, Paris, 33p.
- CHENAY A,(1993).** Cosmétique : des matières premières en pleine mutation. *BIOFUTUR*, **123**, 20-27.
- CHIBAH A, (2012).** *Extraction et caractérisation électrophorétiques des protéines membranaires des globules gras du lait de chamelle.* Mémoire magistère en sciences biologiques, université TIZI OUZOU,74p .
- CHILLIARD Y, (1989).** Particularités du métabolisme des lipides et du métabolisme énergétique chez le dromadaire. In : « *Options Méditerranéennes* », Ed CIHEAM, 101-110.
- CHITOUR CE, (2004).** Physico-chimie des surfaces, les interfaces liquide-liquide et gaz-liquide dans les solutions aqueuses. Ed OPU, N°2 , Alger, 249p.
- CLAYTON, (1930).** *La technique des émulsions.* Ed : Lassailly et Bichebois, laboratoire de technologie, 1 – 11.
- COHN E.J and EDSALL J.T, (1943).** *Proteins.Amino Acids and Peptides as Ions and Dipolar Ions.* Reinhold, New York , 236-275.
- COLLIN J.C ; GRAPPIN R et LEGREAT Y, (1977).** Etude de la méthode de mesure selon BRRIDGE, du temps de coagulation du lait additionné d'une solution enzymatique, *Revue laitière Française*,**355**, 389-394.
-

- CUVILLIER , (2005).** Mesurer votre rendement fromager. *Chambre d'agriculture SAONE – ET-LOIRE* ,2p.
- DALMAZZONE C, (2000).** Génération mécanique des émulsions. *Oil & Gas Science and Technology. Rev.IFP*, **55**, 281 - 305.
- DELOBETTE H., FRIRY A., PLEWNIAK F et EGLY J.-M,(1991).** Le dosage des protéines. *Technoscope Biofutur*, **41** , 3-11.
- DIALLO B, (1989).** L'élevage du dromadaire en Mauritanie. In : « *Options Méditerranéennes* », Série Séminaires **02**, 29-32.
- DICKINSON E; TANAI S, (1992).** Protein displacement from the emulsion droplet by oil-soluble and water- soluble surfactant, *J Agric Food Chem*, **40** (2), 179–183.
- DICKINSON E, (1998).** Proteins at interfaces and in emulsions Stability, rheology and interactions .*J Chem Soc Faraday Trans*,**94**.
- DORYS M, (2008).** *Physique : notions*. <http://www.socami.be>
- DUCHESNE CH, (2002).** Caractéristiques et usages des émulsions bitumineuses (liant d'accrochage). *Bulletin d'information technique*.
- DURAFFOURD C, (1997).** *Examens de laboratoire, galénique, éléments thérapeutiques synergique.*, Ed Masson, Paris. 89p.
- EDMOND B, (1992).** Le lait de chamelle. In : « *Actes du colloque relations homme-animal dans les sociétés pastorales d'hier et d'aujourd'hui* ». Ed : ORSTOM, France, 165-172.
- EDMOND B,(2002).** *Laits touaregs : usages et symboles*. Ed IRD, France ,399-412.
- EL-ABASSY F and WAHBA H, (1986).** Studies on camel pepsin 2-manufacture of Domiati cheese with camel pepsin. *Egyptian Journal Dairy Science.*, **14**, 187-194.
-

EL-AGAMY E.I., RUPPANNER R., ISMAIL A., CHAMPAGNE C.P and ASSAF R, (1992). Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective protein. *J Dairy Res*, **59**, 169-175.

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

EL-AMIN F.M and WILCOX C.J , (1992) .Composition of majaher camels . *Journal of Dairy science*,**75**, (11) ,3155-3157.

ELLOUZE F. S, (1990). *Contribution à l'étude de l'évolution de la matière grasse et de la matière minérale du lait de dromadaire au cours de la lactation.* génétique et biologie moléculaire. Tunisie.

EUZEBY JP, (2001). Abrégé de bactériologie générale et médicale : l'antibiogramme ENVT. *Société de Bactériologie Systématique et Vétérinaire*, Toulouse.

EVANS J.V and POWYS J.S, (1980). *Camel husbandry to increase the productivity of ranch land*, Workshop on Camels. Khartoum, Sudan , 241-250.

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

FARAH Z and RÜEGG M.W, (1989). The size distribution of casein micelles in camel milk. *Food Microstruct*, **8**, 211-116.

FARAH Z., STREIFF T and BACHMAN M.R, (1990). Preparation and consumer acceptabilitytests of fermented camel milk in Kenya. *Journal Dairy Research* , **57**, 281-283.

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

FAYE B, (1997). *guide de L'élevage du dromadaire.* Ed : CIRAD- EMVT, Montpellier France, 120p.

FAYE B, (2003). Performances et productivité laitière de la chamelle: les données de la littérature. In : « *Lait de chamelle pour l'Afrique* ». Ed : CIRAD- EMVT, Niamey, 7-15.

- FERRANTI P ; MALORNI A;NITTI G; LAEZZA P; PIZZANO R ; CHIANESE L and ADDEO F,(1995).** Primary structure of ovine α 1-caseins: localization of phosphorylation sites and characterization of genetic variants A, C, and D . *J Dairy Res* ,**62**, 281-296.
- FILION M, (2006).** *Amélioration de la stabilité thermique du lait par modulation du potentiel d'oxydoreduction.* Thèse Maser, Université Laval, Québec.
- FLANDROIS J.P,(2008).** *Fiches Bactéries : Staphylococcus Saprophyticus.* DES Bactériologie-Virologie-Hygiène, Université de LYON.
- FLORAND L, (1988).** *La flore totale du lait.* Commission mammite et qualité du lait de la SNGTV, Bull, GTV, JUILLET 1988, 59-64.
- FOX J H and TOPEL J, (1975).** Use of computerized tomography in senile dementia, *journal of Neurology, Neurosurgery and Psychiatry*,**38**,948-953.
- FRIEDLI C, (2002).** - Thermodynamique. In : « *Chimie générale pour ingénieur* ». Ed PPUR presses polytechniques, 203-238.
- GAËTAN K, (2006).** *Du fromage de dromadaire sur votre table.*
- GAST M., MAUBOIS J.L et ADDA J, (1969).** - *Le lait et les produits laitiers en Ahaggar.* Ed Paris, Arts et métiers graphiques, Paris, 69 p.
- GÉNIN MG, (1932).** La mousse du lait. *Lait*, **12**, 1079-1088.
- GENIN G, (1966).** Le lait dans le monde. *Lait*, **46**, 169-184.
- GERARD D et RICHARD D, (1989).** Note sur la consommation de foin par les dromadaires. *Elev Méd Vét Pays Trop*, **42**,95–96.
- GNAN S.O ., MOHAMED M.O ., SHEREHA A.M and IWEGBE A.O,(1994).** Fermentation ability of camel's milk. In : Actes du Colloque « *Dromadaires et chameaux animaux laitiers* ». 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- GOMEZ G,(2009).** *Abécédaire de Chimie Organique : indice de réfraction.* Ed Pedagogie Academy, Montpellier.
- GONZALEZ C ; HERRANZ A et VALLÉE C, (2004).** *Les propriétés moussantes du lait.* Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine, 20p.
-

- GORBAN A.M.S ; IZZELDIN O.M, (1997).** Mineral content of camel milk and colostrum .
Journal Dairy Techn, **64**, 471-474.
- GIRARDET and LINDEN, (1996).** Component of bovine milk :A phosphorylated why glycoprotein. *Journal Dairy Research* ,**63**,333-350.
- GUERY J, (2006).** *Emulsions doubles cristallisables : stabilité, encapsulation et relargage.*
Thèse Doctorat en Physique et Chimie des Matériaux, Université Paris VI, 178p.
- GUIRAND J. et GALZY P, (1980).** Analyses Microbiologiques en Industries Alimentaires.
Ed l'Usine Nouvelle, Paris.
- GUIRAND J, (1998).** *Microbiologie Alimentaire* .Ed Dunod , Paris.
- HAMBRAEUS L ,(1982).** Nutritional aspects of milk proteins. *Journal of Food and Nutrition*, **39**,1-13.
- HAMIDI M, 2005.** - *Etude des propriétés émulsifiantes du lactosérum caprin en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique.* Thèse Magister en Agropastoralisme, Université Djelfa, 96p.
- HARTLEY B.J,(1980).** *Camels in the horn of Africa.* I.F.S. Workshop on camels, Khartoum, Sudan.
- JARDALI Z, (1988).** *Contribution à l'étude de la composition du lait de dromadaire.* DEA présenté à l'ENSAIA, Nancy, France.
- JARDALI Z et RAMET J.P, (1991).** Composition et taille des micelles du lait de dromadaire. *Lait*.
- JENNESS R and SLOAN R.E, (1969).** The composition of milk of various species.
A review Dairy Sci Abst, **32**, 599–612.
- JOFFIN, C et JOFFIN, J.N, (1999).** *Microbiologie Alimentaire.* Ed CRDP,**5**, Aquitaine collection biologie technique, 214p.
- JOUAN P, (2002).** *Lactoprotéines et lactopeptides: propriétés biologiques.*
Ed Quae,Amazon Media EU S.à r.l , 128p.
- KAMOUN M et RAMET J.P, (1989).** Conservation et transformation du lait de dromadaire. In : « *Option Méditerranéenne* » *CIHEAM* , **6**, 229-231.
-

- KAMOUM M, (1990).** La production de fromage à partir du lait de dromadaire. In : « *Option Méditerranéenne* », *CIHEAM*, **12**, 119-124.
- KAMOUM M, (1991).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In : « *Option Méditerranéenne* », *CIHEAM*, **12**, 23-103.
- KAMOUM 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.
- KAMOUM M, (1995).** Le lait de dromadaire : production, aspects qualitatifs et aptitude à la transformation. In : « *Option Méditerranéenne* », *CIHEAM*, **13**, 81-103.
- KAPPELER S, (1998).** *Composition and structural analysis of camel milk protéins with emphasis ou protective proteins.* Thèse de doctorat, Swiss federal institute of technology, Zurich.
- KAPPELER S., FARAH Z and PUHAN Z, (1998).** Sequence Analysis of *Camelus dromedarius* milk caseins. *J Dairy Res.*, **65**, 206-222.
- KAPPELLER S.R., FARAH Z and PUHAN Z, (2003).** Flanking Regions of camel milk genes are highly similar to homologue regions of other species and can be divided into two distinct groups. *Journal of Dairy Science*, **86**, 498-508.
- KARAY N; CHRISTELLE L; PIERRE L and MICHEL O ,(2004).** Dromadary milk fat thermal and structural properties I cristalline formsobaind by slow cooling , *Lait* ,**84**,399-416.
- KHEROUATOU N., NASRI M and ATTIA H. (2003).** A study of the dromadary milk casein micelle and its changes during acidification. *Brazilian J. Food Techn.*, **2**, 304-318.
- KNOESS KH, (1977).** The camel as a meat and milk animal. *World Animal Rev*, **22**, 39 - 44.
- KONTOPIDIS G., HOLT C and SAWYER L,(2002).** The Ligand-binding Site of Bovin β -Lactoglobulin : Evidence for a Function. *J Mol Biol*,**318**, 1043-1055.
- KONUSPAYEVA G ; FAYE B ; SERIKBAEVA A, (2003).** *Les produits laitiers traditionnels à base de lait de chamelle en Asie centrale.* In : « *Lait de chamelle pour l'Afrique* », Niamey, 71 - 82.
- KONUSPAYEVA G;LOISEAU G; FAYE B,(2004).** Le plus value "santé " du lait de
-

chamelle cru et fermenté l'expérience du Kazakhstan. *Rencontre de recherche Ruminants*, **11**, 47-50.

