

République Algérienne Démocratique Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun de Tiaret
Faculté des Sciences de la nature et de la vie
Département de Nutrition et Technologie Agroalimentaire



Mémoire de fin d'études
En vue de l'obtention du diplôme de Master académique
Domaine : Sciences de la nature et de la vie
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Benaouali Fairouz Bahidja
Berber Rabia
Beghdad Zahia

THEME

CARACTERISATION ET ETUDE DES PROPRIETES MOUSSANTES DES LACTOSERUMS BRUTS ET TRAITES PAR ULTRASON

Soutenu publiquement le

Membres de jury_:

Grade :

Présidente : Mme LAAREDJ Zazou K

MCB

Promoteur : Mr. ACEM Kamel

Pr

Examineur : Mr. FETOUHI

MCA

Année universitaire : 2022/2023

Remerciement

Avant de commencer la présentation de ce rapport, nous profitons l'occasion pour remercier du fond du cœur toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nous tenons à remercier notre encadreur **Mr ACEM Kamel** chargé de cours à la faculté des sciences de la nature et de la vie pour son aide, ses conseils et sa présence continuelle durant la réalisation de ce travail. Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements aux membres de jury, le président **Mr. FETOUHI** et l'examinatrice **Mme. LAAREDJ Zazou K** pour avoir accepté d'examiner notre travail et d'assister à notre soutenance.

En fin nos remerciements s'adressent à l'ensemble de nos enseignants qui ont contribué largement à notre formation et à tout le personnel administratif et technique pour leur disponibilité.

Dédicace



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

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite, et tout mon respect : mon cher père **Rabeh** (Rabi yerhmou).

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigence et qui n'a épargné aucun effort pour rendre heureuse : mon adorable mère **Mimouna**.

A mes chères sœurs et mon frère et leurs enfants qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grand-mère puisse-t-elle reposer en paix, mes oncles et mes tantes. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A mes cousines **Imene** et sa fille (**Djouri**) et **Sihem** et les amis qui je connu jusqu'à maintenant, merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon trinôme **Rabia** et **Zahia** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Fairouz Bahidja

Dédicace

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

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite, et tout mon respect : mon cher père **Houari**.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigence et qui n'a épargné aucun effort pour rendre heureuse : mon adorable mère **Rabha**.

A mes chères sœurs et mes chers frères et ma nièce **Illine** qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grand-mère, mes oncles et mes tantes. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie, et sans oublie mon oncle paternel **Ahmed** (Rabi yerhmou).

A tout les cousins, les amis qui je connu jusqu'à maintenant, merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon trinôme **Fairouz** et **Zahia** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Rabia

Dédicace

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

A l'homme, mon précieux offre du dieu, qui doit ma vie, ma réussite, et tout mon respect : mon cher père **Benaissa**.

A la femme qui a souffert sans me laisser souffrir, qui n'a jamais dit non âmes exigence et qui n'a épargné aucun effort pour rendre heureuse : mon adorable mère **Abadiya**.

A mes chers frères et mon mari **Addy** qui n'ont pas cessées de me conseiller, encourager et soutenir tout au long de mes études. Que dieu les protèges et leurs offre la chance et le bonheur.

A ma grand-mère, mes tantes maternelles. Que dieu leur donne une longue et joyeuse vie.

A tout les cousins, les amis qui je connu jusqu'à maintenant, merci pour leurs amours et leurs encouragements.

Sans oublier mon trinôme **Fairouz** et **Rabia** pour son soutien moral, sa patience et sa compréhension tout au long de ce projet.

Zahia

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	

Table de matière

Partie bibliographique

Chapitre I. Lactosérum

I.1. Définition	04
I.2. Types de lactosérum	04
I.2.1. Lactosérum doux	04
I.2.2. Lactosérum acide	05
I.3. Composition chimique du lactosérum	06
I.3.1. Lactose	07
I.3.2.1. Protéines majeures	08
I.3.2.2. Protéines mineures.....	08
I.4 Minéraux	10
I.5. Vitamines	11
I.6 . Matière Grasse	11
I.7. Enzymes.....	12
I.8. Rejet du lactosérum	12
I.9. Valorisation du lactosérum	13

Chapitre II. Les propriétés moussantes

II-1-Définition	15
II-2- Constituants d'une mousse	15
II-3-Propriétés des mousses	15
II-3-1-Dimension des bulles.....	15
II-3-2-Densité de la mousse	15
II-3-3-Volume	15
II-4-Création des mousses.....	15
II-5-Stabilité et instabilité des mousses	16
II-5-1-Stabilité des mousses.....	16
II-5-2-Instabilité des mousses	16

Chapitre III. Les ultrasons

III. Onde ultrason	18
III.1. définition.....	18
III.2. Historique.....	18
III.3. Classification.....	19
III.3.1. Ultrasons de puissance.....	19
III.3.2. Ultrasons de diagnostic.....	19
III.4.Cavitation.....	20
III.4.1.Définition.....	20
III.4.2.Origine.....	20
III.4.3. Phénomènes de la cavitation.	20
III.5. Appareillage	21
III.6. Domaine d'applications	21
III.6.1. En physique	21
III.6.2. En laboratoire (biologie, chimie ...etc).....	21
III.6.3.En médecine	21
III.6.4. En industries alimentaires	21

Partie expérimentale

Chapitre IV. Matériel et méthodes:

1.Lieu de travail.....	25
2.Objectifs.....	25
3.Matériel et produits utilisés.....	25
3.1.1Lactosérums.....	25
3.1.2Présure	25
3.2. Appareillage	25
3.3. Verrerie.....	26
3.4. Autres.....	26
3.5. Produits utilisées.....	26
4. Protocole expérimentale.....	27
5. Préparation du lactosérum	28
5.1. Lactosérum acide	28
5.2. Lactosérum doux	28
5.3. Préparation de présure	28

5.4. Ultrasonication des lactosérums bruts.....	26
6. Méthode des analyses physico-chimiques	26
6.1. Densité	26
6.2. Viscosité	27
6.3. Degré de Brix	27
6.4. Indice de réfraction	27
6.5. Cendres	28
6.6. pH	29
6.7. Acidité titrable des lactosérums	29
6.8. Conductivité électrique	30
6.9. Détermination de la teneur en lactose par la méthode du DUBOIS et al, (1956)....	30
6.10. Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al, (1951)	31
7. Détermination du pouvoir moussant des lactosérums bruts et traités par ultrasons	32

Chapitre V. Résultats et discussion

I. Caractérisation des lactosérums.....	35
1. Lactosérum brut	35
2. Lactosérum traité par ultrasons	36
3. Etude de pouvoir moussant	39
3.1. Prise des photos	42

Conclusion générale

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

A : acidité

ADEME : Agence de l'Environnement et de la Maitrise de l'Energie.

AFNOR : Association française de normalisation.

AGRICE : Agriculture pour la Chimie et l'Energie.

BSA : Sérum Albumine Bovine.

CM : Capacité moussante

cP : Centipoise.

°D : Degré Dornic

D : Densité

DBO : Demande Biochimique en Oxygène.

FAO : Organisation des nations unis pour l'alimentation et agriculture.

GIPLAIT : Groupe Industriel de Production du Lait et ses dérivés.

Hz : Hertz.

I_g : Immunoglobulin.

KHz : Kilohertz.

LF : Lactoferrine.

LSD : Lactosérum doux.

LSA : Lactosérum acide

LSAB : Lactosérum acide brut

LSATU : Lactosérum acide traité par ultrasons

LSDB : lactosérum doux brut

LSDTU : Lactosérum doux traité par ultrasons

MG : Matière grasse.

MHz : Méga Hertz.

mS/cm : Milli siemens par centimètre.

N : Normal.

P : Poids

R² : Coefficient de corrélation.

T : Temps

Tc : Teneur en cendres

V_m : Volume de mousse

V_T : Volume totale

V : Viscosité

α-La : α-lactalbumine.

B-Lg : β-Lactoglobuline.

Liste des figures

Figure 01 : protocole expérimental.

Figure 02: cinétique des capacités moussantes (A) et diamètres des bulles d'air (B) des lactosérums bruts et traités par ultrasons.

Liste des tableaux

Tableau 01 : composition moyenne des lactosérums

Tableau 02 : intérêts des propriétés fonctionnelles du lactose

Tableau 03 : teneur moyenne en éléments minéraux du lactosérum.

Tableau 04 : teneurs en vitamines de lactosérum.

Tableau 05 : principales enzymes retrouvées dans le lactosérum.

Tableau 06 : rappels historiques des principales découvertes en ultrasons.

Tableau 07 : paramètres physico-chimiques moyens des lactosérums bruts étudiés.

Tableau 08 : paramètres physico-chimiques moyens des lactosérums traité par ultrasons.

Tableau09 : Aspects microscopiques des mousses à base des lactosérums bruts et traités.

Tableau 10 : paramètres physico-chimiques du lactosérum brut/ traité par ultrasons.

Introduction Générale

Introduction générale

Le lait peut être coagulé en lui ajoutant de la présure ou en l'acidifiant par l'intermédiaire de bactéries lactiques ou par acidification chimique. Il en résulte une agrégation des micelles de caséine donnant un gel (ou coagulum). Au début de la fabrication du fromage, la phase aqueuse, appelée lactosérum.

Le lactosérum connu au cours de ces dernières années toute une évolution. Il n'y a pas si longtemps, le lactosérum liquide était traité comme un déchet. Aujourd'hui, on le considère comme un dérivé utile de la production laitière.

Quantitativement et qualitativement, le lactosérum renferme la grande partie des éléments contenus dans le lait, à savoir : protéines, lactose, minéraux, vitamines B, car il occupe au moins 85% du lait transformé en fromage (**FAO, 1995**).

Le lactosérum peut former une mousse à utiliser dans de nombreux domaines, qui est une dispersion de bulles de gaz (azote, gaz carbonique, air) dans une phase continue (renfermant des protéines) liquide ou solide produite par agitation mécanique. Elle est caractérisée par une viscosité élevée. Il existe aussi des mousses solides pour lesquelles une phase solide ou un gel remplace le liquide une fois la dispersion réalisée. Les mousses alimentaires les plus connues sont les meringues, la crème fouettée, les soufflés, la mousse de la bière, la génoise, les pâtes levées comme la brioche, le pain, les crèmes glacées, les marshmallows... (**CHEFTEL et LORIENT, 1982**).