KONUSPAYEVA G, (2007). *Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (Camelus bactrianus, Camelus dromedarius et hybrides) au Kazakhstan.* Thèse Doctorat en Sciences des Aliments, Université Montpellier II, 255p.

KOUNIBA A, (2007). *Caractérisation physico-chimique du lait de chèvre comparée à celles du lait de vache et de dromadaire et étude de son aptitude fromagère.* Thèse Doctorat en Sciences Agronomiques, IAV HASSAN II.

LANOTTE P ; MEREGHETTI L et QUENTIN R, (2007). Démarche de l'examen bactériologique. In : « *Bactériologie médicale* ». Ed MASSON, 5 -32.

LARBIER M ; LECLERCQ B, (1992). *Nutrition et alimentation des volailles.* Ed INRA, Paris, pp 335.

LARSSON-RAZNIKIEWICZ M and MOHAMED M.A, (1994). Camel's (*Camelus dromedarius*) Milk : propriétés importantes pour les procédures de traitement et la valeur nutritionnelle. Actes du Colloque : « *Dromadaires et chameaux animaux laitiers* », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.

LASNAMI K, (1982) *Le dromadaire en Algérie : perspective d'avenir.* Thèse du Magister en science agronomiques I.N.A ELHARRACHE, Alger .185p.

LATAIX A, (1929). Contribution à l'étude de la réfractométrie des lactosérums. *Lait*, **9**, 612 - 622.

LEPERCHEC P,(2003). Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection. *Dossier saga science-chimie et beauté du CNRS*, Nathan.

LHOSTEL F, (2004). *Lait de chamelle pour l'Afrique.* Atelier sur la filière laitière caméline en Afrique, Comptes rendus FAO production et santé animales, Niamey, 203 p.

LINDEN G ; LORIENT D,(1994). *Biochimie agro- industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole.* Ed Masson, Paris, 67p.

LORETTE G et VALLANT L, (1995). *Traitement locaux en dermatologie.* Ed DOIN, paris, 252p.

LORIENT D; CLOSS B et CAURTHAUDAN JL, (1991). - Connaissances nouvelles sur les propriétés fonctionnelles des protéines du lait et des dérivés, *Lait*, **71**, 141-171.

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

LUBIN D, (1998). Le lactosérum. In : « *le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* ». Collection FAO 1998 : alimentation et nutrition N°28, Rome, Italie.

MAL G; SUCHITRA SENA D; JAIN V.K ; SINGHVI N.M and SAHANI M.S, (2000). *Therapeutic utility of camel milk as an adjuvant nutritional supplement against multiple drug resistant patient.* Proc. Int Camelid Conf., Almaty, Kazakhstan, 99 p.

MARCIAL C.S, (2008). Réfraction et indice de réfraction. *Publication internet*, <http://www.dicoptic.izispot.com>.

MARTINEZ D, (1989). Note sur la production de lait de dromadaire en secteur périurbain en Mauritanie. *Elev Méd Vét Pays Trop*, **42**, 115–116.

MASMOUDI H ; DOUIFI L ; LE DREAU Y ; PICCERELLE P et KISTER J,(2006). Apport de l'IRTF et de la rhéologie à l'étude de la stabilité d'émulsions cosmétique H/E. In : « *formulation cosmétique : matières premières, concepts et procédés innovants* ». Ed EDP Sciences,**12**, 49 - 59.

MATHIEU J, (1998). *Initiation à la Physico-Chimie du Lait.* Ed Tec Doc Lavoisier, Paris.

MEHAIA M.A, (1987). Studies on camel milk casein micelles ; treatment with soluble and immobilized chymosin. *Milchwissenschaft*, **42** , 706-708.

MEHAIA M.A and ALKANHAL M.A, (1992). Taurine and free amino acids in milk camel, goat, cow and man. *Milchwissenschaft*, **47**, 351-353.

MEHAIA M.A, (1993). Fresh soft white cheese (Domiaty type) from camel milk ; composition, yield and sensory evaluation. *Journal Dairy Science*, **6**, 2845-2855.

- MEHAIA M.A; HABLAS M.A ;ABDELRAHMAN K.M ; EL-MOUGY S. A, (1995).** Milk composition of mayahem wadiah and hamra camels in Saudi Arabia . *Food chemistry*,**5**,115-122.
- MEKHALDI W ; TOBAL M, (1998).** *Valorisation d'un bon produit de raffinage des corps gras par formulation d'une crème cosmétique.* Thèse USTHB Alger, 62p.
- MOHAMED M.A., LARSSON-RAZNIKIEWICZ M and MOHAMUD M.A, (1990).** Hardcheese making from camel milk. *Milchwissenschaft*, **45**, 716-718.
- NARJISSE H, (1989).** Nutrition et production laitière chez le dromadaire. In : « *Options Méditerranéennes* » Ed *CIHEAM* , **2**, 163-166.
- PAQUET D ; THOU KS et ALAIS C, (1978).** Obtention de produits moussants alimentaires par hydrolyse ménagée des protéines du lactosérum de fromagerie. *Ind Alim Agric*, **95**, 161-165.
- PAYS K, (2000).** *Les émulsions doubles : coalescence et murissement de composition*, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux, 174p.
- PEBERT F, (2003).** *Les maladies infectieuses : toutes les pathologies des programmes officiels des études médicales ou paramédicales.* Ed : Heure de France, 592p.
- PEYRE D.E et FABREGUES B, (1989).** Le dromadaire dans son milieu naturel. *Elev Méd Vét Pays Trop*, **42**, 127–132.
- PIERRE K, (1997).** *Appareils et méthodes en biochimie et biologie moléculaire.* Flammarion médecine-sciences, 418p.
- PIERRE J, (2002).** *Lactoprotéines et lactopeptides propriétés biologiques.* Ed INRA, Paris, 79-108.
- PORE, (1995).** - *Emulsions, microémulsions, émulsions multiples.* Ed : les éditions techniques des industries des corps gras, 270p.
- PORTIER J, (2008).** Les fiches explicatives : Comprendre les émulsions, *la belle verte.* Publication internet, <http://labelleverte.over-blog.net>,
- RAMET J.P, (1985).** *La fromagerie et les variétés de fromages du bassin Méditerranéen.* Etude FAO production et santé animales ,**48**.Rome, Italie.
-

- RAMET J.P, (1987)** . *Production de fromage à partir de lait de chamelle en Tunisie*. Rapport FAO, Rome , 1-33.
- RAMET J.P, (1993)**. *La technologie des fromages au lait de dromadaire (Camelus dromedarius)*. Etude FAO Production et santé animales, 113, Rome.
- RAMET J.P,(1994)**. Les aspects scientifiques et technologiques particuliers de la fabrication de fromage au lait de dromadaire. In : Actes du Colloque : « *Dromadaires et chameaux animaux laitiers* », 24-26-octobre, Nouakchott, Mauritanie.
- RAMET J.P, (1997)**. Les agents de la transformation du lait. In : « Le fromage » 3^{ème} Ed Eck et Gillis. Tec. Doc, Lavoisier, Paris.
- RAMET J.P, (2001)**. *The technology of making cheese from camel milk (Camelus dromedarius)*. FAO animal production and health paper, **113**, 67 p.
- RAO M.B; GUPTA R.C and DASTUR N.N, (1970)**. - Camel's milk and milk products. *Indian J. Dairy Sci*, **23**, 71–78.
- RAYMOND H and MORTON, (1984)**. - Camels for Meat and Milk Production in Sub-Sahara Africa. *Jour Dairy Science*, **67**, 1548-1553.
- RIBADEAU-DUMAS B and GRAPPIN R, (1989)**. Milk protein analysis. *Lait*, **69**, 357-416.
- ROTHE G.A.L; AXELSEN N.H; JOHNLE P and FOLTMANN B,(1976)**. Immunochemical chromatographic, and milk-clotting activity measurements for quantification of milk-clotting enzymes in bovine rennet's. *Journal Dairy Research*, **43**, 85-95.
- ROUX E, (2003)**. *Les oléosines, de nouveaux émulsifiants d'origine végétale. Comparaison des globules lipidiques extraits de végétaux (A. thaliana) et de levures (Y. lipolytica)*. Thèse Doctorat en Biochimie, INA Paris-Grignon, 199p.
- SALEY M, (1993)**. *La Production Laitière du Dromadaire*. CIRAD, Ed Maison-Alfort, Paris.
- SAWAYA W. N; KHALIL J. K; AL SHALHAT A and AL MOHAMMAD H,(1984)**. Chemical compositional and nutritional quality of camel milk . *journal of food science*, **49**, 744-747.
-

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

SCHMIDT D.G, (1982). *Association of caseins and casein micelle structure.* Developments in dairy chemistry, Applied science publisher, London, 61-86.

SIBOUKEUR O; MATI A et HESSAS B, (2005). Amélioration de l'aptitude à la coagulation du lait camelin (*Camelus dromedarius*) : utilisation d'extraits enzymatiques coagulants gastriques de dromadaires. *Cahiers d'étude et de recherches francophones Agricultures*, Ed John Libbey, **5**(14), 473-478.

SIBOUKEUR O, (2007). - *Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation.* Thèse Doctorat en Sciences Agronomique, EL-HARRACH-ALGER, 135p.

SORENSEN E.S and PETERSEN T.E, (1993). Phosphorylation, glycosylation and amino acids sequence of component PP3 from fraction of bovin milk. *J Dairy Res.*, **60**, 535-542.

SUBHUTI D, 2005. - *Jineijin and Digestive Enzymes, How to best promote digestion.* Institute for Traditional Medicine, Portland, Oregon.

TOURAIN F ; DRAPRON R, (1987). Activité de lipase de *Rhizopus arrhizus* en milieu eau-glycérol et eau-glycol. *Science des aliments*, **3**, 411- 431.

VALLES E. et FURET J.P,(1977). Etude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine ; méthodes d'extraction. *Lait*, **61**, 601-617.

VALERIE E,(2007). *Hygienic status of camel milk in Dubai (United Arab Emirates) under two different milking management systems.* Thèse Doctorat en Médecine Vétérinaire, 120p.

VAUTION, (1983). Les agents de surface. *oléagineux-corps gras- lipides*, **4**, 275 - 280.

VIA FRANCK S.G., BONFOH B., GARBA M., ILOU I., KAMIL H and FAYE B, (2003). Valorisation du lait de chamelle au Sahel : Opération "fromages camelins" dans le Tadsit (Niger)et à Tombouktou (Mali). In :Actes de l'Atelier International « *Lait de chamelle pour l'Afrique* », 5-8 novembre, Niamey, Niger.

- WALKENSTROM P, (1993).** *Functional properties of whey proteins.* University of Technology, Sweden , 162p.
- WALSTRA P, (1990).** On the stability of casein micelles. *Journal of Dairy Science*, **73**, 1965-1979.
- WALSTRA P and ROOS, (1993).** *Proteins at avi-water and oil-water interfaces statistic and dynamic aspects.* Ed : TEC et Doc, Lavoisier, Paris, 305 - 525.
- WANGO J., FARAH Z and PUHAN Z. (1993).** Extraction of rennet and its omparison with calf rennet extract. *Milchwissenschaft*, **48**, 322-325.
- WANGO J, (1997).** *Chemical and Technological Properties of Camel (Camelus dromedarius) Milk.* Diss. ETH Nr. 12295, Swiss Federal Institute of Technology, Zurich, Switzerland.
- WANGO J., FARAH Z and PUHAN Z, (1998).** Iso-electric focusing of camel milk proteins. *International Dairy Journal*, **8**, 617-621.
- WEBB B.H ;JOHNSON A.H and ALFORD J.A,(1974).** *Fundamentals of Dairy Chemistry.* Ed Chapman & Hall, London, New York.
- WILSON R.T, (1984).** *The camel.* Ed Longman publisher, London, p 223.
- WON K, (2005).** Optimization of lipase entrapment in Ca-alginate gel beads, *Process Biochem* , **40**,2149-2154.
- XAVIER P ; GILLES V ; BERNARD F et OLIVIER F, (2000).** - *Elevage camelin au Niger, référentiel zootechnique et sanitaire.* Coopération Française, Niamey, Niger. 93 p .
- YAGIL R and ETZION Z (1980a).** Effect of drought conditions on the quality of camel milk. *Journal Dairy Research*, **47**, 159-166.
- YAGIL R and ETZION Z, (1980b).** Milk Yields of Camel (*Camelus dromedarius*). *Comp Biochem Physiol*, **67**, 207-209.
- YAGIL R , (1982) .** *Camels and Camel Milk.* FAO Animal production and Health paper ,**26**,1-13.
- YAGIL R., SARAN A and ETZION Z, (1984).** Camel milk for drinking only. *Comp. Biochem. Physiol.*, **78**, 263-266.
-

YAGIL R, (1985). *The Desert camel ; comparative physiological adaptation.* Ed KARGER, 109-120.