Pour une meilleure stabilité de capacité moussantes il faut faire le traitement ultrasonore, qui peuvent être classées en deux catégories sur base de la gamme de fréquences : haute intensité (16-100 kHz, 10-1000 W/cm²) et basse intensité (de 100 kHz à 1MHz, avec une intensité inférieure à 1 W/cm²). Ces dernières années, ils ont été largement utilisés pour améliorer les propriétés physiques et fonctionnelles de plusieurs protéines alimentaires, notamment l'hydrophobie de surface, la solubilité, le comportement rhéologique, la propriété émulsifiante et la capacité moussante (**SIGHUSSON.H, 2003**).

Le présent travail s'inscrit dans la mise en exergue de l'effet du traitement ultrasonore sur les propriétés physicochimiques et moussantes des lactosérums bruts (acide et doux).

Partie
Bibliographique

Chapitre I :

Le lactosérum

I. LACTOSERUM

I.1. Définition de lactosérum

Le lactosérum est un liquide jaune pâle qui reste après la coagulation du lait dans la fabrication du fromage, il contient une bonne quantité des protéines du lait environ 20% (6g/l) riche en substances nutritives (NANCY MC DONALD, 2005). Le lactosérum ou plus simplement sérum ou encore petit lait est la phase liquide qui se sépare du caillé, après la coagulation du lait lors de la production des caséines (SOTTIEZ, 1990). Il est cependant un produit intéressant par des teneurs en protéines riche en acides aminés indispensables (lysine et tryptophane), en lactose et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B comme la thiamine et la riboflavine (VIESSEYRE, 1975). Il représente essentiellement une source d'énergie et de carbone de part son teneur élevée (75% de la matière sèche) en lactose (KENNEDY et CABRAL, 2005). D'autres éléments de valeur s'y retrouvent, dont les protéines (10% de la matière sèche) le calcium (0,45% de la matière sèche), le phosphore (0,40% de la matière sèche), et vitamines hydrosolubles sont les plus importants (MODLER, 1988)

I.2. Types de lactosérum

Sous produit de la fromagerie et de la caséinerie, le lactosérum a une composition variable avec type de fabrication dont. A cet égard, les lactosérums peuvent être classés selon l'acidité du liquide obtenu en deux principales catégories :

I.2.1. Lactosérums doux

Leur acidité est inférieure à 18° Dornic et leur pH varie entre 6,5 et 6,7. Ils sont issus de la production des pâtes pressées et/ou cuites (Edam, Saint-paulin, Emmental) et par les fabricants de caséines présure (SCHUCK et al ; 2004).

La présure de veau est la préparation coagulante traditionnelle la plus utilisée pour faire coaguler le lait. Elle renferme deux enzymes protéolytiques actives : la Chymosine (80%) et la pepsine (20%) (RAMET, 1997).

L'action de la présure s'exerce essentiellement sur les micelles de caséine du lait. Ces dernières en effet, présentent une grande stabilité en partie due à leur composition notamment en caséine Kappa (ou caséine K). La chymosine va hydrolyser en deux la caséine K qui perd alors son rôle de protection (stabilisation), on obtient ainsi une coagulation par précipitation (BRULE et LENOIR, 1987).

I.2.2. Lactosérums acide

Ils sont produits par les fromageries des pâtes fraîches et molles ou lors de la production des caséines. Leur acidité est supérieure à 18°Dornic et peut même atteindre 120° Dornic. Leur Ph est proche de 4,5(VEISSEYERE, 1975) et (SCHUCK et al ; 2004).

D'après (**BRULE et LENOIR 1987**), ce type de sérum est obtenu après la coagulation du lait par précipitation des caséines à Ph 4,6.

D'après (**CROGUENNEC et al ; 2008**), dans la préparation du lactosérum acide, l'acidification peut être progressive (par fermentation lactique) ou brutale (par ajout d'un acide minérale ou organique tel que l'acide sulfurique ou chlorhydrique).

I.3. Composition chimique du lactosérum

D'après (**VIOLLEAU 1999**), le lactosérum est un milieu dilué complexe (plus de 90% d'eau) qui contient du lactose, des protéines, des minéraux et un peu de matière grasse.

La quantité et la proportion relative de ces différents constituants dépendent entre autres des procédés d'obtention. Elles peuvent également correspondre aux variations de la composition du lait. Ces variations sont dues aux races et espèces animales, au patrimoine héréditaire des animaux, à l'alimentation et à la saison (**SCHUCK et al ; 2004**), (**AKKAK et LAIREDJ, 2007**).

Les lactosérums doux sont pauvres en calcium et phosphore contrairement aux lactosérums acides. Un lactosérum doux présente une teneur en protéines supérieure à celle d'un lactosérum acide en raison de la précipitation acide de certaines protéines. La différence majeure entre ces deux types de lactosérums se situe au niveau des teneurs en lactose et en acide lactique.

Le tableau suivant présente la composition moyenne du lactosérum.

Tableau 01 : composition moyenne des lactosérums en g/l (INRA/AFZ, 2002), (GROGUENNEC et al ; 2008).

Types de Lactosérum	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Matières sèche	67	64
Lactose	50	44
Matières azotés totales	9,5	8
Lipides	0 à 5	0 à 2
Cendre	4 à 6	6 à 8
Calcium	0,4 à 0,6	1,2 à 1,4
Phosphore	0,4 à 0,7	0,5 à 0,8
Potassium	1,4 à 1,6	1,4 à 1,6
Chlorure	0,2 à 2,2	0,2 à 2,2
Acide lactique	0 à 0,3	7 à 8
Protéines solubles	0,9 à 13	0,7 à 10,5

I.3.1. Lactose

Le lactose est un constituant important de la matière du lait, il existe deux qualités principales du lactose :

- Le lactose alimentaire à 99% minimum de lactose.
- Le lactose pharmaceutique à 98.8% minimum de lactose.

Le tableau 02 indique les intérêts et propriétés fonctionnelles du lactose.

Tableau 02 : Intérêts et propriétés fonctionnelles du lactose (BOUDIER et LUQUET, 1981), et (ALAIS et al ; 2003).

Domaines concernés	Intérêts	Propriétés fonctionnelles
Diététique	Seule source d'hydrate de carbone de tous les petits mammifères y compris l'homme.	Bon fixateur et de
Pharmacie	Diluant ou excipient pour Les prémices vitaminiques Ou des médicaments source glucidique pour les cultures des micro-organismes industriels producteurs d'antibiotiques.	Parfums, Liant,
Thérapeutique	Contribue à stabiliser le pH Intestinal, permettant une meilleure utilisation digestive du calcium et du phosphore et lutant contre les ulcères gastriques.	Excipient ou protecteur de molécules fragiles,
Industries Alimentaires	Comme charge glucidique à faible caractère sucré et comme facteur favorable aux réactions de caramélisation et aux réactions de Maillard.	

I.3.2. Protéine

Selon **VEISSEYERE (1975)**, La fraction protéique correspond à l'ensemble des matières azotées qui ne précipitent pas lorsque le pH du lait ajusté à 4,6 du point isoélectrique de la caséine entière. C'est pourquoi on la retrouve dans le lactosérum qui s'écoule du coagulum obtenu par l'addition de la présure. Les protéines du lactosérum sont dites solubles. Elles ne représentent que 15 à 22% des protéines du lait de vache et environ 17% de ses matières azotées totales (**MATHIEU, 1998**). Les protéines du lactosérum peuvent être réparties en protéines majeurs et mineures.

I.3.2.1. Protéines majeures **β - Lactoglobuline (β - LG)**

C'est une holoprotéine constituée d'une seule chaîne résiduelle de 162 résidus, comportant deux ponts disulfures et un groupement thiol libre (**CROGUENNEC et al ; 2008**).

 α - Lactalbumine (α -LA)

C'est une holoprotéine formée d'une chaîne peptidique unique constituée de 123 résidus, comportant quatre ponts disulfures. Elle présente une structure proche du lysozyme (poids moléculaire voisin, même acides aminés terminaux, 4 ponts disulfures). Elle est très soluble dans l'eau à pH6 mais beaucoup soluble dans la zone de pH compris entre 4 et 6 (**CROGUENNEC et al ; 2008**).

❖ Sérumalbumine

Elle comporte dans sa molécule un groupement thiol et dix-sept ponts disulfures intrapeptidiques. Elles sont très soluble dans l'eau (**VUILLEMARD et al ; 1989**).

❖ Globulines

Selon **BOUDIER et LUQUET (1981)**, on peut distinguer par dialyse deux sous-fractions :

- L'une, l'euglobuline est insoluble dans l'eau pure à son point isoélectrique.
- L'autre, la pseudoglobuline est soluble dans les mêmes conditions

Ces globulines présentent une activité immunologique importante, c'est pourquoi on les appelle souvent immunoglobulines. Elles sont dénaturées par les acides, les bases et un chauffage de 30 min à 70°C. Elles précipitent au dessus de 100°C.

❖ Protéoses-peptones

Selon **BOUDIER et LUQUET (1981)**, elles renferment quatre composants dénommés composants (3), (5), (8 rapide), (8 lent). Seul le composant (3) se trouve dans le lactosérum. Elles sont précipitées en grande partie par l'acide trichloro-acétique à 12%, mais ne sont pas précipitables par un chauffage de 95 à 100°C.

I.3.2.2. Protéines mineures**❖ Lactotransferrine**

C'est une glycoprotéine identique à la protéine rouge fixant deux atomes de fer par molécule. Elle est constituée par une protéine à une seule chaîne polypeptidique et elle contient des glucides

(7%), de la cystéine (5%) et du fer (0,1%) Elle peut fixer réversiblement le fer en fonction de pH et de la présence d'ions carboniques, et acquérir une coloration rose qui se développe avec la quantité de fer conjuguée (VEISSEYER, 1975) et (BOUDIER et LUQUET, 1981).

❖ **Lactolline**

Holoprotéine pauvre en phosphore et en glucide, elle ne contient pas de métaux (VEISSEYER, 1975) et (BOUDIER et LUQUET, 1981)

❖ **Protéines membranaires de globules**

Elles sont constituées de glucides (3 à 4%), ce qui font d'elles des glycoprotéines phosphorées, partiellement solubles dans l'acide trichloro-acétique à 12% (VEISSEYER, 1995).