YAGIL R and VAN CREVELD C, (2000). Medicinal use of camel milk. Fact or Fancy? In: « Proceeding of the 2 nd International Camelid Conference on Agroecconomics of Camelids », Almaty, Kazahstan.

ZEUNER F.E, (1963). *A History of Domesticated Animals.* Ed Hutchinson:London & Co, 560p.

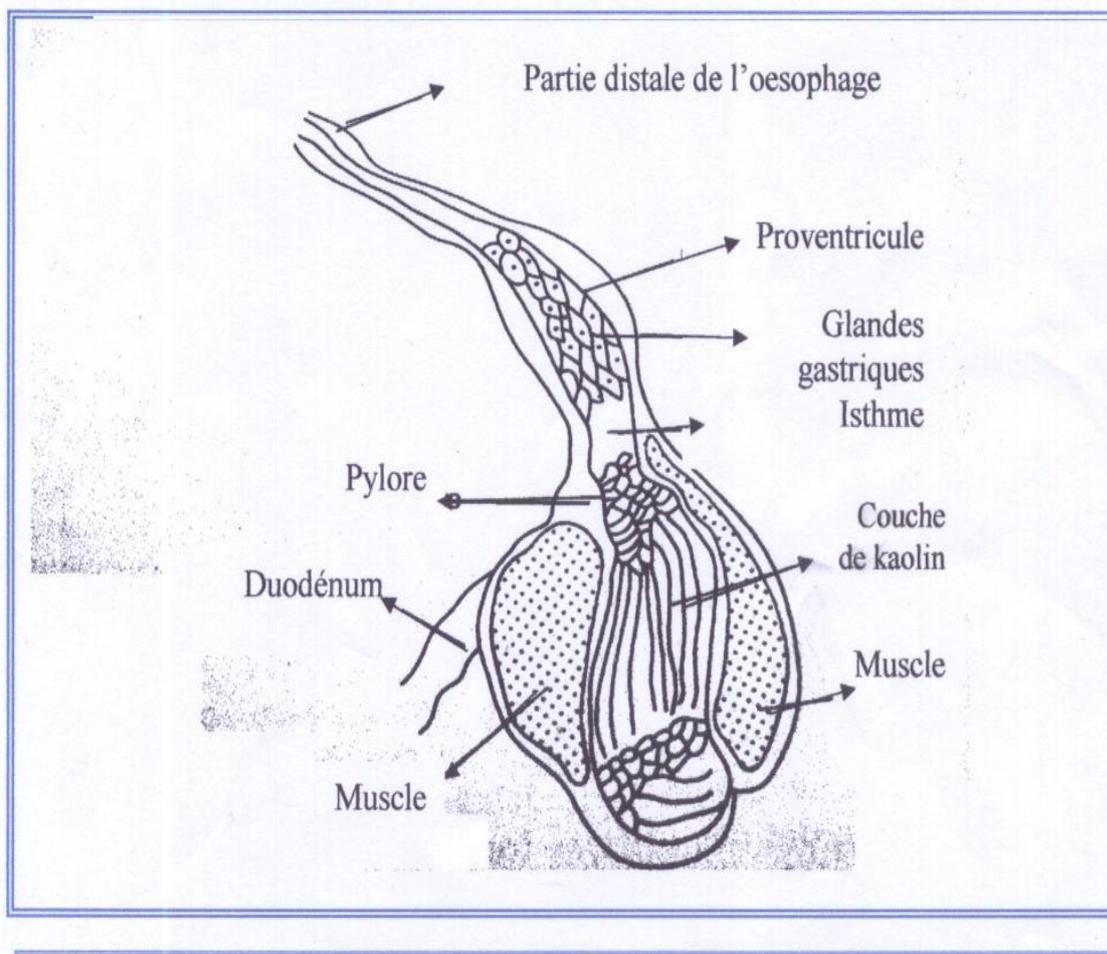
Annexes

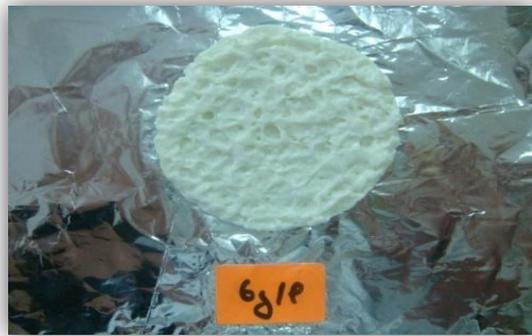
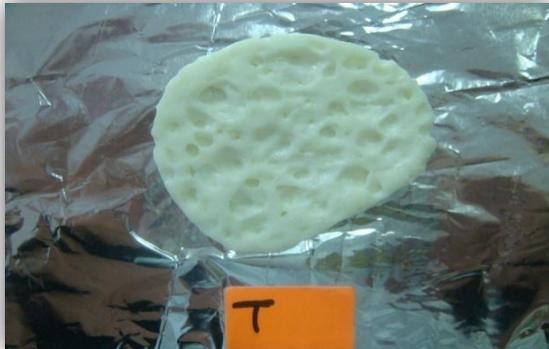
Annexe 1 : Principales maladies de la peau causées par les souches étudiées.

Bactérie	Maladie
<p><i>Staphylococcus epidermidis.</i> (PEBERT, 2003).</p>	<p style="text-align: center;">Folliculites</p> <ul style="list-style-type: none"> - Inflammations des follicules pilo-sébacées. - Les lésions de folliculites sont toujours centrées par un poil. - En fonction de l'endroit de la pénétration de l'infection dans l'épaisseur de la peau, on distingue : Les folliculites superficielles et les folliculites profondes. <ul style="list-style-type: none"> • Les folliculites superficielles - Forme une papule douloureuse autour de l'orifice et évolue en une pustule à contenu purulent. Puis elle se dessèche avec formation d'une croûte qui tombe sans laisser de cicatrice. - Ces folliculites siègent notamment sur le visage, et les paupières. <ul style="list-style-type: none"> • Les folliculites profondes - Atteignent toute la glande sébacée. - Se manifestent par des nodules douloureux centrés par un poil. - L'inflammation du derme est telle qu'elle peut évoluer vers l'abcédassions chronique. - Exemple : le sycosis est une folliculite profonde de la barbe favorisée par le rasage.
<p><i>Staphylococcus aureus.</i> (PEBERT, 2003).</p>	<p style="text-align: center;">Impétigo</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il s'agit d'une pyodermite aiguë superficielle. - Très fréquent chez l'enfant d'âge scolaire, très contagieux. - Sa localisation préférentielle est le pourtour de la bouche. <p style="text-align: center;">Furonculose</p> <ul style="list-style-type: none"> - Il s'agit d'une staphylococcie cutanée chronique. - Elle se manifeste par l'apparition de furoncleuses durant plusieurs semaines, voir plusieurs mois. - Elle est surtout due à un défaut d'hygiène. <p style="text-align: center;">Erysipèle</p> <ul style="list-style-type: none"> - C'est une dermo-épidermite aiguë (infection du derme et de l'hypoderme) - La peau devient rouge, et douloureuse.
<p><i>Staphylococcus saprophyticus</i> (FLANDROIS, 2008).</p>	<p style="text-align: center;">Affection cutanée</p> <ul style="list-style-type: none"> - Elle se manifeste par l'apparition des kystes. Avec une légère prédominance chez la femme.

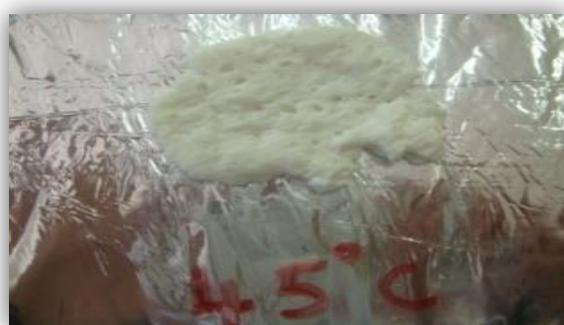
Annexe 2: Composition de la crème de DALIBOUR

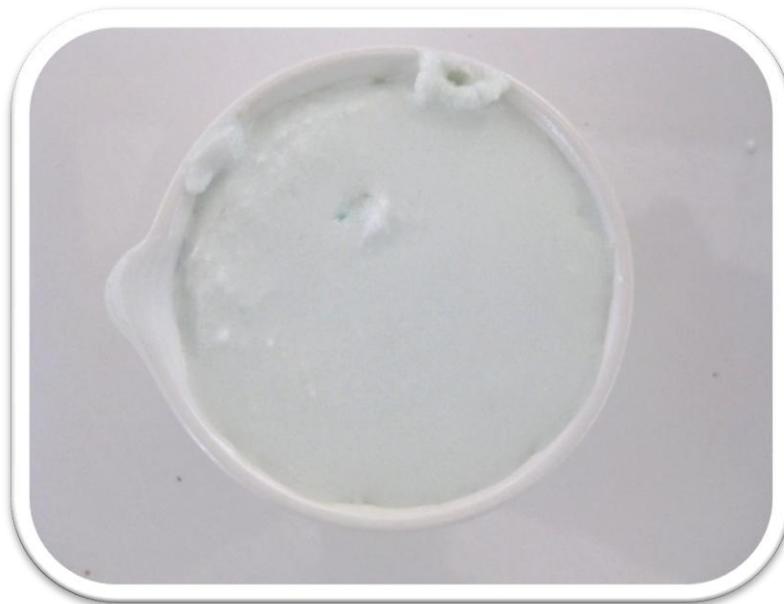
Composition	propriété
Sulfate de zinc (0.10 g)	Poudre cristalline blanche de saveur astringente et métallique astringent antiseptique et désinfectant
Sulfate de cuivre (0.25 g)	Antiseptique bactéricide sur les germes gram+ et fongistatique sur <i>Candida albicans</i> . Bien toléré chez le nourrisson.
Talc (20 g)	poudre douceur.
Vaseline (20 g)	agent lubrifiant.

Annexe 3 : Anatomie du complexe stomacal proventricule-gésier des poules (LARBIER et LECLERCO1991).

Annexe 4 : fromages obtenus par l'ajout de concentrations croissantes de CaCl_2 

Annexe5 : fromages camelins obtenus par des températures croissantes de 32 à 48 °C



Annexe 6 : Aspect macroscopique et couleur de la crème de DALIBOUR modifiée**Annexe 7: Distribution des races camelines en Algérie**

Selon BOUE, 1952; LASNAMI, 1982. Les populations camelines se trouvant en Algérie appartiennent à deux grands groupes génétiques: le chaâmbi et le Targui (Méhari) qui comptent toutefois plusieurs sous type:

Le chaâmbi

Animal médialigne , musclé , il se caractérise par diverses variantes de taille et de pelage .C'est une rase fortement croisée avec du sang de dromadaire arabe .Il est utilisé à double fins (bât et selle) et se trouve répandu du grand erg occidental au grand erg oriental (lieu de prédilection : Metlili des Chaamba)

Ouled Sidi Cheikh

Animal medialigne , solide, à pelage foncé mi-long, également fortement croisé avec du sang arabe .C'est un animal bien adapté aussi bien a la pierre qu'au sable. Il est rencontré dans les hauts plateaux au nord du grand erg occidental (Sud oranais).Son élevage se trouve en déclin actuellement et est remplacé par le Sahraoui .

Sahraoui

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

Ait Khebbach

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

Chameau de la steppe

C'est un dromadaire commun ,petit ,bréviligne .C'est un mauvais porteur. Il est utilisé pour le nomadisme rapproché .On le rencontre dans les confins sahariens et surtout à la limite de la steppe et du Sahara. Ce type est en déclin.

Targui ou race Touareg du Nord

Les dromadaires Targuis sont des animaux habitués aussi bien aux aides escarpements du Tassili et du Massif central du Hoggar, qu'aux sables. C'est un animal fin avec ses membres très musclés. La bosse est petite et rejetée en arrière. La queue est également petite et les pointes des pieds sont fines. C'est un excellent méhari pour les patrouilles aux frontières. Il a une robe claire ou pied, des poils ras et une peau très fine. C'est un animal de selle par excellence, souvent recherché au Sahara comme reproducteur. On le rencontre surtout dans le Hoggar et son pourtour ainsi qu'au Sahara central.

Ajjer

Dromadaire bréviligne de petite taille, bon marcheur et porteur, se trouve dans le Tassili d'Ajjer.

Reguibi

Animale longiligne , d'une hauteur de 2m habituellement ,de robe généralement claire couleur de café au lait et les poils sont ras .C'est un animal de selle par excellence ,réputé dans tout l' Ouest saharien..

Chameau de l'Aftouh

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

Le Berberi

Animal de forme fine , avec un arrière main bien musclé ,rencontré surtout entre la zone saharienne et tellienne. Il est très proche du Chaambi et de l'Ouled Sidi Cheikh.

Annexe 8 : Tableaux de la variance de quelques paramètres analysés

Tests Univariés de Significativité pour rd temp (imm+cssta.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	2214,451	1	2214,451	535754,3	0,000000	
temp	9,935	5	1,987	480,7	0,000000	
Erreur	0,050	12	0,004			

Tests Univariés de Significativité pour Diametre (Feuille emulsion.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	116739,2	1	116739,2	116739,2	0,00	
Emulsion	5617,6	2	2808,8	2808,8	0,00	
Temps	4536,8	4	1134,2	1134,2	0,00	
Emulsion*Temps	1854,4	8	231,8	231,8	0,00	
Erreur	30,0	30	1,0			

Tests Univariés de Significativité pour Nombre (Feuille emulsion.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	4640,276	1	4640,276	3267800	0,00	
Emulsion	159,879	2	79,940	56295	0,00	
Temps	158,232	4	39,558	27858	0,00	
Emulsion*Temps	30,096	8	3,762	2649	0,00	
Erreur	0,043	30	0,001			

Tests Univariés de Significativité pour stabilité (Feuille emulsion.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	307520,0	1	307520,0	384400,0	0,00	
Emulsion	3588,4	2	1794,2	2242,7	0,00	
Temps	7502,0	4	1875,5	2344,4	0,00	
Emulsion*Temps	2209,6	8	276,2	345,2	0,00	
Erreur	24,0	30	0,8			

Tests Univariés de Significativité pour index st (Feuille emulsion.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	39249,80	1	39249,80	49062,25	0,00	
Emulsion	5767,60	2	2883,80	3604,75	0,00	
Temps	17371,20	4	4342,80	5428,50	0,00	
Emulsion*Temps	5438,40	8	679,80	849,75	0,00	
Erreur	24,00	30	0,80			

Tests Univariés de Significativité pour stab mouss (mousse.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	128292,9	1	128292,9	503553,8	0,00	
echan	28767,9	3	9589,3	37638,3	0,00	
agitation	3010,3	2	1505,2	5907,8	0,00	
echan*agitation	2435,8	6	406,0	1593,5	0,00	
Erreur	6,1	24	0,3			

Tests Univariés de Significativité pour cap mous (mousse.sta)						
Paramétrisation sigma-restreinte						
Décomposition efficace de l'hypothèse						
Effet	SC	Degr. de Liberté	MC	F	p	
ord. origine	4137665	1	4137665	18656,54	0,000000	
echan	295721	3	98574	444,46	0,000000	
agitation	12285	2	6142	27,70	0,000001	
echan*agitation	49705	6	8284	37,35	0,000000	
Erreur	5323	24	222			

Publications et communications internationales

Plusieurs parties de cette présente étude ont fait l'objet de publications et communications internationales :

I/ Publication internationales :

1/ Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Immobilisation d'un extrait enzymatique de la couche de Kaolin des poules : Influence sur la coagulation et la qualité microbiologique du fromage camelin. Tunisian Journal of Medicinal Plants and Naturel Products (TJMPNP) 9(4)(2013).

2/Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Étude des propriétés antibactériennes du lactosérum camelin en vue de sa valorisation dans le domaine pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique anti-infectieuse. Tunisian Journal of Medicinal Plants and Naturel Products (TJMPNP) 09-11(1)-14.

3/Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Fabrication d'un fromage camelin avec un extrait enzymatique immobilisé de la couche de kaolin du gésier de poules. Livestock Research for Rural Development 27 (5) 2015.

II/ Communications Internationales :

1/Hamidi Mohamed, Choukri Ali, (2010).Contribution à l'étude des propriétés du lactosérum camelin en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique. Les journées internationales de Biotechnologie 2010.Yasmine Hammamet, Tunisie du 19-22 Décembre 2010.

2/ Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Immobilisation d'un extrait enzymatique de la couche de Kaolin des poules : Influence sur la coagulation et la qualité microbiologique du fromage camelin.7^{ème} Congrès international « Qualité des produits et de l'environnement,

Traitement et valorisation des rejets, Effets sur la santé humaine 2012».Mahdia, Tunisie du 20-22 avril 2012.

3/ Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Étude des propriétés antibactériennes du lactosérum camelin en vue de sa valorisation dans le domaine pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique anti-infectieuse. 8^{ème} Congrès international « Qualité des produits et de l'environnement, Traitement et valorisation des rejets, Effets sur la santé humaine 2012 », Mahdia, Tunisie du 5-7 avril 2013.

4/ Hamidi Mohamed, Choukri Ali, Lahrech Atika. Fabrication et évaluation de la qualité d'un fromage camelin préparé par un extrait enzymatique immobilisé de la couche de kaolin des poules. Les journées internationales de Biotechnologie (JIB 2013). Hammamet, Tunisie du 21-24 Décembre 2013.

ISSN 1737-8907

Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products (TJMPNP)

Editor in Chief

Dr. Zine MIGHRI
Professor Emeritus



Volume 9(4) (2013)

ISSN 1737-8907

Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products (TJMPNP)

**Editor in Chief
Dr. Zine MIGHRI
Professor Emeritus**

Volume 9(4) (2013)

TJMPNP is abstracted by:

➤ ***The Chemical Abstracts database (CAS®).***

[Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products](#)

Entry Type	Active Serial
Title	Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products
Abbreviated Title	Tunis. J. Med. Plants Nat. Prod.
CODEN	TJMPA5
ISSN	1737-8907
Language of Text	English
Summaries In	English
History	v1 2009+
Publisher Name	High Institute of Biotechnology of Monastir
Alternate Title(s)	TJMPNP
Abbreviated Alternate Title(s)	TJMPNP

Immobilisation d'un Extrait Enzymatique de la Couche de Kaolin des Poules : Influence sur la Coagulation et Qualité Microbiologique du Fromage Camelin

Hamidi Mohamed*, Choukri Ali, LahrechAtika

Laboratoire de chimie organique et de substances naturelles : Université Ziane Achour. Djelfa. ALGERIE: BP 3117 Ain chihDjelfa17000. ALGERIE.

Received 25 May 2012; received in revised form 14 October 2012; Accepted 13 January 2013.

Abstract

Camel milk has an antibiotic properties and a number of prophylactic effects, it's especially used for treatment of many diseases. Cheese transformation of milk represent a technique widely used to preserve its therapeutic properties, this operation need a special care because of coagulation difficulties. In our work, we were interested to study the influence of immobilization in clotting and the microbiological quality of camel cheese. An extract of the Kaolin coagulating enzyme layer of chickens was used as coagulant; immobilization was carried out by inclusion in sodium alginate gel. According to the experimental results, it does appear that enzyme extract immobilization gave spherical beads with a particular diameter which facilitates recovery and reuse. The examination of cheese amounts shows that the immobilized extract keeps its clotting activity for three times, finally we obtained a white cheese. This new technique does not alter the organoleptic characteristics of the product. For the microbiological quality of the resulting cheese, we have studying the hygienic and sanitary qualities, we found them satisfactory, this confirm that the technique used for coagulation has giving a product of good microbiological quality.

Keywords: microbiological quality, immobilization, camel milk, cheese.

Résumé

La transformation du lait en fromage est une technique de préservation très utilisée pour conserver les vertus du lait de dromadaire, mais l'opération est réputée délicate en raison des difficultés rencontrées pour réaliser la coagulation. Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à étudier l'influence de l'immobilisation d'un extrait enzymatique coagulant de la couche de Kaolin de poules sur la coagulation et la qualité microbiologique du fromage camelin.

D'après les résultats obtenus nous pouvons constater que l'immobilisation de l'extrait enzymatique a donné des billes d'une forme sphérique et d'un diamètre moyen qui facilite leur récupération et leur rinçage. En ce qui concerne la coagulation, l'examen des valeurs des rendements fromagers fait ressortir que l'extrait immobilisé garde son activité coagulante ; nous avons également obtenu un fromage de couleur blanche, donc cette nouvelle technique ne modifie pas les caractéristiques organoleptiques du produit. Pour la qualité microbiologique du fromage nous avons retenu la qualité globale, la qualité hygiénique et la qualité sanitaire qui étaient satisfaisantes ; ce qui nous permet de dire que la technique de coagulation employée permet d'obtenir un produit de bonne qualité microbiologique et donne une impulsion aux recherches sur les enzymes de remplacement de la présure.

Mots clés: Qualité microbiologique, Immobilisation, Lait de dromadaire, Fromage.

1. Introduction

*Corresponding author: Hamidi Mohamed; e-mail: med.hamidi@yahoo.fr

Le dromadaire est un animal qui s'adapte mieux que n'importe quel autre animal d'élevage aux conditions désertiques. Son lait est un pur nectar, il présente l'actualité du jour à cause de ce qu'il a montré comme bénéfique pour la santé. Kontopidis *et al* (2002) [1], ont montré que le lait de chamelle ayant des propriétés antibiotiques et un certain nombre d'effets prophylactiques, est utilisé en particulier dans le traitement de la tuberculose, de la gastroentérite et des ulcères gastriques.

Même si le lait de dromadaire se garde plus longtemps que celui de vache, il a tout de même une durée de conservation limitée. Sa transformation en fromage est une technique de préservation très utilisées, mais l'opération est réputée délicate en raison des difficultés rencontrées pour coaguler ce lait.

Dans notre travail, nous nous sommes intéressés à étudier la qualité microbiologique du lait et du fromage camelin obtenu en utilisant l'extrait enzymatique de la couche de Kaolin immobilisé comme agent coagulant.