I.4 Minéraux

La quantité moyenne en sels minéraux du lactosérum acide et doux est respectivement 11.5 et 7.9 g pour 100 g de matière sèche (GUEGUEN, 1977). Les teneurs en principaux éléments sont consignées dans le tableau 3.

Tableau 03: Teneur moyenne en éléments minéraux du lactosérum (MEROE, 1977)

Eléments Minéraux	Teneur en mg pour 100g Matière sèche
Calcium	500-725
Sodium	650-950
Potassium	2400-2900
Magnésienne	80-160
Phosphore	700-800
Chlore	1500-1800

I.5. Vitamines

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentées dans le lait, il est particulièrement riche en riboflavine qui lui donne sa couleur jaune verdâtre (**LINDEN et LORIENT, 1994**). Le tableau 4 résume la teneur du lactosérum en vitamines.

Tableau 04 : Teneurs en vitamines du lactosérum (**VRIGNAUD, 1983**)

Vitamines	Concentration mg/1000g de lactosérum
Thiamine (B1)	4
Riboflavine (B2)	43
Acide pantothénique (B5)	45
Pyrodoxine (B6)	5,3
Biotine	116
Acide folique	0,03

I.6. Matière Grasse

Dans le lactosérum brut, les lipides se trouvent en faible quantité, généralement dans les traitements industriels le lactosérum est écrémé, la matière grasse récupéré est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (**PERRE, 1978 ; PITOT, 1984**).

I.7. Enzyme

Le tableau 5 présente les principales enzymes retrouvées dans le lactosérum et leurs caractéristiques.

Tableau 5 : Principales enzymes retrouvées dans le lactosérum (MATHIEU, 1998).

Nom	Classe	pH	Masse moléculaire En (KDa)	Teneur en (mg/l)	Rôle
Lactopéroxydase	Oxydoréductases	6,5 - 6,8	Environ 80 000	10 – 70	Substances responsables des propriétés antibactériennes du lait cru.
Lysozyme	Hydrolase	8	14 000 - 18 000	0,01 - 0,18	Activité anti bactériolytique conférant au lait cru une certaine immunité et contribue à la protection et à la conservation de sa qualité.

I.8. Rejet du lactosérum

Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm (MARWAHA et al., 1988). Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux, en effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le

rendement des cultures (AULIFFE *et al.*, 1982) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (YANG *et al.*, 1980).

I.9. Valorisation du lactosérum

Une quantité considérable du lactosérum est utilisée dans l'alimentation animale, et le marché international de l'alimentation animale et des ingrédients complexes sont en pleine expansion, de plus, il constitue un ingrédient alimentaire à valeur ajoutée, utilisé dans une vaste gamme d'aliments et de boissons, à l'heure actuelle, des scientifiques évaluent les effets bénéfiques des fractions de protéines du lactosérum sur la santé et à la prévention des maladies (WOO A, 2002 ; BENAOUIDA, 2008).

En raison de la haute valeur biologique des protéines et de l'énergie facilement disponible, le lactosérum est mieux valorisé par les jeunes animaux, par exemple les veaux ; l'engraissement du gros bétail et des veaux, (SCHORI, 2009).

Chapitre II :
Les propriétés
Moussantes

II-1-Définition

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 (**BOURRIOT ,2002**). Il existe aussi des mousses solides pour lesquelles une phase solide ou un gel remplace le liquide une fois la dispersion est réalisée (**BOUQUELET, 2008**).

II-2- Constituants d'une mousse

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.

II-3-Propriétés des mousses

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

II-3-1-Dimension des bulles

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

II-3-2-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.

II-3-3-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.

II-4-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**).

II-5-Stabilité et instabilité des mousses**II-5-1-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.

II-5-2-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 séparant les bulles d'air.

Chapitre III :

Les ultrasons

III. LES ONDES ULTRASONS**III.1. Définition**

L'ultrason est un son de haute fréquence (supérieure à 20 KHz environ), de courte longueur d'onde (1mm environ) (MICHAEL, 2006).

Selon PETIT *et al*, (2002), un son est une onde mécanique de pression qui se propage dans un milieu et qui se traduit au sein de celui-ci, par une succession de cycles de dépression et de compression, cette onde est caractérisée par :

- **Sa fréquence** : c'est-à-dire le nombre de cycles passant en un point fixe par unité de temps, son unité est l'Hertz (Hz).
- **Son amplitude** : qui correspond à la différence maximale entre la dépression et la compression, son unité est le mètre (m).

Les ultrasons peuvent être focalisés et permettent la formation de faisceaux parallèles d'ondes acoustiques ultrasonores (STOCKER *et al*, 1998).

III.2. Historique

Bien que l'existence des ultrasons soit connue depuis plus de trois siècles, leur utilisation demeure une science jeune de 80 ans seulement (LAUGIER, 2007). D'après PETIT *et al*, (2002), même si la recherche a fait de gros progrès et a permis l'utilisation industrielle des ultrasons dans de nombreux domaines d'applications, son étude comme éventuel moyen de conservation des aliments ne remonte qu'à une dizaine d'année. Afin de situer historiquement l'apparition de la science des ultrasons, le tableau 8 reprend les principales dates clés.

Tableau 06 : Rappels historiques des principales découvertes en ultrasons (LAUGIER, 2007).

1704	Sir I. Newton : « optics » premières observations de la cavitation.
1794	Spallanzani : les ultrasons servent aux chauves-souris pour se diriger.
1876	Sir F. Galton : premier outil pour produire des ultrasons (sifflet pour chiens).
1883	P. Curie : découverte de l'effet piézo-électrique.
1894	Sir J.I.Thomycroft and S.W.Barnaby : découverte de la cavitation hydrodynamique (hélice de bateau).
1917	Lord Rayleigh : modèle mathématique pour l'implosion des bulles dans les liquides incompressibles (collapses lors de la cavitation) qui prédit des températures et pressions énormes à l'intérieur de la cavité (toujours d'actualité).
1921	P. Langevin : premier oscillateur piézo-électrique (quartz entre deux lames d'acier).
1927	Richards et Loomis ; premier article rapportant les effets biologiques des ultrasons.
1935	Frenzel et Schultes : sous forte cavitation certains liquides émettent de la lumière : découverte de la sonoluminescence.

I.3. Classification

D'après **PETRIER(1994)**, étant donné le large spectre de fréquence occupé par les ultrasons (16 kHz-10 MHz), on différencie classiquement deux zones :

III.3.1. Ultrasons de puissance

Forte intensité et faible fréquence, de 16 à 1000 kHz ; dans cette gamme de fréquences l'effet recherché est une modification du milieu par les ultrasons principalement grâce à la cavitation : l'onde modifie le lieu irradié, cette modification peut être physique (décapage, dégazage, émulsification) ou chimique (modification du mécanisme réactionnel, production des radicaux libres....).

III.3.2. Ultrasons de diagnostic

Faible intensité et haute fréquence, de 1 à 10 MHz ; contrairement au cas précédent, dans ce domaine d'application des ultrasons, on ne veut pas que l'onde modifie le milieu traversé, le but est d'observer l'impact du milieu sur l'onde ultrasonore, l'analyse de ces modifications de l'onde donne des informations sur les caractéristiques du milieu traversé, c'est pour cela qu'ils sont utilisés en détection pour faire des diagnostics.

III.4. Cavitation

Il est généralement reconnu que les effets majeurs des ultrasons sont dus au phénomène de cavitation, en effet, l'activité cavitative permet de transformer la densité d'énergie assez faible d'un champ acoustique en une haute densité d'énergie caractéristique du voisinage des bulles en cours d'implosion.

III.4.1. Définition

Selon **PETIT et al., (2002)**, la cavitation est la formation de microbulles dans un liquide, elle apparaît quand une forte pression négative est appliquée au liquide et que la pression tombe plus bas que la pression de la vapeur du liquide, ces bulles sont remplies par la forme vapeur des gaz dissous dans le liquide ou par la vapeur du liquide, elles subissent au même titre que le liquide, les alternances de compression et de dépression, modifiant ainsi leur volume.

III.4.2. Origine

D'après **LAUTERBORN(1980)**, **LAUTERBORN (1980)** et **MARGULIS(1999)**, on distingue quatre types qui ont des origines similaires :

- La **cavitation thermique**, plus connue sous le nom d'ébullition,
- La **cavitation optique**, par l'application d'un faisceau laser de forte intensité, cette méthode est utilisée pour l'étude des effets de la cavitation,
- La **cavitation hydrodynamique**, provoquée par l'écoulement d'un liquide à forte vitesse,
- La **cavitation acoustique**, provoquée par un son de forte intensité, généralement par les ultrasons de puissances.

III.4.3. Phénomènes de la cavitation

On distingue deux sortes de phénomènes de cavitation :

- La cavitation stable,
- La cavitation transitoire.

III.5. Appareillage

D'après **LAUGIER(2007)**, de nombreux systèmes sont susceptibles de produire des ultrasons, un appareil produisant des ultrasons est communément appelé convertisseur ou transducteur ultrasons, on distingue trois types de convertisseurs :

- Les convertisseurs mécaniques,
- Les convertisseurs piézoélectriques,
- Les convertisseurs magnétostrictifs.

III.6. Domaines d'applications des ultrasons

Les ultrasons ont de nombreuses applications en physique, en chimie, en technologie et en médecine, les ondes ultrasonores sont utilisées depuis longtemps pour la détection et la communication sous-marines par des sonars (**DION et al. 1997**).

III.6.1. En physique

Les ultrasons servent à déterminer certaines propriétés de la matière, telles que la compressibilité, les chaleurs spécifiques et les constantes élastiques (**DION et al. 1997**).

III.6.2. En laboratoire (biologie, chimie, etc....)

La sonication est l'utilisation des ultrasons pour rompre les membranes des cellules et pour nettoyer et désinfecter le matériel (**STOCKER et al. 1998**).

III.6.3. En médecine

Les ultrasons intéressent la médecine de diverses manières (**GREMY et LETERRIER, 1975**), le diagnostic par ultrasons « échographie », la thérapie et la chirurgie (**STOCKER et al, 1998**).