2. Matériels et Méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Echantillons de lait

Les échantillons de lait utilisés sont des laits de petit mélange des chammelles en bonne santé de la race de la steppe élevées en extensif, localisées dans la région de Djelfa du sud d'Algérie. Le lait est recueilli proprement en nettoyant les mamelles avec un désinfectant ensuite en les sèches par des compresses stériles et en dernier les échantillons de lait sont conservés à 4°C et transportés aussitôt au laboratoire où ils sont analysés. A l'arrivée, une mesure de pH est réalisée, ensuite un double écrémage de 2500tours/min pendant 15min est appliqué sur les échantillons du lait.

2.1.2. Echantillons de la Couche de Kaolin

C'est la couche cornée et plissée tapissant la face interne du gésier. Selon Herbasin (2006) [2], cette couche est mince et semi-transparente, de couleur jaune d'or, jaune-vert ou brun-jaunâtre, avec bandes rides notables.

Des couches de kaolin ont été prélevées au niveau de l'abattoir communal de Djelfa puis transportées, lavées, séchées à 40°C et broyées en poudre au laboratoire.

2.2. Méthodes

2.2.1. Extraction des enzymes coagulantes

L'extraction des enzymes est réalisée selon la méthode de Valles et Furet (1977) [3], modifiée.

Des échantillons de Couche de Kaolin en poudre de poids P (en g) chacun, sont macérés à 42°C dans un volume ($V = 5 \times P$) d'une solution d'acide chlorhydrique 0.2M pendant 60 minutes. Après filtration de chaque mélange on obtient des extraits enzymatiques bruts. Ces derniers subissent alors une clarification par addition d'1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium ($AlSO_4$) 1M et de 5 % (V/V) d'une solution de sulfate de sodium (Na_2SO_4) 1M chauffée à 42°C. Après une deuxième filtration, nous obtenons un filtrat auquel nous faisons subir une concentration par addition d'une solution saturée de NaCl additionnée à 1% (V/V) d'une solution de HCl ($d=1.19$). Après un repos d'une heure suivie d'une

centrifugation (2100xg /20 min) nous obtenons un précipité humide que l'on fait dissoudre dans un minimum d'eau distillée. Le pH de ces extraits enzymatiques gastriques clarifiés est ajusté à 5.5 par une solution de phosphate dissodique 1M. Ensuite leur conservation est réalisée par réfrigération à 4°C jusqu'à utilisation.

2.2.2. Immobilisation des enzymes coagulantes

L'alginate est l'un des polymères le plus fréquemment utilisé pour l'immobilisation par inclusion non seulement grâce à ses propriétés mais aussi grâce à sa non-toxicité. [4-5]. L'utilisation de l'alginate de sodium permet de préserver l'agent coagulant en évitant la dénaturation des protéines après inclusion car ce polymère se gélifie à des basses températures en présence d'une solution de chlorure de calcium.

Dans le but d'immobiliser l'enzyme coagulante une quantité de 3g d'alginate de sodium est dissociés dans 100ml d'eau distillée, puis agitée pendant 24 heures afin d'homogénéiser le gel. Ensuite un volume de 6ml d'enzyme est mélangé avec 100ml de la solution d'alginate de sodium préparée sous agitation pendant 4 heures pour assurer l'inclusion de l'enzyme dans le gel. Après une préparation d'un bain de chlorure de calcium 0.2mol/l, les perles sont constituées en s'égouttant la solution de polymère avec une seringue dans un excès de la solution préparée. La mise en contact des perles avec la solution CaCl_2 provoque une gélification de l'alginate formant ainsi des billes qui contiennent l'enzyme coagulante. Enfin les billes sont trempées dans la solution de calcium pendant 0,5 heures.

2.2.3. Coagulation du lait de dromadaire

La coagulation du lait de dromadaire est confrontée à des difficultés ayant pour origine une teneur réduite en caséine κ et une aptitude limitée à l'acidification due aux différents systèmes antimicrobiens susceptibles de limiter la prolifération microbienne plus fortement que les laits d'autres espèces domestiques: ces systèmes sont probablement à l'origine des propriétés réputées fortifiantes et thérapeutiques du lait de dromadaire [6-7].

Le lait écrémé est additionné de l'extrait coagulant immobilisé puis placé sur un agitateur magnétique chauffant à 42°C pendant 30min et dans le but d'éviter toutes sortes de contamination nous avons procédé à une analyse microbiologique du lait de dromadaire mis en œuvre ainsi que l'utilisation d'une hotte équipée de lampe UV pour stériliser le milieu du travail.

2.2.4. Propriétés des coagulums

La caractérisation de l'efficacité de l'enzyme immobilisée consiste en la mesure du rendement fromager.

Les propriétés organoleptiques mettant en jeu des récepteurs sensoriels, définissent ainsi l'ensemble des caractéristiques sensibles, visuelles et olfactives du fromage. Dans le présent travail les propriétés retenues sont la couleur relevant de la vision et la texture relevant du touché.

2.2.5. Qualité microbiologique

Pour la qualité microbiologique du fromage nous avons retenu une qualité globale représentée par la recherche et dénombrement de la flore totale mésophile et la qualité hygiénique qui englobe la recherche et dénombrement des coliformes totaux, fécaux, des Streptocoques fécaux et des Clostridium ; ainsi que la qualité sanitaire qui portera sur la recherche des Salmonelles et des Staphylococcus aureus.

Pour l'interprétation des résultats des analyses microbiologiques nous nous sommes référés à l'arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté du 23 juillet 1994 du journal officiel de la république Algérienne N° :035 du 27-05-1998 fixant les spécifications microbiologiques auxquelles doivent satisfaire certaines denrées alimentaires.

2.2.6. L'analyse de la variance

Dans notre travail nous avons adopté un dispositif complètement aléatoire à un facteur immobilisation de l'enzyme de deux niveaux comportant le témoin qui est l'enzyme libre, le deuxième niveau représente l'enzyme immobilisée en utilisant une analyse de la variance.

3. Résultats et discussion

3.1. Propriétés des coagulums

Les microcapsules issues de l'immobilisation de l'extrait coagulant présentent une couleur blanche transparente et une forme sphérique avec un diamètre moyen de 5mm, ce qui permet leur récupération et leur rinçage après chaque coagulation. La couleur des billes et en fonction de la couleur de l'enzyme emprisonnée.

En ce qui concerne la coagulation nous avons procédé après chaque égouttage, au pesage des fromages obtenus. L'examen des résultats obtenus fait ressortir que l'immobilisation de l'extrait enzymatique a influencé légèrement l'activité coagulante car les valeurs du rendement fromager obtenues par l'extrait de la couche de kaolin libre et immobilisée sont presque comparables (9.17 et 9.05 respectivement). Ces résultats sont attestés par l'analyse de la variance et la comparaison multiple des moyennes.

3.2. Propriétés organoleptiques

L'utilisation de l'extrait de la couche de Kaolin immobilisé pour coaguler le lait ne provoque aucun changement de la couleur du produit qui reste comparable à la couleur du lait mise en œuvre. L'emploi de l'extrait coagulant immobilisé pour coaguler le lait de dromadaire nous offre des produits de couleur blanche donc cette nouvelle technique ne modifie pas les caractéristiques organoleptiques des fromages. Nous avons également obtenu après égouttage et une synérèse complète et spontanée des fromages sous forme de pâtes poreuses non friable (photo 1).



Photo 1. Fromage camelin issu de la coagulation par la couche de kaolin immobilisée

3.3. Qualité microbiologique du fromage

Les principaux résultats des analyses microbiologiques effectuées sur le lait et le fromage sont portés sur le tableau 1.

Tableau 1. Résultats des analyses microbiologiques du lait et du fromage camelin.

Germes	Normes		
	Lait cru	Fromage	Journal officiel N°35 de la république algérienne 1998
Echantillons			
Flore aérobie mésophile totale (FAMT)	170	9.10^3	10^5 pour le lait cru
Coliformes totaux	Absence	< à 10	10 pour le fromage frais
Coliformes fécaux	Absence	Absence	10^3 pour le lait cru Absence pour le fromage frais
Streptocoques fécaux	Absence	Absence	Absence
Clostridium sulfito-réducteurs.	Absence	Absence	50 pour le lait cru
<i>Staphylococcus aureus</i>	Absence	Absence	Absence pour le lait cru et 10 pour le fromage frais
Salmonella	Absence	Absence	Absence

3.3.1. Qualité microbiologique générale

Le lait contient peu de microorganismes (moins de 10^3 germes / ml) lorsqu'il est prélevé dans de bonnes conditions à partir d'un animal sain [8]. Il s'agit de la flore indigène ou originelle constituée essentiellement de germes saprophytes du pis et des canaux galactophores.

D'après Guiraud (1998) [9], le dénombrement de la flore aérobie mésophile totale reflète la qualité microbiologique générale d'un produit naturel. Pour nos échantillons cette flore représente 170 germes / ml dans le lait donc selon les normes Algériennes ces résultats sont acceptables, tandis que pour le fromage nous avons enregistré 9.10^3 germes /gramme. Il faut noter cependant que les FAMT ne font pas partie des critères interprofessionnels de la qualité du fromage frais et que le législateur algérien ne définit pas le seuil de limites pour apprécier la qualité de ce produit.

3.3.2. Qualité hygiénique

Un certain nombre de tests indicateurs de l'hygiène générale de l'aliment ont été mis au point par Joffin et Joffin, (1999) [10], ce sont les flores indicatrices d'une mauvaise qualité générale et d'un non-respect des "bonnes pratiques" qui regroupent en trois principales catégories de tests dont le dénombrement de bactéries indiquent des contaminations fécales.

3.3.2.1. La flore coliforme

Le dénombrement des coliformes a longtemps été considéré comme un bon indice de contamination fécale. Pour l'échantillon de lait nous avons enregistré l'absence de coliformes totaux et fécaux. De même après coagulation, l'amélioration des conditions de coagulation (stérilisation par la lampe UV) a contribué à éliminer tous genres de coliformes fécaux d'une part et à diminuer la charge en coliformes totaux jusqu'à un taux inférieur aux normes Algériennes qui nous permet de dire que notre produit fromagé présente une bonne qualité hygiénique.

3.3.2.2. *Streptocoques fécaux*

Ces germes sont très répandus dans la nature et ils n'indiquent pas toujours une contamination fécale, ce sont des germes fréquents dans les produits "manipulés", le lait en particulier. Ces germes sont absents dans nos échantillons lait et fromage, il s'est avéré que ces résultats sont satisfaisants.

3.3.2.3. *Clostridium sulfito-réducteurs*

Il est difficile de conclure qu'une contamination est fécale lorsque les *Clostridium sulfito-réducteurs* sont seuls, mais au cas où ils sont associés à l'*E. coli* ou aux coliformes et streptocoque, ils confirment l'origine fécale d'une contamination [9]. Le seuil de conformité du lait cru fixé par le législateur algérien est de 50 germes/ml, ces germes sont absents dans nos échantillons de lait et de fromage, (les résultats sont conformes aux normes).

Des recherches faites par Barbour *et al*, (1984) [11] ont montré que le lait de vache se contamine facilement par rapport au lait de dromadaire qui a un pouvoir antimicrobien, de même YAGIL et al, (1984) soutiennent que la pasteurisation du lait de chamelle n'est pas indispensable si tous les dromadaires du troupeau sont en bonne santé.

3.3.3. *Qualité sanitaire*

La flore de contamination 'indicatrice' d'une mauvaise qualité hygiénique, qui ne provoque généralement pas de maladies chez l'homme adulte, est souvent associée à des entérobactéries pathogènes comme les *Salmonella* ou les *E-coli* pathogènes [9]. Selon Florand, (1988) [12], d'autres germes pathogènes peuvent être présents originellement dans le lait suite au traitement d'un animal malade.

L'analyse des résultats obtenus a permis de constater l'absence de *Staphylococcus aureus* dans le lait de dromadaire analysé ce qui nous conduit à dire que le lait présente une bonne qualité sanitaire. A propos de l'échantillon fromage, nous avons noté la présence de troubles dans les tubes, ce qui nous a conduits à faire un test de confirmation par l'ensemencement sur la gélose Chapman. Les résultats obtenus étaient négatives ce qui confirme que les *Staphylococcus aureus* sont aussi absentes dans le fromage.

Concernant les *Salmonella* nous avons constaté leurs absences dans le lait et dans le fromage analysé ce qui nous conduit à dire que le lait de dromadaire et le fromage coagulé par l'extrait de la couche de Kaolin présentent une bonne qualité sanitaire.

L'étude réalisée par Barbour et al (1984) [11] a mis en évidence l'inhibition des bactéries pathogènes par le lait camelin qui est caractérisé par son activité antimicrobienne, qui est due à la présence des protéines protectrices (Lysozyme, lactopéroxydase, lactoferrine et autres).

Conclusion

Ce présent travail nous a permis de contribuer à une meilleure connaissance du lait de dromadaire qui présente un pouvoir auto-épurateur remarquable ce qui nous offre un substrat sain ; cette caractéristique nous permet d'évaluer l'influence de l'utilisation d'un nouvel agent coagulant sur la qualité microbiologique du produit de fromagerie résultant.

La coagulation par l'extrait enzymatique de la couche de Kaolin nous a permis d'obtenir un fromage dont le rendement fromager et les caractéristiques organoleptiques sont appréciables.

L'étude microbiologique du lait confirme sa bonne qualité microbiologique qui peut être destiné à la consommation ou à la transformation. Alors que pour le fromage la qualité microbiologique du produit obtenu est satisfaisante à cause de la qualité des produits mis en œuvre et la technique de coagulation employée en utilisant l'extrait enzymatique de la couche de Kaolin immobilisé.

Références

1. G. Kontopidis, C. Holt, and L. Sawyer, "The ligand-binding site of bovine β -lactoglobulin: evidence for a function?" *Journal of Molecular Biology*. 2002; 318(4):1043–1055.
2. Herbasin. Chicken's Gizzard-membrane -Herbasin Chinese herb database. International company Chinese-German, 2001-2006. 2006. China.
3. Valles E. et Furet J P. Etude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine ; méthodes d'extraction. *Revue: Lait*. 1977 ; 61 : 601-617.
4. Betigeri S. et Neau S H. Immobilization of lipase using hydrophilic polymers in the form of hydrogel beads. *Biomaterials*. 2002 ; 23 : 3627-3636.
5. Won K. Optimization of lipase entrapment in Ca-alginate gel beads. *Process Biochem*. 2005 ; 40 : 2149-2154.
6. Yagil R. Camels and Camel Milk. *Animal production and health paper*. FAO. Animal production and Health paper. Paper No. 26. FAO, Rome. 1982. p. 1-13.
7. Ramet J P. Production de fromages à partir de lait de chamelle en Tunisie. *Rapport mission FAO*, 1–33, collection FAO, Rome. I. 1987.
8. Guiraud J. et Galzy P. *L'analyse microbiologique dans les industries alimentaires*, éditions de l'usine nouvelle, Paris. 1980. p.240.
9. Guiraud J. *Microbiologie Alimentaire*, collection série agroalimentaire. Ed : DUNOD, Paris.1998. p.652.
10. Joffin C. et Joffin J N. *Microbiologie Alimentaire*. Ed CRDP (5eme édition), Aquitaine collection biologie technique.1999. p. 214.
11. Barbour E.K., Nabout N.H., Friedrichs W.M., Al-naklih M. Inhibition of patholoqenic bacteria by camel's milk; relation to whey lysozyme and stage of lactation. *Journal of Food protection*. 1984 ; 47 : 838-840.
12. Florand L. La flore totale du lait. *Commission mammite et qualité du lait de la SNGTV, Bull, GTV*. 1988. p.59-64.

ISSN 1737-8907

Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products (TJMPNP)

Editor in Chief

Dr. Zine MIGHRI
Professor Emeritus



Volume 11 (2014)

ISSN 1737-8907

Tunisian Journal of Medicinal Plants and Natural Products (TJMPNP)

Editor in Chief

**Dr. Zine MIGHRI
Professor Emeritus**

Volume 11 (2014)

TJMPNP is indexed by:

- ***The Chemical Abstracts database (CAS®).***
- ***Scientific Journal Impact Factor (SJIF).***

Editor in Chief:

Pr. Zine MIGHRI Faculty of Sciences - Monastir, (TUNISIA)
Avenue de l'Environnement, 5019
Monastir

Editor Assistants:

Dr. Mohamed Ali MAHJOUB Institute of Biotechnology -Monastir, (TUNISIA)
5000 Monastir

Dr. Saoussen HAMMAMI Faculty of Sciences - Monastir, (TUNISIA)
Avenue de l'Environnement, 5019
Monastir

Dr. Samia AMMAR Faculty of Sciences - Monastir, (TUNISIA)
Avenue de l'Environnement, 5019
Monastir

Scientific Committee (Alphabetic order)

Pr. Abderrahman BOURAOUI (TUNISIA)
Pr. Adel NEFZI (USA)
Pr. Aghleb BARTEGI (TUNISIA)
Pr. Ahmed Nouredine HELAL (TUNISIA)
Pr. Ahmet Yemenicioglu (TURKEY)
Pr. Amina BAKHROUF (TUNISIA)
Pr. Arvinder BHALLA (INDIA)
Pr. Dalila SAIDANE (TUNISIA)
Pr. Farouk MHENNI (TUNISIA)
Pr. Fethia H.SKHIRI (TUNISIA)
Pr. Habib GAMRA (TUNISIA)
Pr. Habib NASRI (TUNISIA)
Pr. Hassen BEN CHEIKH (TUNISIA)
Pr. Kamel GHEDIRA (TUNISIA)
Pr. Leila CHEKIR-GHEDIRA (TUNISIA)
Pr. Mahjoub EL OUNI (TUNISIA)
Pr. Marc DIEDERICH (LUXEMBOURG)
Pr. Mohamed DAMMAK (TUNISIA)
Pr. Naceur BOUGHATTAS (TUNISIA)
Pr. Pedro ABREU (PORTUGAL)
Pr. Rached AZAIEZ (TUNISIA)
Pr. Ramakant HARLALKA (INDIA)
Pr. Samir JEGHAM (FRANCE)
Pr. Sonia ELGHOUL (TUNISIA)
Pr. Souad SFAR (TUNISIA)
Pr. Sun CHUL KANG (REPUBLIC OF KOREA)
Pr. Talal ABURJAI (JORDAN)
Pr. Varshney V.K. (INDIA)
Pr. Zahida PARVEEN (USA)

Étude de propriétés antibactériennes du lactosérum camelin en vue de sa valorisation dans le domaine pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique anti-infectieuse

Hamidi Mohamed*, Choukri Ali, Lahrech Atika

Laboratoire de chimie organique et de substances naturelles, Université Ziane Achour, Djelfa, BP 3117, Ain chih Djelfa, 17000. ALGERIE.

Received 12 April 2013; received in revised form 15 January 2014; Accepted 20 January 2014

Abstract

Camel milk has an excellent therapeutic and functional advantage for human health. To take advantage of it we must find techniques to conserve and transform it. Researchers seeking new classes of components for cosmetic preparations, camel whey offer remarkable functional properties of whey protein it can be considered as a component that has excellent properties for cosmetology. Our study focuses on the valorization of camel whey for cosmetic and medicinal use, we studied its antibacterial activity with the antibiogram method. The antibacterial activity of camel whey is a major topic of research. This work was the first to demonstrate the role of cheese industry by-product in protecting against bacterial infections dermis. This work was performed by the method of agar diffusion on three strains belonging to the same genus, namely: *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* and *Staphylococcus saprophyticus* which are particularly commensals of the skin. Staph can cause an infection when there is a local excoriation, wound or diseased tissue for their local proliferation, and eventually their spin in the body. Similar results were found for all three strains, the camel whey has a limited antibacterial activity. The income from DST indicates that the whey has a camel antibacterial effect on the bacterial strains tested. We improve the camel whey characteristics through the use of it as a nutritional support for the skin. The physico-chemical analyzes and stability performed on cream, are satisfactory and provide many benefits including a good absorbance by the skin and well stability in time. This allows us to conclude that the galenic formulation prepared is hypothetically used in the treatment of dermal bacterial infections.

Keywords: Antibacterial cream, whey, valorization, Camel Milk.

Résumé

Le lait de dromadaire présente d'excellentes propriétés thérapeutiques et fonctionnelles à l'avantage des populations humaines. Pour tirer profit de ces vertus il fallait trouver des techniques pour le conserver et le transformer. Au moment où les formulateurs cherchent de nouvelles classes de constituants pour les préparations cosmétiques et pharmaceutiques, le lactosérum camelin leur offre grâce aux remarquables propriétés fonctionnelles des protéines sériques la possibilité d'avoir des composants nobles qui manifestent d'excellentes propriétés pour la cosmétologie et à moindre coût. Notre étude est portée sur le lactosérum camelin et l'évaluation de son pouvoir antibactérien par la réalisation des antibiogrammes afin de valoriser ce sous-produit de l'industrie fromagère et réduire son impact négatif sur l'environnement et son exploitation dans l'industrie pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique. L'activité antibactérienne du lactosérum camelin est un sujet majeur de recherche. Ce travail a pu prouver pour la première fois le rôle de ce sous-produit de l'industrie fromagère dans la protection contre des infections bactériennes dermiques. Cette étude a été effectuée par la méthode de diffusion en milieu gélosé "la méthode des disques" sur trois

souches appartiennent au même genre, à savoir : *Staphylococcus epidermidis* ; *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus* qui sont particulièrement des commensaux de la peau. Les staphylocoques peuvent entraîner une infection lorsqu'il existe localement une excoriation, plaie ou maladie tissulaire permettant leur prolifération locale, puis éventuellement leur essaimage dans l'organisme. Le résultat obtenu était similaire pour les trois souches ; car le lactosérum camelin présente une activité antibactérienne limitée. Le résultat tiré des antibiogrammes montre que le lactosérum camelin présente un effet antibactérien vis-à-vis des souches bactériennes testées. En ce qui concerne la crème dermique préparée, nous avons effectué des modifications pour améliorer ses caractéristiques par l'utilisation du lactosérum camelin comme excipient et un support nutritif pour la peau. Les analyses physico-chimiques et de stabilité effectuées sur la crème sont satisfaisantes et apportent beaucoup d'avantages notamment une bonne absorbance par la peau ainsi qu'une bonne stabilité au cours du temps ; ce qui nous permet de conclure que la formulation galénique préparée peut être éventuellement utilisée dans le traitement des affections bactériennes dermiques.

Mots clés : crème antibactériennes, lactosérum, valorisation, lait de dromadaire.

1. Introduction

Dans les régions désertiques, la production laitière de la chamelle est maintenue en quantité et en qualité acceptables au moment où les autres ruminants cessent toute production et ne parviennent pas à survivre. Selon KONUSPAYEVA *et al* (2004) [1], le lait de chamelle est réputé pour ses propriétés médicinales il présente d'excellentes propriétés thérapeutiques et fonctionnelles à l'avantage des populations humaines. Pour tirer profit de ces vertus il fallait trouver des techniques pour le conserver et le transformer. Toutefois, si le lait de dromadaire se garde plus longtemps que celui de lait de vache, il a tout de même une durée de conservation limitée. La transformation en fromage est une technique de préservation très utilisée. Mais malheureusement le fromage ne peut renfermer la totalité des éléments et composants apportés par le lait ; une partie de ces éléments sera transférée au deuxième produit dérivé de la fabrication du fromage ou de la caséine appelé lactosérum.