III.6.4. En industries alimentaires**a. Brasserie**

La solubilisation des résines peu solubles de la fleur d' houblon a été nettement améliorée par l'emploi des ultrasons (**FREESE et MAKAW, 1986 ; HAFSTEINSSON et al, 1989**).

b. Conservation du poisson

Les ultrasons ont été aussi utilisés comme un outil pour différencier la composition du poisson gras et non gras (**GHAEDIAN et al, 1989**). **SIGFUSSON et al., (2003)** ont réalisé la mesure du temps d'ultrasonore au cour de la congélation de quelques produits alimentaires et ont estimé le temps de congélation complet de gélatine, poulet et bœuf.

c. Nettoyage

Il est réalisé par le dégazage de la surface à nettoyer, l'émulsification des liquides polluants se fait grâce à l'onde de choc, alors que la mise en suspension des impuretés se fait par l'activation chimique liée au brassage et l'importance de la surface d'échange (**FREESE et MAKAW, 1986 ; HAFSTEINSSON et al. 1989**).

d. Produits laitiers

Une méthode basée sur la vitesse des ultrasons qui peut être reliée directement à la composition de la dispersion, a été appliquée aux produits laitiers qui sont fortement et rapidement déstabilisés, la mesure de vitesse des ultrasons en fonction de la hauteur dans la cellule indique la non uniformité des produits (**GUINING et al., 1989**), le chauffage lors d'une dissolution d'une poudre de lait accélère sa désagrégation et sa dissolution à froid, la dissolution est aussi accélérée si on soumet le milieu à des ultrasons (**NIKOLV et al., 1970**).

Partie

Expérimentale

Chapitre IV :
Matériel
Et
Méthodes

1. Lieu de travail

Notre travail expérimental a été réalisé au sein des laboratoires de Technologie Alimentaire, Physiologie végétale appliquée aux cultures hors sol de la faculté des Sciences de la Nature et de la Vie de l'université Ibn Khaldoun de Tiaret.

2. Objectifs

Les objectifs de notre travail sont énumérés comme suit :

- caractérisation physico-chimique du lactosérum brut et traité par ultrasons.
- Evaluation des propriétés moussantes du lactosérum brut et traité par ultrasons.

3. Matériel et produits utilisés

3.1. Matières premières utilisés

3.1.1 Les lactosérums

Nous avons préparé à partir d'une poudre de lait (KHAWA) à 0% de matière grasse deux types de lactosérums : lactosérum doux et lactosérum acide.

3.1.2 Présure

Enzyme coagulante du lait, provient de DANMARK

3.2. Appareillage

- Agitateur magnétique de type WISD LABORATORY INSTRUMENTS.
- Balance de précision OHAUS PIONEER
- Bain Marie: MEMMERT
- Conductimètre électrique BANTE instrument.
- Four HERAEUS Instruments.
- Microscope ZEISS, WEST GERMANY.
- pH mètre HANNA instruments.
- Réfractomètre de type RL2.
- Réfrigérateur CONDOR
- Spectrophotomètre GENWAY.
- Viscosimètre Thermo SCIENTIFIC.
- Appareil à ultrason ISOLAB
- Thermomètre
- Centrifugeuse SIGMA

Chapitre IV

3.3. Verrerie

- Bêchers de 50,100 ,200 et 500ml.
- Burette graduée.
- Creusets.
- Eprouvette de 5, 10,50 et 100ml
- Erlen Meyer.
- Entonnoir.
- Fioles Jaugées.
- Lames et lamelles.
- Micropipette.
- Pipettes graduées.
- Pipettes pasteur.
- Pycnomètre.
- Tubes à essai.
- Support.

3.5. Produits utilisées

- Poudre de lait écrémé à 0% MG.
- Acétone.
- Acide chlorhydrique (HCl) concentré 37 %.
- Acide sulfurique (H₂SO₄) concentré 95%.
- Bleu de méthyle 1%.
- Ethanol.
- Folin-Ciocalteu.
- Hydroxyde de sodium (NaOH); 0.1N.
- Hydroxyde de potassium (KOH) ; 0.1N.
- Lactose non hydraté.
- Phénolphtaléine.
- Phénol 5%.
- Rouge de soudan 1%.
- Solution de Na₂CO₃ 2%.
- Solution de CuSO₄ 5%.
- Solution tampon (pH=5, pH=7).
- Tartrate double de K et de Na 10%.

4. Protocole expérimental

Notre étude est basée sur le protocole expérimental suivant :

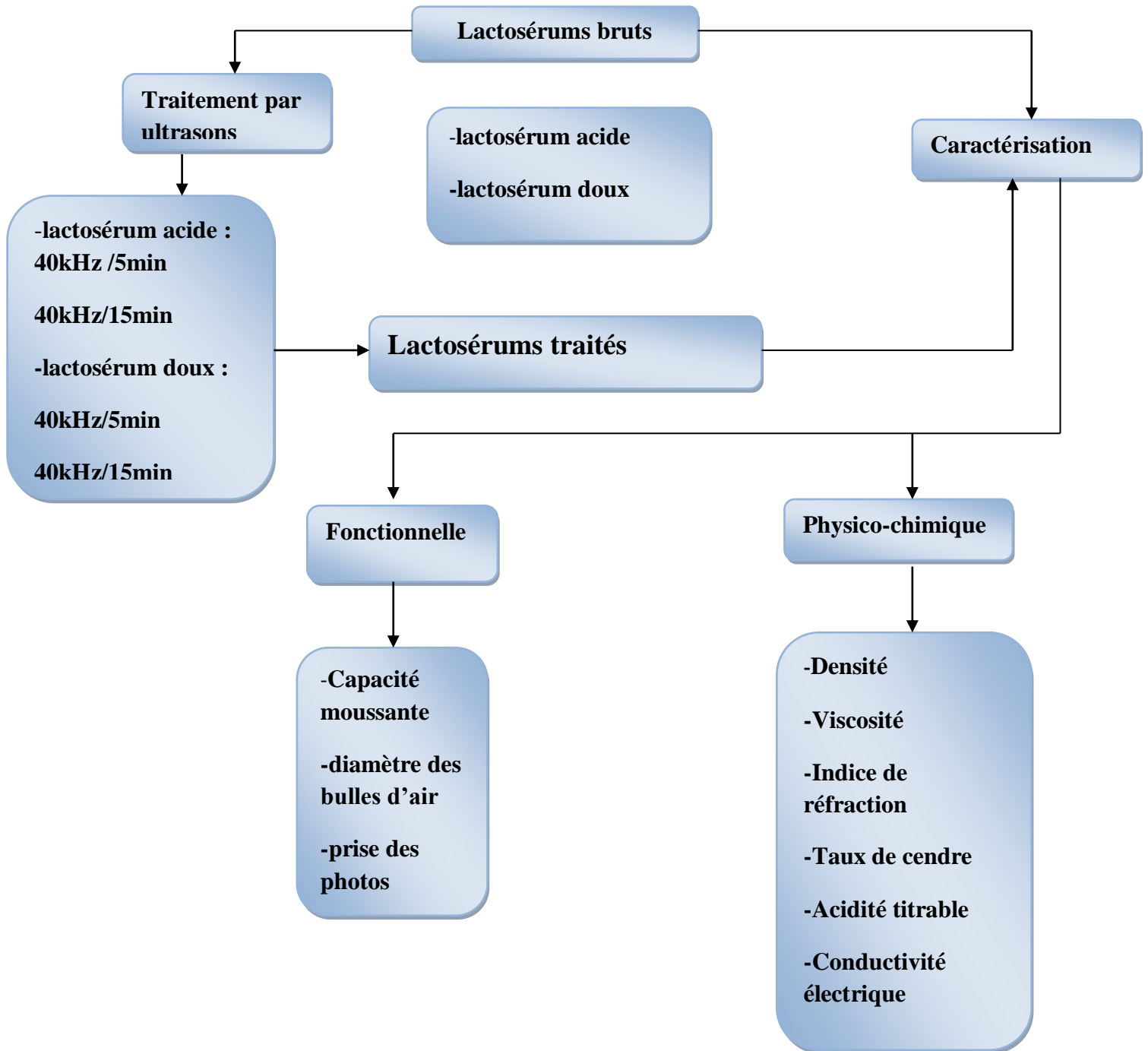


Figure 01 : protocole expérimental

5. Préparation du lactosérum

5.1 Lactosérum acide

- Etalonner le pH mètre à l'aide des solutions tampons .
- Préparer un lait reconstitué à 10 %.
- Homogénéiser la solution par une agitation magnétique .
- Mettre l'électrode du pH-mètre dans la solution, et ajouter le HCl goutte à goutte, agiter le mélange et arrêter lorsque le pH devient 4.6.
- Recouvrir le bécher avec le papier aluminium, et le conserver à 4° C pendant 1 à 2heures.
- Séparer le lactosérum acide en appliquant une centrifugation, et récupérer ensuite, le lactosérum acide.
- Le conserver à 4° C jusqu'à l'utilisation

5.2 Lactosérum doux

- Préparer un lait reconstitué à 10 %.
- A l'aide d'un agitateur magnétique chauffant, chauffer le lait à 35° C.
- Ajouter 2 ml de présure préparée à 1%.
- Maintenir l'agitation à 35° C pendant 40 minutes.
- Recouvrir le bécher avec du papier aluminium, et le conserver à 4° C pendant 12 à 24heures.
- Séparer le lactosérum doux en appliquant une centrifugeuse, et récupérer ensuite, le lactosérum doux.
- Le conserver à 4° C jusqu'à l'utilisation.

5.3. Préparation de présure

Préparer une solution de 1% dans l'eau distillé.

5.4. Ultrasonication des lactosérums bruts

Les deux types des lactosérums bruts (acide et doux) ont subi un traitement ultrasonore par immersion un bécher contenant un volume bien définis du sérum du lait soit 100ml dans un appareil dit bain à ultrasons suivant deux couples fréquence /temps soient : 40kHz /5min et 40kHz /15min.

6. Méthodes des analyses physico-chimiques

6.1. Densité

Principe

Selon MATHIEU (1998), la densité du lactosérum est le rapport des masses du même volume du lactosérum et de l'eau à 20°C. La détermination précise de la masse volumique des corps se fait à l'aide d'un pycnomètre selon les méthodes usuelles.

Mode opératoire

- Peser le pycnomètre vide (p_0) et plein d'eau distillée (p_1).
- Sécher le pycnomètre, puis le remplir avec l'échantillon et le peser (p_2).
- Les résultats sont donnés par la formule suivante :

$$D = \frac{P_2 - P_0}{P_1 - P_0}$$

D'où :

D : Densité de l'échantillon.

P0 : Poids du pycnomètre vide en g.

P1 : Poids du pycnomètre rempli d'eau distillée en g.

P2 : Poids du pycnomètre rempli de l'échantillon.

6.2. Viscosité

Principe

La viscosité résulte du frottement des molécules, elle se traduit par la résistance plus ou moins grande des liquides à l'écoulement, la viscosité absolue, η , s'exprime usuellement en centipoise, la viscosité absolue se mesure par le calcul du temps de chute d'une petite boule dans une colonne (viscosimètre d'Hoeppler), fondé sur la loi de Poiseuille (**BOUBEZARI, 2010**).

Mode opératoire

- Remplir le tube avec l'échantillon.
- Fixer la température désirée.
- Lorsque l'équilibre de température est atteint, choisir une bille pour laquelle son écoulement à travers l'échantillon dans le tube viscosimètre, doit être aussi lent que possible.
- Laisser ensuite la bille s'écouler librement et lorsqu'elle atteint le repère de la partie supérieure, mettre le chronomètre en marche.
- Lorsque la bille atteint le repère situé à la partie inférieure du tube viscométrique, noter le temps de chute de la bille.

Mode de calcul

Le calcul de la viscosité se fait selon la formule suivante :

$$V = t \times (D_0 - D_1) \times K$$

D'où :

V : Viscosité en centipoise (cP).

T : Temps de chute de la bille en secondes (s).

D1 : Densité de l'échantillon.

D0 : Densité de la bille.

K : Constante d'étalonnage par gravité du tube.

6.3. Degré de Brix

Principe

La teneur en matière sèche est le résultat obtenu après évaporation de l'eau du lactosérum. Elle est exprimé en g/l (MATHIEU, 1998.) Elle est déterminée à l'aide d'un réfractomètre.

Mode opératoire

- Etalonner le réfractomètre avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1,333
- Laver les prismes du réfractomètre à l'acétone et les essuyer avec un papier hygiénique
- Déposer une goutte de produit sur le prisme du réfractomètre ;
- Diriger le réfractomètre vers une source de lumière et lire au niveau de l'intersection entre l'ombre et la lumière la valeur de degré Brix indiqué sur l'échelle.

6.4. Indice de réfraction

Cet indice permet de connaître le degré de pureté d'un liquide, il est mesuré à l'aide d'un réfractomètre muni d'un thermomètre dont l'échelle couvre les valeurs des mesures de 20°C à 80°C ou plus et d'un dispositif de circulation de liquide permettant de maintenir l'appareil à ces températures et pour cela, nous avons utilisé la méthode de AFNOR « NF- 60.22, (1984) », qui consiste à :

- Etalonner le réfractomètre avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1,333
- Laver les prismes du réfractomètre à l'acétone et les essuyer avec un papier hygiénique
- Verser entre le prisme 2 à 3 gouttes de l'échantillon.
- Déplacer alors la lunette de visée pour que la ligne de séparation de la plage claire et de plage sombre se situe à la croisée des fils de réticule.
- Enfin lire l'indice de réfraction du corps à étudier.

6.5. Cendres

D'après AMARAGILIO (1986), les cendres représentent la quantité de la matière minérale contenue dans un volume donné de lactosérum après incinération.

Mode opératoire :

- Peser une capsule vide.
- Placer 5 ml du lactosérum dans une capsule.
- Placer la capsule sur un bain marie bouillant, jusqu'à évaporation de l'eau.

$$Tc = (M_1 - M_0) \times (1000 / V) \text{ (g/l)}$$

D'où :

Tc : Teneur en cendres en g/l.

M₀ : Masse de la capsule vide en g.

M₁ : La masse de la capsule et le résidu après la dessiccation et le refroidissement.

V : Le volume de la prise d'essais en ml.

6.6 pH

Principe

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH mètre, appareil qui mesure la différence de potentiel entre deux électrodes (AUDIGE et al ; 1980).

Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre par des solutions tampons à (pH=7 ; pH=5), le rinçage de l'électrode s'effectue par l'acétone et le nettoyage par le papier absorbant.
- Mettre l'électrode du pH-mètre dans un volume suffisant de l'échantillon (lactosérum doux ou acide).
- Lire le pH indiqué sur l'écran d'affichage du pH-mètre.

6.7. Acidité titrable des lactosérums

Principe

La méthode de dosage a lieu par titrimétrie de l'acide lactique à l'aide de NaOH N / 9 en présence de phénol phtaléine comme indicateur coloré de pH (LECOQ, 1965).

Mode opératoire

D'après MATHIEU (1998), l'acidité des lactosérums est déterminée en appliquant la méthode suivante :

- Mettre 10 ml du lactosérum dans un bécher.
- Ajouter 2 à 3 gouttes de phénophtaléine. Titrer avec la solution de NaOH (N/9) jusqu'au virage de la couleur vers le rose.
- Lire le volume de NaOH versé.

Mode de calcul

L'acidité du lactosérum est donnée par la formule suivante :

$$A = 10 \times (V_1/V_0)$$

D'où :

A : L'acidité titrable de l'échantillon en g/l.

V₀: Volume en ml de la prise d'essai.

V₁ : Volume de NaOH versé (ml).

1 degré Dornic = 0,1g d'acide lactique par litre.

6.8 Conductivité électrique

Principe

La conductivité c'est la grandeur qui caractérise l'aptitude d'un corps ou d'une solution à laisser passer le courant électrique, la mesure de la conductivité se fait à l'aide d'un conductimètre (BOUDIER et LUQUET, 1981).

Mode opératoire

- Etalonner l'appareil à l'aide d'eau distillée.
- Laver l'électrode du conductimètre à l'acétone et essuyer avec un papier hygiénique.
- Chauffer les échantillons à 25 °C.
- Plonger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et lire directement la conductivité électrique du l'échantillon étudié à 25 °C.

6.8. Détermination de la teneur en lactose par la méthode de DUBOIS et al, (1956)

Le principe repose sur la réaction suivante : L'acide sulfurique concentré provoque à chaud le départ de plusieurs molécules d'eau à partir des oses, cette déshydratation s'accompagne par la formation d'un hydroxy-méthyl furfural (HMF) dans le cas d'hexose d'un furfural dans le cas d'un pentose, ces composés se condensent avec le phénol pour donner des complexes colorés (jaune orangé), l'intensité de la coloration est proportionnelle à la concentration des oses, la densité optique est mesurée à 488 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

Réactifs

- Solution mère de lactose à 100 µg/ml pour le courbe étalon du lactose.
- Solution de phénol à 5% dans l'eau distillée.
- Acide sulfurique à 95% de pureté et de densité $d=1,83$.

Mode opératoire

Ce dosage permet la détermination de concentration du lactose dans le lactosérum. Pour cela à 1 ml de l'échantillon dilué, on ajoute 1 ml du phénol à 5% puis 5 ml d'acide sulfurique. Après agitation, on laisse le mélange réactionnel reposer 10 min à température ambiante, puis on l'incube au bain marie à 30°C pendant 30 min. Après la lecture des absorbances au spectrophotomètre à 488 nm, les valeurs obtenues sont traduites en concentrations de lactose par référence à la courbe d'étalonnage préalablement établi.

6.9. Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al; (1951)

Le principe de base est fondé sur la résultante de deux réactions, dans le premier temps, la présence de sulfate de cuivre en milieu alcalin entraîne la formation d'un complexe entre l'ion cuivrique et la liaison peptidique avec l'apparition d'une coloration violette proportionnelle à la quantité d'acides aminés présents dans le milieu (réaction de Biuret), la deuxième réaction résulte de la réduction de tyrosine et tryptophane présents dans les protéines par le constituant actif du réactif de Folin-Ciocalteu l'acide phosphomolybdotungstique pour donner naissance à un complexe bleu.

Réactif

- Solution A : 2% Na_2CO_3 anhydre dans la soude 0.1N.
- Solution B₁ : 5% CuSO_4 .
- Solution B₂ : 10% tartrate double de K et Na.
- Solution E : Folin-Ciocalteu dilué au 1 /2 de l'eau distillé.
- Solution F : solution mère de BSA (sérum albumine bovine) à 100 $\mu\text{g/ml}$ pour la courbe d'étalonnage.
- Réactif B : 1 ml de solution B₁+1ml de solution B₂ + 8 ml de l'eau distillée.
- Réactif C : 1 ml de réactif B et 50 ml de solution A.

Mode opératoire

- 1 ml d'échantillon à doser (1ml de lactosérum) ;
- Ajouter 5 ml de réactif C ;
- Laisser 10 mn à température ambiante.
- Ajouter 0.5ml de la solution E (la coloration devient bleue) après agitation rigoureuse;
- Laisser 30 mn à l'obscurité ;
- Faire la lecture de l'absorbance à 750 nm.

7. Détermination du pouvoir moussant des lactosérums bruts et traités par ultrasons

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 assurer le moussage de nos échantillons lactosérums par l'emploi de l'appareil d'agitation tel que : un homogénéisateur à raison de 18000 tours/min, dont le but de bien déterminer et aussi de comparer le pouvoir moussant de les lactosérums.

Mode opératoire

Etudier la capacité moussante des lactosérums comme suit :

- Mettre 50ml (V_0) de lactosérum brut et traité par ultrasons mesuré à l'éprouvette gradué est prélevé et placé dans un bécher en verre de 600 ml.
- Homogénéiser au batteur électrique pendant 1 min avec une vitesse 18000 tour/min
- Recouvrir le bécher avec du papier aluminium
- Lire le volume maximal de mousse chaque 5min.
- Observation des bulles d'air avec le microscope OPTIKA
(Gr×10, Gr×40) chaque 15min

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

CM : capacité moussante

V_M : volume de mousse

V_0 : volume de lactosérum

➤ Prise les photos dans $t=0$

Diamètre moyen des bulles d'air

- Fixer sur la lame de microscope la mousse préparée à base des lactosérums bruts et traités par ultrasons
- Utiliser un micromètre gradué de 0 à 10 dont les graduations sont distantes les unes des autres de 0,1 μm
- Pour avoir une répartition statistique, on se déplace au hasard sur la surface du lame en réalisant 10 déterminations successives :

$$i = 10$$

$$\Phi(t) = k. [\sum D_i] / 10$$

D'où:

Φ : Diamètre moyen des bulles d'air à temps t.