Au moment où les formulateurs cherchent des nouvelles classes de constituants pour les préparations cosmétiques, le lactosérum camelin leur offre grâce aux remarquables propriétés fonctionnelles des protéines sériques la possibilité d'avoir des composants nobles qui manifestent d'excellentes propriétés pour la cosmétologie et à moindre coût.

Notre étude est portée sur le lactosérum camelin et l'évaluation de son pouvoir antibactérien par la technique des antibiogrammes afin de valoriser ce sous-produit de l'industrie fromagère et réduire son impact négatif sur l'environnement et son exploitation dans l'industrie cosmétique par la préparation d'une crème dermique.

2. Matériel et méthodes

2.1. Matériel

2.1.1. Echantillons du lait

Les échantillons du lait utilisés sont des laits de petit mélange des chameaux en bonne santé de la race de la steppe élevés en extensif, localisés dans la région de Djelfa du sud d'Algérie. Le lait est recueilli proprement en nettoyant les mamelles avec un désinfectant ensuite on les sèche par des compresses stériles puis les échantillons du lait sont conservés à 4°C et transportés aussitôt au laboratoire où ils sont analysés. A l'arrivée, une mesure de pH est réalisée, ensuite un double écrémage de 2500 tours/min pendant 15 min est appliqué sur les échantillons pour obtenir un lait écrémé.

2.1.2. Echantillons d'enzyme coagulante

Pour la coagulation du lait de dromadaire nous avons utilisé un extrait enzymatique de la couche de Kaolin qui est la couche cornée et plissée tapissant la face interne du gésier des poules immobilisé dans l'Alginate de sodium. D'après SUBHUTI (2005) [2], cette couche a été en service pendant environ 2000 ans dans la médecine traditionnelle chinoise, elle a été mentionnée comme un médicament contre la diarrhée, Plus tard elle a été également appliquée à l'atténuation des nausées, des vomissements et des troubles de la digestion. Des couches de kaolin ont été prélevées au niveau de l'abattoir communal de Djelfa puis transportées, lavées, séchées et broyées en poudre au laboratoire.

2.2. Méthodes

2.2.1. Extraction et immobilisation des enzymes coagulantes

L'extraction des enzymes est réalisée selon la méthode de VALLES et FURET (1977) [3] qui permet l'extraction de la pepsine.

Des échantillons de Couche de Kaolin en poudre du poids P (en g) chacun, sont macérés à 42°C dans un volume ($V = 5 \times P$) d'une solution d'acide chlorhydrique 0,2 M pendant 60 minutes. Après filtration de chaque mélange on obtient des extraits enzymatiques bruts. Ces derniers subissent alors une clarification par addition d'1% (V/V) d'une solution de sulfate d'aluminium ($AlSO_4$) 1M et de 5% (V/V) d'une solution de sulfate de sodium (Na_2SO_4) 1M chauffée à 42°C. Après une deuxième filtration, nous obtenons un filtrat auquel nous faisons subir une concentration par addition d'une solution saturée de NaCl additionnée à 1% (V/V) d'une solution de HCl ($d=1.19$). Après un repos d'une heure suivie d'une centrifugation (2100xg /20 min) nous obtenons un précipité humide que l'on fait dissoudre dans un minimum d'eau distillée. Le pH de ces extraits enzymatiques gastriques clarifiés est ajusté à cinq et demi par une solution de phosphate dissodique 1M. Ensuite leur conservation est réalisée à 4°C jusqu'à utilisation.

Pour immobilisation nous avons employé l'alginate qui est l'un des polymères le plus fréquemment utilisé pour l'immobilisation par inclusion non seulement grâce à ses propriétés mais aussi grâce à sa non-toxicité [4, 5].

L'utilisation de l'alginate de sodium permet de préserver l'agent coagulant en évitant la dénaturation des protéines après inclusion car ce polymère se gélifie à des basses températures en présence d'une solution de chlorure de calcium.

Dans le but d'immobiliser l'enzyme coagulante, une quantité de 3g d'alginate de sodium est dissoute dans 100 ml d'eau distillée, puis agitée pendant 24 heures afin d'homogénéiser le gel. Ensuite un volume de 6 ml d'enzyme est mélangé avec 100ml de solution d'alginate de sodium préparée sous agitation pendant 4 heures pour assurer l'inclusion de l'enzyme dans le gel. Après une préparation d'un bain de chlorure de calcium 0.2M/l, les perles sont constituées en s'égouttant la solution de polymère avec une seringue dans un excès de la solution préparée. La mise en contact des perles avec la solution $CaCl_2$ provoque une gélification de l'alginate formant ainsi des billes qui contiennent l'enzyme coagulante. Enfin les billes sont trempées dans la solution de calcium pendant une demi-heure.

2.2.2. Coagulation du lait de dromadaire

La coagulation du lait de dromadaire est confrontée à des difficultés ayant pour origine une teneur réduite en caséine κ et une aptitude limitée à l'acidification due aux différents systèmes antimicrobiens susceptibles de limiter la prolifération microbienne plus fortement

que les laits d'autres espèces domestiques: ces systèmes sont probablement à l'origine des propriétés réputées fortifiantes et thérapeutiques du lait de dromadaire [6,7].

Le lait écrémé est additionné à l'extrait coagulant immobilisé puis placé sur un agitateur magnétique chauffant à 42°C jusqu'à coagulation et ensuite on laisse la préparation reposer. Après séparation du lactosérum par filtration simple le produit obtenu (lactosérum) est conservé à basse température (5 à 8°C) jusqu'à utilisation.

Dans le but d'éviter toutes sortes de contamination nous avons procédé à une stérilisation du milieu de travail et du matériel.

2.2.3. Etude de l'activité antibactérienne du lactosérum camelin

Après séparation du Lactosérum nous avons procédé à déterminer quelques paramètres physicochimiques et organoleptiques à savoir la concentration le pH et la couleur.

L'activité antibactérienne du sérum camelin a été évaluée sur des germes appartenant au genre *Staphylococcus*, qui sont selon PEBERT (2003) [8], des cocci gram positif non encapsulés. D'après BASSOLE *et al* (2001) [9], ce genre est le plus courant et numériquement majoritaire et couramment responsable de diverses pathologies. Néanmoins, nous avons sélectionné les germes qui sont particulièrement des commensaux de la peau. Il s'agit de trois souches de référence : *Staphylococcus epidermidis*, *Staphylococcus aureus* et *Staphylococcus saprophyticus*.

Afin de tester l'activité antibactérienne du lactosérum camelin vis-à-vis des germes cités précédemment nous avons procédé à la méthode d'antibiogramme standard, appelée aussi la méthode de diffusion en milieu gélosé (méthode des disques). Toutes les manipulations ont été réalisées à l'aide de matériels préalablement stérilisés par voie chimique ou physique, afin de limiter tout risque de contamination microbienne susceptible.

Dans notre travail, la détermination de pouvoir antibactérien du lactosérum consiste à suivre plusieurs démarches ; nous avons commencé par la préparation de l'inoculum ; d'après EUZEBY (2001) [10], un antibiogramme doit obligatoirement être effectué sur une culture pure et identifiée ; pour cela il est nécessaire de préparer un inoculum, dont ce dernier réclame la réalisation de deux principales étapes : la première consiste à ensemercer chaque germe bactérien en stries sur une gélose nutritive de Chapman qui est sélectif pour l'isolement des staphylocoques, puis incubé à 37°C pendant 24 heures pour obtenir des jeunes colonies bien isolées ; la seconde étape consiste à introduire les colonies grâce à une pipette pasteur dans un tube à vis stérile contenant l'eau physiologique, pour obtenir une suspension bactérienne qui présente une densité optique de 0.08 à 0.1 à une longueur d'onde de 625 nm [11]. Reste à signaler que l'inoculum ne doit pas être utilisé au-delà de 15 min à partir de sa préparation, car il y a un risque d'augmentation de l'opacité de suspension à cause de la croissance bactérienne.

Après préparation de l'inoculum nous nous sommes passés à l'ensemencement par écouvillonnage, cette opération consiste à couler dans les boîtes de pétri la gélose liquéfiée spécialement étudiée (Mueller-Hinton) à raison de 25 ml soit 4 mm d'épaisseur. Après solidification du milieu la suspension bactérienne « inoculum » est ensemencée à l'aide d'un écouvillon trempé dans cette suspension et essoré sur le bord du tube avant l'étalement sur la gélose. Ce type d'ensemencement par écouvillonnage consiste à effectuer des stries très serrées par trois passages à orientation décalée d'un angle de 60° pour la boîte et l'écouvillon de manière à avoir une nappe [12]. Ensuite Des disques du papier whatman, imprégnés du lactosérum camelin sont déposés à équidistance sur le milieu à l'aide d'une pince stérilisée en appuyant légèrement, pour faciliter l'adhérence [10].

Après 24 heures d'incubation à 37°C, les disques s'entourent de zones d'inhibition circulaires (halo clair), correspondant à une absence de culture bactérienne [13]. Après le

délai de l'incubation, le diamètre de la zone d'inhibition est mesuré autour de chaque disque; Duquel la sensibilité d'un germe est nulle (N) pour un diamètre égal ou inférieur à 8 mm. Elle est limitée (L) quand le diamètre est compris entre 8 et 14 mm et moyenne (M) lorsque le diamètre est entre 14 et 20 mm. Pour un diamètre supérieur ou égal à 20 mm, le germe est très sensible (S) [11].

En dernier pour vérifier si l'effet obtenu est de type bactéricide ou bactériostatique, le même auteur suggère qu'un prélèvement de la zone d'inhibition est effectué puis transféré dans un tube à vis contenant un bouillon nutritif (dans notre cas c'est le bouillon glucose tamponné), qui sera incubé à 37°C pendant 24 heures. On l'examine alors à l'œil nu : si le milieu est trouble, cela indique qu'il s'agit d'un effet bactériostatique, et s'il est clair, il s'agit d'un effet bactéricide.

2.2.4. Préparation dermique modifiée

Pour valoriser le lactosérum camelin et voir l'intérêt que peut apporter cette solution en cosmétologie nous avons essayé de préparer la crème de DALIBOUR avec quelques modifications dans le but de l'améliorer en matières nutritives vis-à-vis de la peau donc nous avons utilisé le lactosérum comme un excipient et une source d'émulsifiant représentée par les protéines sériques.

Plusieurs tests sont portés sur la crème préparée ; le premier consiste à étaler la crème sur papier filtre. Si la crème adhère, le test est positif et donc elle s'étalera bien sur la peau [14]. Afin d'évaluer la stabilité de l'émulsion formée nous avons procédé à l'étude de la stabilité qui repose sur l'évaluation des modifications pouvant se produire lors du vieillissement du produit dans le temps, de ce fait on peut dire qu'un produit cosmétique est stable si son état physico-chimique ne se modifie pas dans le temps sous les conditions normales de stockage [15]; cette évaluation est suivie par une appréciation de l'aspect macroscopique de la crème préparée ; ce contrôle consiste à examiner la couleur de l'émulsion, son homogénéité et sa consistance , Il est effectué immédiatement après la fabrication, ensuite après une durée de conservation.

De même la détermination de l'aspect microscopique de la crème vient compléter l'étude macroscopique en fournissant une interprétation du processus de vieillissement de l'émulsion ; cette technique permet l'étude de la distribution des gouttelettes au sein de l'émulsion [15]. Grâce à une pipette pasteur, on prélève une goutte de la crème préparée que l'on dépose sur une lame de verre, on ajoute une goutte de bleu de méthylène, ensuite on étale à l'aide d'une lamelle. La préparation est ainsi prête à l'observation microscopique.