K : Coefficient oculaire constant (K= 2.41).

i : Nombre des bulles d'air fixés au hasard.

D : Diamètre des bulles d'air (μm).

Chapitre V :

Résultats

Et

Discussion

I. Caractérisation des lactosérums

1. Lactosérums brut

1.1. Paramètre physico-chimiques moyens des lactosérums étudiés

Les paramètres physico-chimiques moyens des lactosérums analysés sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 07 : paramètre physico-chimiques moyens des lactosérums bruts étudiés.

Paramètres	LSD	LSA
Densité à 20°C	1,0289	1,0296
Viscosité (cP)	2,1118	1,0552
Acidité (°D)	13	53
pH	6,5	4,6
CE (mS/cm)	5,60	8,64
Indice de réfraction (n_D^{20})	1,3445	1,3440
°Brix (%)	7,2	6,5
Cendres (g/l)	6,12	7,82
Protéines (%)	8,53	6
Lactose (g/l)	38,35	30,52

1. 1.1. Cendres

Nous remarquons que la teneur en cendres du lactosérum acide est élevée par rapport à celle du lactosérum doux. Selon **ADRIAN et al, (1981)**, l'acidification provoque une déminéralisation du caillé, le lactosérum acide se caractérise par un pH plus bas et une teneur plus élevée en cendres, cela est plus être due à la technologie d'obtention.

1.1.2. Acidité

La valeur de l'acidité du lactosérum doux avant traitement est conforme à la valeur indiquée par **VIERLING et LEYRAL (2003)** qui trouvent qu'elle varie entre 9 et 13°D. Par contre on a trouvé que l'acidité du lactosérum acide avant traitement est égale à 54 °D, cette valeur appartient dans l'intervalle limité du 18 à 100°D donné par **SOTTIEZ(1990)**.

1.1.3. Conductivité électrique

A partir des résultats obtenus, on note que la conductivité électrique du lactosérum acide est supérieure de celle observée pour le lactosérum doux. Cette variation est due à la charge minérale dissoute dans chaque type de sérum ; plus elle est élevée plus la conductivité électrique augmente. Selon **TARADAT HENRY et BEAUDRY(1992)**, la conductivité électrique varie selon la force des électrolytes, la mobilité et la charge ionique.

1.1.4. pH

La valeur du pH du lactosérum doux avant traitement est conforme à celle donnée par **SOTTIEZ (1990)**, qui a trouvé qu'elle oscille entre 6.1 et 6.7 pour un lactosérum doux, aussi la valeur obtenue pour lactosérum acide est normale à l'intervalle donné par **SSOTTIEZ (1990)** qui varie du 4.6 à 6.00.

1.1.5. Densité

On a trouvé que la densité du lactosérum acide est égale à 1.0296 et du lactosérum doux égale à 1.0289 ; ces résultats sont proches à ceux trouvés par **TAYEB (2006)** ; qui a trouvé 1.0293 pour lactosérum doux et 1.0298 pour lactosérum acide.

1.1.6. Indice de réfraction

L'indice de réfraction à 20°C du lactosérum acide est très proche de celui du lactosérum doux, ces résultats sont comparables à ceux trouvés par **ADDA(2002)** qui a obtenu 1.343 pour LSD et 1.3381 pour LSA. Selon **ADRIAN et al, (1981)**, l'indice de réfraction varie suivant la température et la composition du lactosérum.

1.1.7. Viscosité

La viscosité du lactosérum doux est supérieure à celle du lactosérum acide, ce résultat est expliqué par **KARLESKIND (1992)**, **ADRIAN et al, (1995)**, qu'ils trouvent que la viscosité dépend de la température, de la nature du solvant, de la taille, de la forme, de la concentration, de la charge électrique des particules dispersées et de leur affinité.

1.1.8. Degré Brix

La valeur de degré Brix du lactosérum doux avant traitement est proche à celle trouvée par **LORIENT et LINDEN (1994)** à savoir 7% pour le lactosérum doux et 6,5% pour le lactosérum acide.

1.1.9. Lactose

Les teneurs en lactose trouvées dans lactosérum doux et acide sont 39 et 32 g/l respectivement sont inférieures à celles données par **BOUTIN (2000)** (53.3g/l pour LSD, et 44,3g/l pour LSA).

1.1.10. Protéines

La teneur en protéines du LSD est supérieure à celle trouvée dans le LSA, ces résultats sont légèrement identiques à ceux trouvés par **LORIENT et LINDEN (1994)** qui ont trouvé 0.9 à 13% pour le lactosérum doux et de 0.7 à 10.5% pour le lactosérum acide.

2. Lactosérum traité par ultrasons

2.1. Paramètre physico-chimiques de lactosérum traité par ultrasons

Les paramètres physico-chimiques moyens des lactosérums analysés sont indiqués dans le tableau suivant :

Tableau 08 : paramètre physico-chimiques de lactosérum traité par ultrasons :

Paramètres		LSD		LSA	
		t = 5min	t = 15min	t = 5min	t = 15min
Densité à 20°C		1,0279	1,0283	1,0295	1,0280
Viscosité (cP)		2,7741	2,8005	1,1873	1,0567
Acidité (°D)		16	17	54	56
pH		6,35	6,31	4,5	4,47
CE (mS/cm)		5,63	6	8,75	8,84
Indice de réfraction (n _D ²⁰)		1,3450	1,3450	1,3445	1,3442
°Brix (%)		8	8	7,75	7,25
Cendres (g/l)		6,66	6,78	7,96	7,88
Protéines (%)		8,46	7,61	5,88	5,8
Lactose (g/l)		38,68	39,27	29,93	30,92
La mousse (cm)		1,7	1,3	2	2,3
Température °C	Avant	23	23	23,3	23,3
	Après	27	29	26	29

2.1.1. Acidité et pH

Les lactosérums traités par les ultrasons (acide : 15 min ; doux : 15 min) ont des valeurs de l'acidité plus élevées que celle dans lactosérums bruts. (acide et doux) qui sont respectivement 56°D contre 53°D et 17°D contre 13°D, nous constatons que les valeurs du pH après le traitement ultrasons sont inférieures à celles trouvées pour les deux types de lactosérums bruts. Nous avons noté que la température entraîne une augmentation de l'acidité du lactosérum.

D'après MATHIEU (1998), une teneur élevée, selon MATHIEU (1998), le pH du lactosérum est une fonction décroissante avec la composition et la teneur élevée en substances.

2.1.2. Densité et viscosité

D'une manière générale, la technique appliquée pour les deux types de lactosérum a suscité une élévation progressive des valeurs de la densité et de la viscosité (tableau 08). En ce qui concerne les lactosérums traités par ultrasons, nous constatons une relation linéaire entre les valeurs de la densité et de la viscosité à titre d'exemple nous avons trouvé 1.0283 et 2.8005 cP pour le lactosérum doux, de 1.0295 et 1.1873 cP

pour le lactosérum acide. D'après **BOUDIER et LUQUET(1980)**, la densité dépend de la teneur en matière sèche, matière grasse et ainsi de la température, en outre, la viscosité est un paramètre rhéologique signifie la force de friction entre le solvant et les particules du soluté ; elle varie en fonction de la température et la composition des fluides.

1.1.1. Cendres et conductivité électrique

Les résultats de l'expérimentation montrent que les teneurs en cendres et de la conductivité électrique augmentent d'une façon croissante (tableau 8). En revanche, et comparativement aux sérums témoins, le traitement ultrasons qui a donné des valeurs élevées pour la cendre et la conductivité électrique. Selon **MATHIEU(1998)**, le chauffage du lactosérum provoque la destruction de la matière organique : les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène du lactose, des matières grasses, des protéines, des vitamines et d'autres constituants se combinent pour donner les substances minérales ; la minéralisation est la formation de corps minéraux à partir de molécules organiques. L'effet de traitement thermique sur la variation de la CE est positif, c'est-à-dire que la CE augment avec l'augmentation de la température, cette augmentation est due selon **CROGUENNEC et al, (2008)**, à la charge minérale dissoute dans chaque type d'échantillon ; plus elle est élevée, plus la conductivité augmente, ce paramètre varie avec des paramètres physicochimiques tels que le pH, la température et la force ionique.

1.1.2. Degré Brix et Indice de réfraction

D'après nos résultats les valeurs de l'indice de réfraction et de degré Brix augmentent légèrement après le traitement ultrasons (tableau 08). D'après **ADRIAN et al, (1981)**, l'indice de réfraction varie généralement suivant la température et la composition chimique du corps étudié.

1.1.3. Lactose

Après le traitement par ultrasons, la teneur du lactose du lactosérum doux est 39,27 g/l et pour le lactosérum acide est 30,92g/l sont stable par rapport au lactosérum brut. Car le traitement par les ultrasons n'est pas sévère. Selon **JEANTET et al, (2008)**, l'augmentation de la température améliore de la stabilité du lactose qui dépend des anomères α et β .

1.1.4. Protéine

Quant à les protéines dosées après la technique appliquée (ultrasons), nous notons une diminution de leur teneur (tableau08), une forte régression a été remarquée après le traitement par ultrasons. Selon **FINOT(1994)**, la vitesse et le degré de dénaturation des protéines dépend de facteur temps/température.

2. Etude de pouvoir moussant

L'ensemble des résultats des capacités moussantes et les diamètres du lactosérum brut et traité par ultrasons sont illustrés par la figure2.

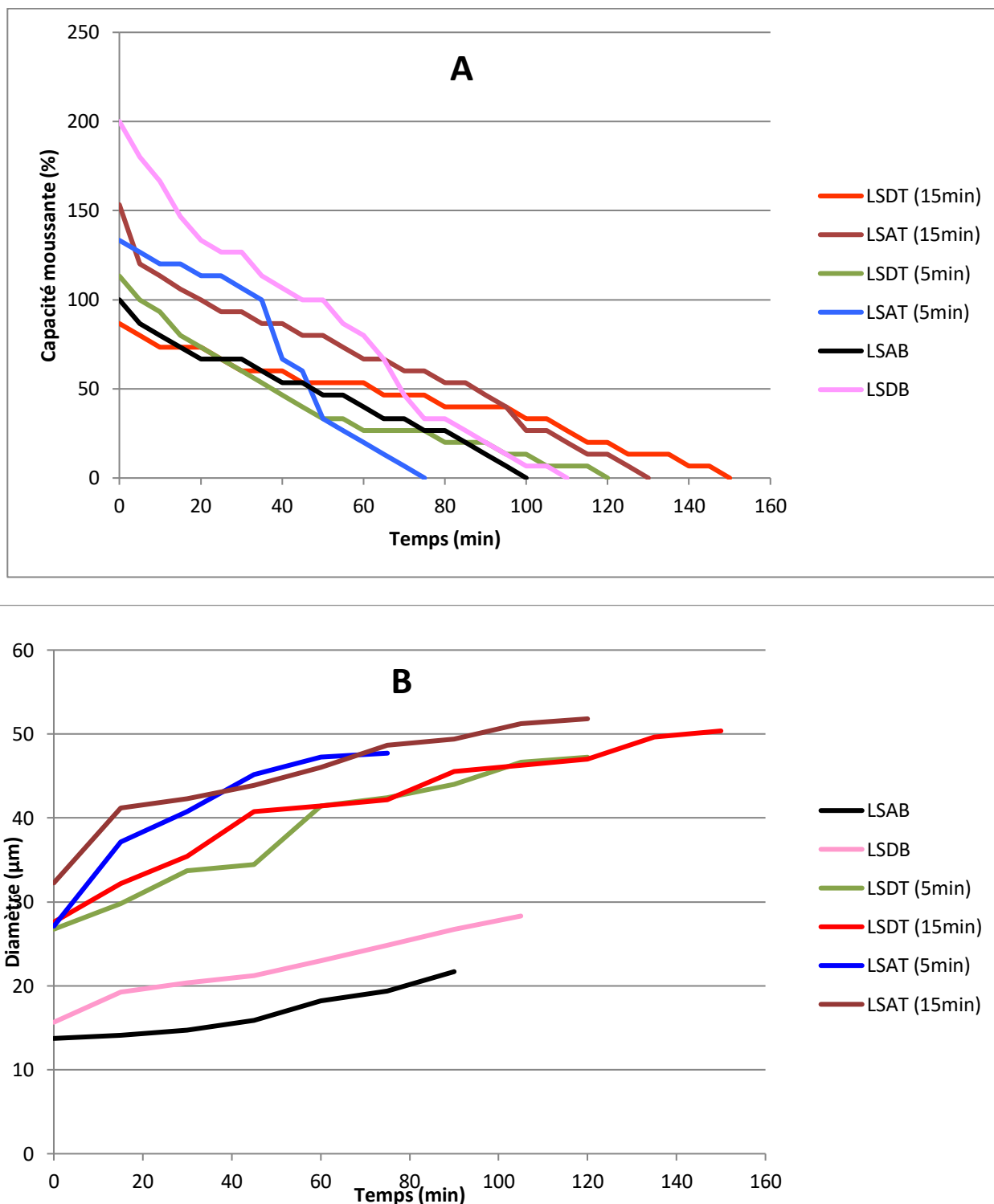


Figure 02 : Cinétique des capacités moussantes (A) et diamètres des bulles d'air (B) des lactosérums bruts et traités par ultrasons.

D'après la figure 2, les capacités moussantes et les diamètres des bulles d'air préparées à base des lactosérums bruts et traités par ultrason au cours du temps.

Nous remarquons une diminution de la capacité moussante dans la courbe (A) :

- Le lactosérum doux brut au temps $t=0$ la capacité moussante est de 200%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=110$ (min).
- Le lactosérum acide brut au temps $t=0$ la capacité moussante est de 100%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=100$ (min).
- Le lactosérum doux traité (5 min) au temps $t=0$ la capacité moussante est de 113.33%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=120$ (min).
- Le lactosérum acide traité (5min) au temps $t=0$ la capacité moussante est de 133.33%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=75$ (min).
- Le lactosérum doux traité (15 min) au temps $t=0$ la capacité moussante est de 86.66%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=150$ (min).
- Le lactosérum acide traité (15 min) au temps $t=0$ la capacité moussante est de 153.33%, puis il a diminué avec le temps jusqu'à sa disparition au temps $t=130$ (min).

Quant la figure 2 (B), nous notons une augmentation des diamètres des bulles d'air de lactosérums bruts et traités au cours du temps.

- Le lactosérum brut (acide /doux) au temps $t=0$ ($13.737\mu\text{m}/15.665\mu\text{m}$) le diamètre des bulles d'air est plus petit par rapport au temps $t=90$ (min)/ 105 (min) le diamètre des bulles d'air devient plus grand ($21.69\mu\text{m}/28.317\mu\text{m}$).
- Le lactosérum doux traité (5min) au temps $t=0$ le diamètre est petit ($26.751\mu\text{m}$), puis il a augmenté avec le temps est devient plus grand ($47.718\mu\text{m}$) au temps $t=120$ (min).
- Le lactosérum acide traité (5min) au temps $t=0$ le diamètre est petit ($27.112\mu\text{m}$), puis il a augmenté avec le temps est devient plus grand ($47.718\mu\text{m}$) au temps $t=75$ (min).
- Le lactosérum doux traité (15min) au temps $t=0$ le diamètre est petit ($27.594\mu\text{m}$), puis il a augmenté avec le temps est devient plus grand ($50.369\mu\text{m}$) au temps $t=150$ (min).
- Le lactosérum acide traité (15 min) au temps $t=0$ Le diamètre est petit ($32.258\mu\text{m}$), puis il a augmenté avec le temps est devient grand ($51.815\mu\text{m}$) au temps $t=120$ (min).

Parmi les lactosérums qui ont relève des bonnes stabilités de mousse au cours du temps sont :

- Lactosérum brut : lactosérum doux.
- Lactosérum traité par ultrasons :(5 min): Lactosérum doux traité.
(15min) : Lactosérum doux traité.

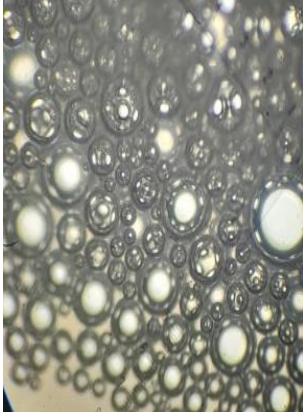
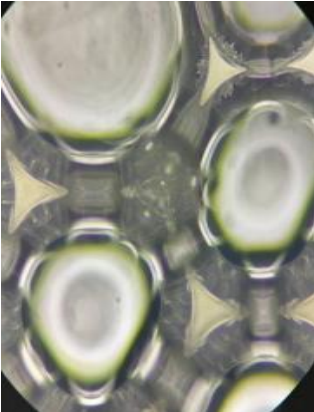
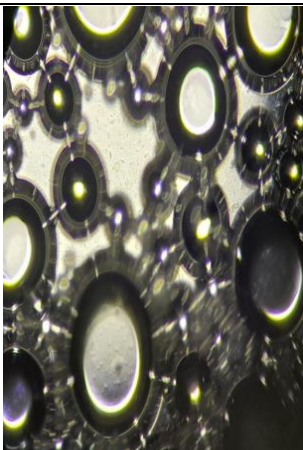
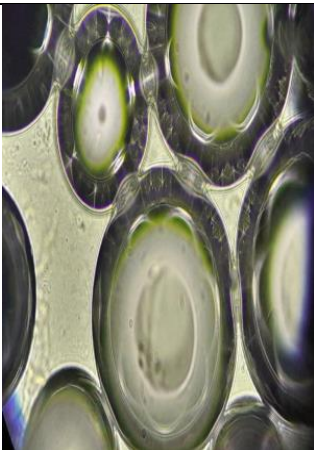
(15min) : Lactosérum acide traité.

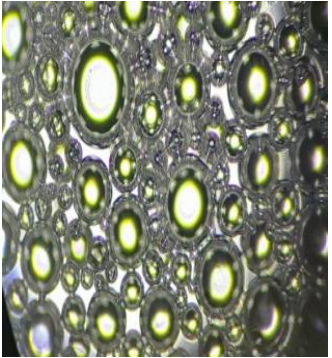
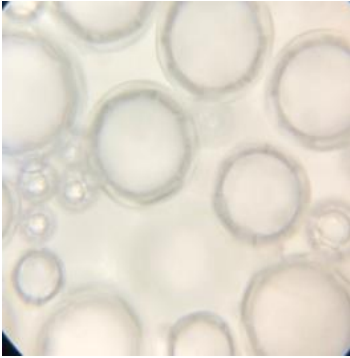
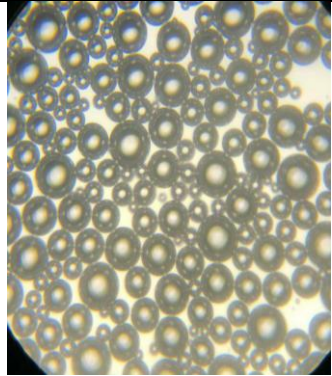
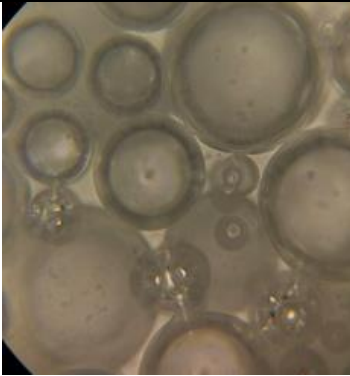
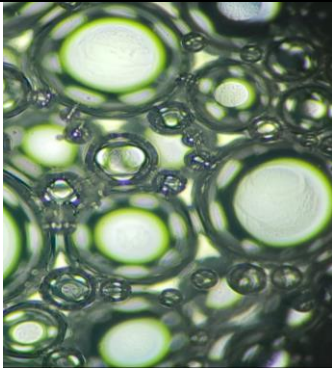
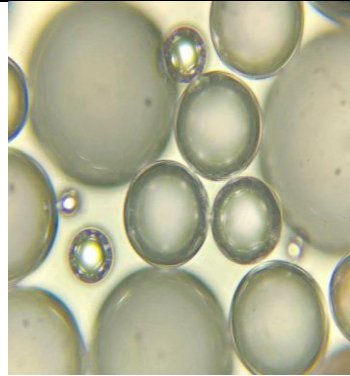
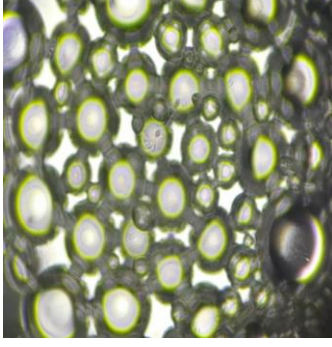
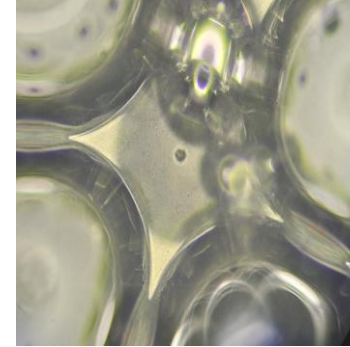
Il a été démontré qu'une des principales conditions de stabilité d'une mousse est que la phase aqueuse soit visqueuse. Ainsi, le film protéique formé permet dans un troisième temps à la mousse d'être stable en diminuant le drainage gravitationnel de la phase aqueuse et en réduisant les échanges gazeux entre les bulles (**Phillips et al. 1994 ; Cayot et Lorient, 1998**).