3. Résultats et discussion

3.1. Propriétés du lactosérum

L'utilisation de l'extrait de la couche de Kaolin immobilisé pour coaguler le lait a permis d'obtenir après égouttage et une synérèse complète et spontanée un lactosérum blanc transparent. L'emploi de l'extrait coagulant immobilisé pour coaguler le lait de dromadaire nous offre un sous produit de couleur blanche donc cette nouvelle technique ne modifie pas les caractéristiques organoleptiques du lactosérum. Selon SIBOUKEUR (2007) [16], cette coloration du lactosérum camelin est probablement due à sa charge plus élevée en constituants biochimiques non retenus dans le caillé.

Nous avons également noté que la concentration du sérum était égale à $70 \pm 0,1 \text{ g/l}$, il est vraisemblable que cette concentration soit consécutive à la charge importante du lactosérum en particules (agrégats protéiques et globules gras); celles-ci provoquent des phénomènes complexes de diffraction et réflexion de la lumière qui sont à l'origine de la couleur

blanche.

Pour le pH nous avons obtenu une valeur égale à $6,6 \pm 0,04$, cette valeur est légèrement inférieure à celle du lait de dromadaire mis en œuvre qui était de l'ordre de $6,7 \pm 0,05$.

3.2. Pouvoir antibactérien du lactosérum camelin

Les résultats des antibiogrammes indiquent que le lactosérum camelin présente un effet antibactérien vis-à-vis des souches bactériennes testées. Cette activité antibactérienne se traduit par la présence des halos « zone d'inhibition de la croissance bactérienne » autour des disques.

D'après les résultats portés sur le tableau 1, les diamètres moyens des halos sont compris entre 8 et 14 mm, il est donc possible de constater que les souches testées ont une sensibilité limitée vis-à-vis du lactosérum camelin.

Tableau 1. Résultats de l'activité antibactérienne de lactosérum camelin sur les souches bactériennes testées

Souches bactériennes testées	Diamètre moyen des halos autour des disques en millimètre
<i>Staphylococcus epidermidis</i> .	9.33
<i>Staphylococcus aureus</i>	8.33
<i>Staphylococcus saprophyticus</i>	8.66

Pour la nature de l'activité antibactérienne ; à la fin d'incubation et après une observation de la turbidité des bouillons nutritifs, nous avons constaté que le lactosérum camelin a prouvé une activité bactériostatique sur l'ensemble des bactéries testées à cause des changements des caractéristiques des bouillons nutritifs clairs vers d'autres troubles (inhibition réversible de la croissance).

Les résultats obtenus peuvent être reliés à la composition de lactosérum dont on fait l'hypothèse que certains des composants jouent un rôle antibactérien. Parmi les facteurs antimicrobiens du lait de chamelle, on retiendra essentiellement : la lactoferrine, le lysozyme, la Lactoperoxydase et les immunoglobulines.

Selon le travail de JOUAN (2002) [17], la lactoferrine exerce des propriétés bactériostatiques liées à sa capacité de retirer le fer nécessaire au développement des bactéries. Concernant le lysozyme, BLANC (1982) [18] avait montré qu'in vitro plusieurs bactéries gram positif sont sensibles au lysozyme du lait, de fait qu'il a le pouvoir de catalyser l'hydrolyse de la paroi cellulaire des bactéries. De même KONUSPAYEVA (2007) [19], a montré que les *Staphylococcus epidermidis*, sont sensibles au lysozyme ; le même auteur a avancé que la lactoperoxydase du lait de chamelle présente des propriétés bactériostatiques contre les bactéries Gram-positif et des propriétés bactéricides contre les souches Gram-négatif. En dernier pour les immunoglobulines, EL AGAMY *et al* (1992) [20], ont montré que les immunoglobulines du lait de chamelle ont un faible effet antibactérien et sont surtout des anti-rotavirus.

On se basant sur les résultats de l'activité antibactérienne obtenus, on peut dire que toutes préparations cosmétiques faites à base de lactosérum camelin peuvent présenter une activité antibactérienne.

3.3. Etude de la préparation dermique

D'après l'état de dispersion du colorant bleu de méthylène hydrosoluble dans la phase extérieur de l'émulsion formée, on peut constater que la crème formée est une émulsion aqueuse ; donc on peut conclure que la préparation galénique est une crème de jour

(émulsion aqueuse) à usage thérapeutique antibactérien à cause de la présence d'agents antibactériens contenant dans le lactosérum camelin.

La formule utilisée pour préparer la crème (Tableau 2) a présenté un très bon aspect macroscopique représenté par une crème de couleur verte. D'après LEPERCHEC (2003) [21], Les émulsions colorées sont parmi les compositions les plus recherchées du domaine cosmétique.

Tableau 2. Constituants de la crème de DALIBOUR modifiée.

Constituants de la crème dermique	Composition
Sulfate de zinc	0.10g
Sulfate de cuivre	0.25g
Talc	20g
Vaseline	20g
Lactosérum camelin	21ml

La crème de DALIBOUR modifiée présente également un aspect microscopique qui se traduit par la dispersion des gouttelettes arrondies de différentes tailles dans une phase continue, témoin de la stabilité de l'émulsion préparée comme le montre la Figure 1.

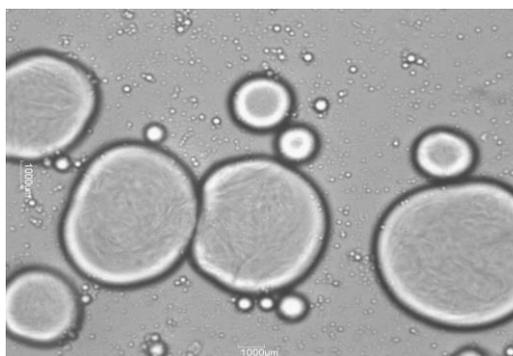


Figure 1. Aspect microscopique de la crème de DALIBOUR modifiée.

Pour l'étalement de la crème, le test était positif, donc on peut affirmer que la crème préparée s'adhère bien à la peau.

A la fin du travail, nous avons conservé la crème préparée pendant un mois sous une température de 7°C. L'analyse de l'aspect macroscopique de la crème nous a permis de constater qu'elle a conservé sa consistance.

Conclusion

En guise de synthèse, nous pouvons conclure de notre étude réalisée sur le lactosérum camelin et l'évaluation de son pouvoir antibactérien par la réalisation des antibiogrammes qu'il est possible de le valoriser dans l'industrie pharmaceutique par la préparation d'une crème dermique (crème de DALIBOUR modifiée) et par conséquent réduire son impact négatif sur l'environnement. Ce travail a été effectué par la méthode des disques sur trois souches appartiennent au même genre *Staphylococcus*. Les résultats obtenus sont similaires pour les trois souches ; car le lactosérum camelin présente une activité antibactérienne limitée, ces résultats peuvent être liées à la composition de lactosérum dont on fait l'hypothèse que certains des composants jouent un rôle antibactérien, ce qui prouve le rôle de ce sous-produit de l'industrie fromagère dans la protection contre des infections bactériennes dermiques. En ce qui concerne la crème dermique préparée, nous avons effectué des modifications pour améliorer les caractéristiques de la crème à savoir : aspect

et stabilité et les résultats obtenus étaient satisfaisants et apportent beaucoup d'avantages notamment une bonne absorbance par la peau ainsi qu'une bonne stabilité au cours du temps ; en plus les résultats de l'activité antibactérienne de la crème dermique obtenus nous permet de conclure que la formulation galénique préparée est hypothétiquement utilisée dans le traitement des affections bactériennes dermiques, grâce à sa richesse en agents antibactériens renfermant dans le lactosérum camelin, testés avec succès dans l'inhibition de la croissance bactérienne de certaines souches appartiennent au genre *Staphylococcus*.

Références bibliographiques

1. KONUSPAYEVA G. ; LOISEAU G. ; FAYE B. La plus value 'santé' du lait de chamelle cru et fermenté ; l'expérience du Kazakhstan. *Rencontre de recherche des Ruminant*. 2004 ; 11: 47-50.
2. SUBHUTI D. Jineijin and Digestive Enzymes, How to best promote digestion. *Institute for Traditional Medicine*, Portland, Oregon. 2005.
3. VALLES E et FURET J P. Etude des caillettes des bovins à l'état ruminant pour l'obtention d'extraits coagulants à base de pepsine bovine ; méthodes d'extraction. *Lait*. 1977; 57: 601-618.
4. BETIGERI S. et NEAU S. H. Immobilization of lipase using hydrophilic polymers in the form of hydrogel beads. *Biomaterials*. 2002; 23: 3627-3636.
5. Won K. ; Kim S. ; Kim K.J. ; Hong W P & Moon S J . Optimization of lipase entrapment in Ca-alginate gel beads. *Process Biochemistry* . 2005 ; 40 : 2149-2154.
6. YAGIL R . Camels and camel milk. FAO Animal Production and Health Paper 26. ROMA-I. 1982.
7. RAMET J.P. Production de fromages à partir de lait de chamelle en Tunisie. *Rapport mission FAO 1-33*, Rome. 1987.
8. PEBERT F. *Les maladies infectieuses : toutes les pathologies des programmes officiels des études médicales ou paramédicales*. Edition Heure de France. 2003. p.592.
9. BASSOLE H. N. ; KABORE Z. I. ; TRAORE A. S. Etude des profils bactériostatiques et bactéricides d'extraits végétaux vis-à-vis de germes pathogènes impliqués dans la contamination des denrées alimentaires d'origine animale. *Pharm Méd Trad Af*. 2001; 11: 113-122.
11. DURAFFOURD C. *Examens de laboratoire, galénique, éléments thérapeutiques synergique*. Paris. Edition : Masson. 1997. p.89.
12. LANOTTE P ; MEREGHETTI L ; QUENTIN R. Démarche de l'examen bactériologique. *Bactériologie médicale*. édition MASSON. 2007. p. 5 -32.
10. EUZEBY JP. Abrégé de bactériologie générale et médicale : l'antibiogramme ENVN. *Société de Bactériologie Systématique et Vétérinaire*, Toulouse. 2001.
13. SOUSSY JC. Comité de l'antibiogramme de la société française de microbiologie. *société française de microbiologie*, 2009. p. 49.
14. CHENAY A. Cosmétique : des matières premières en pleine mutation. *BIOFUTUR* , France. 1993 ; 123 : 20-27.
15. MASMOUDI H. ; DOUIFI L. ; LE DREAU Y. ; PICCERELLE P. ; KISTER J. Apport de l'IRTF et de la rhéologie à l'étude de la stabilité d'émulsions cosmétique H/E. In : *formulation cosmétique : matières premières, concepts et procédés innovants*. Editions EDP Sciences. 2006. p. 49 - 59.
16. SIBOUKEUR O. *Etude du lait camelin collecté localement : caractéristiques physico-chimiques et microbiologiques ; aptitudes à la coagulation*. Thèse Doctorat en Sciences Agronomique, EL-HARRACH-ALGER.2007. p 135.
17. JOUAN P. *Lactoprotéines et lactopeptides: propriétés biologiques*. Amazon Media EU S.à r.l : édition Quae. 2002. p. 128.
18. BLANC B. Les protéines du lait à activité enzymatique et hormonale. *Lait*. 1982 ; 62: 350-395.
19. KONUSPAYEVA G. *Variabilité physico-chimique et biochimique du lait des grands camélidés (Camelus bactrianus, Camelus dromedarius et hybrides. au Kazakhstan*. Thèse Doctorat en Sciences des Aliments, Université Montpellier II. 2007. p. 255.
20. EL AGAMY E.I.; RUPPANNER R.; ISMAIL A.; CHAMPAGNE C.P. ; ASSAF R. Antibacterial and antiviral activity of camel milk protective proteins. *Dairy Research*.1992 ; 59 : 169-175.
21. LEPERCHEC P. Les molécules de la beauté, de l'hygiène et de la protection. *Dossier saga science-chimie et beauté du CNRS*, Nathan. 2003.