3.1. Prise des photos

Le tableau 09 présente les aspects microscopiques des mousses à base des lactosérums bruts et traités.

Tableau 09 : Aspects microscopiques des mousses à base des lactosérums bruts et traités.

Type du lactosérum étudié	Vue microscopique		Observation
	Gr×10	Gr×40	
LSD brut			Des bulles d'air en petites tailles Gr×10 dispersées
			Des bulles d'air en grosses tailles Gr×40
LSA brut			Des bulles d'air en petites tailles Gr ×10 dispersées
			Des bulles d'air en grosses tailles Gr ×40 dispersées

Type de lactosérum étudié	Vue microscopique		Observation
	GR : $\times 10$	GR : $\times 40$	
LSD traité par ultrasons (5min)			Des bulles d'air en petites taille dispersées Gr $\times 10$ Des bulles d'air en grosses taille dispersées Gr $\times 40$
LSD traité par ultrasons (15min)			Des bulles d'air en petites taille dispersées Gr $\times 10$ Des bulles d'air en grosses taille dispersées Gr $\times 40$
LSA traité par ultrasons (5min)			Des bulles d'air en petites taille dispersées Gr $\times 10$ Des bulles d'air en grosses taille dispersées Gr $\times 40$
LSA traité par ultrasons (15min)			Des bulles d'air en petites taille dispersées Gr $\times 10$ Des bulles d'air en grosses taille dispersées Gr $\times 40$

Conclusion Générale

Conclusion générale

Le présent travail s'est focalisé sur la mise en évidence des effets du traitement ultrasonore sur les propriétés physiques, chimiques et moussantes des lactosérums bruts (acide et doux).

En se basant sur les résultats trouvés : les paramètres physiques et chimiques analysés pour les deux types des lactosérums bruts (acide et doux) se différencient suite à leur origine (la matière première et le procédé réalisé pour leur obtention).

Le lactosérum doux brut a manifesté par un pouvoir moussant meilleur que celui remarqué pour le lactosérum acide brut et qui se traduit par une meilleure capacité moussante avec une longue stabilité.

Le traitement ultrasonore a modifié légèrement les paramètres physiques et chimiques des lactosérums bruts (acide et doux) à savoir : pH, acidité, conductivité électrique, viscosité, densité, indice de réfraction et °Brix.

Cet effet a amélioré leurs propriétés moussantes qui se traduit par des meilleures capacités moussantes enregistrées pour le lactosérum acide traité pendant 5 et 15 min avec des longues stabilités pour le lactosérum doux traité pendant 15 et 5 min et le lactosérum acide traité pendant 15min.

En perspective, nous proposerons un travail complémentaire et comparatif qui va porter sur l'étude des effets de l'homogénéisation à ultrasons sur les propriétés physiques, chimiques et moussantes des lactosérums bruts.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- ❖ **ACEM K, (2001):** Etude des propriétés émulsifiantes du lactosérum en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique. Thèse Magister, Ag. ISA Tiaret, p 87.
- ❖ **ADDA M, (2002) :** Contribution à l'étude de la fixation des protéines des lactosérums doux et acide par la bentonite de M'zila brute et traité, Mémoire Magister en science Agronomique, Tiaret p 81.
- ❖ **ADEME et AGRICE, (2001) :** Tensioactifs et oléagineux : Etude sur les matières premières oléagineuses disponibles sur le marché européen p12.
- ❖ **ADEME, (2002) :** Les énergies radiantes et leur application industrielle, Partenaire des entreprises, Centre d' Angers, pp23-26.
- ❖ **ADRIAN. J, LEGRAND .G, FRANGNE. R, (1981) :** Dictionnaire de Biochimie alimentaire et de nutrition, Tec et Doc. Lavoisier .paris. p223.
- ❖ **ADRIAN. J, POTUS .J, FRANRUE. R, 1995 :** La science alimentaire de A à Z, 2^{ème} édition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris. P243.
- ❖ **AFNOR, (1984) :** méthode d'analyse des corps gras graines oléagineuses, produits dérivés collections. AFNOR, France, p 455.
- ❖ **AGECO, (2007) :** Perspectives pour l'industrie de la transformation laitière québécoise, Rapport final, Industrie laitière canadienne, p6.
- ❖ **AKKAK. S, LAIREDJ. O, (2007) :** Caractérisation et valorisation du lactosérum en cosmétologie, Mémoire d'Ingénieur d'Etat en nutrition et technologie agro-alimentaire, Tiaret, p 84.
- ❖ **ALLOUCHE. J, (2003) :** Développement de nouvelles méthodes pour l'élaboration d'émulsions multiples eau/huile/eau, Thèse de Doctorat, Génie des Procédés, INPL, Nancy, pp 11-13.
- ❖ **ALVAREZ SOLANO. O, (2006) :** Emulsions inverses très concentrées : influence du procédé et de la formulation sur leurs propriétés rhéologiques, Thèse de Doctorat, Institut national polytechnique de Lorraine, p37.
- ❖ **AMARIGLIO. S, (1986) :** Contrôle de la qualité des produits laitiers, analyse physique et chimique des services vétérinaires (I.T.S.V), AFNOR, paris.
- ❖ **AMIROUCHE. L, (2001) :** Etude du pouvoir de sorption du Cuivre (II), du Zinc (II) et des poly phénols par les bentonites sous l'effet des irradiations micro-ondes, Mémoire de l'Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne Ecublens, p13.
- ❖ **ARDITTY. S, (2004) :** Fabrication, stabilité et propriétés rhéologiques des émulsions stabilisées par des particules colloïdales, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, p5.

- ❖ **AULIFFE M. K. W, SCOTTER D. R, MACGREGOR A. N, EARL K.W, (1982):** Casein whey waste water effects on soil permeability. Journal of Environmental Quality, p34.
- ❖ **BALME. D, et STACK. E. (1987).** Caractéristiques et applications actuelles agro alimentaires. Edition Adria. Paris. P591.
- ❖ **BARETTO P. L. M, ROEDER J, CRESPO J. S, MACIEL G. R, TERENCE H, PIRES A. T. N. et SOLDI V, (2003) :** Effect of concentration, temperature and plasticizer content on rheological properties of sodium caséinate / sorbitol solution and glass transition of their films, Food Chemistry, 82, 425-431
- ❖ **BECHER. P, (2001):** Emulsions, theory and practice, 3 rded; Oxford University press: New York.
- ❖ **BENAOUIDA. K, (2008) :** Etude de l'alpha amylase de levures isolées d'un écosystème extrême (sol environnant des sources thermales à et cultivées sur un milieu à base de lactosérum, thèse Magister, Université Mentouri Constantine, pp32-37.
- ❖ **BEUCHAT L. R, (1974):** Combined effects of water activity, solute, and température on the growth of *Vibrio parahaemolyticus*. Appl. Microbiol., 27 :1775-1079.
- ❖ **BONNET. M, (2008) :** Libération contrôlée du magnésium par des émulsions doubles : impact des paramètres de formulation, Thèse de Doctorat, Université Bordeaux 1, p 53-68.
- ❖ **BOUBEZARI. E, (2010) :** Contribution à l'évaluation des pratiques frauduleuses dans le lait à Gharb Chrarda bni Hsen, Lot 230 N°6 MAGHRIB ARABI, Kenitra, p 64.
- ❖ **BOUDIER J. F., (1978) :** Dictionnaire laitier, 2éme édition Tec et Doc- Lavoisier, paris,p220.
- ❖ **BOUDIER J. F et LUQUET F. M, (1981) :** Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale. Série synthèse bibliographique, N°21, PARIA, Paris, p96. **BOUTIN. C, (2000) :** Propriétés émulsifiantes et gélifiantes des protéines sériques polymérisées-application dans la fabrication de yogourts, université Laval, France, pp 7-15.
- ❖ **CAYOT. P, LORIENT. D, (1998):** Propriétés émulsifiantes. In : Structures et techno fonctions des protéines du lait, Lavoisier, Tec & Doc, Paris, pp287-315.
- ❖ **CENDRES. A, (2011) :** Procédé novateur d'extraction de jus de fruit par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus, thèse Doctorat, Spécialité : Biochimie, Université d'Avignon et des pays de Vaucluse, p 137.

- ❖ **CHATTERTON, D.E.W., NIELSEN, K.E., HOLST, H., BERTELSEN, H. et ALBERTSEN, K. (1998):** a-Lactalbumin-A protein ingredient for use in infant nutrition. In 25th International Dairy Congress. New Developments in Dairy Science and Technologies Denmark.
- ❖ **CHEFTEL. j, LUQ J. et LORIENT. D, (1985) :** Proteins alimentaires, Ed. Tec et Doc., Lavoisier, Paris, P309.
- ❖ **CHITOUR. C. E, 1992:** Physico-chimie des surface. S. Les interfaces liquide-liquide et gaz- liquide. Vol 1. Office des publications universités. Alger. Pp: 242.
- ❖ **COVIS. R, (2011) :** Synthèses de polysaccharides amphiphiles à partir de dextrane et application de la stabilisation d'émulsions directes et inverses, Institut national polytechnique de Lorraine, p 25.
- ❖ **De Wit, J.N, Hontelez-backx, E., & Adamse, M. (1988).** Evaluation of functional properties of whey protein concentrates and whey protein isolates. 3. Functional properties in aqueous solution. Netherlands Milk and Dairy journal, 42, p. 155-172.
- ❖ **DAMES. M, (2005) :** Méthodologie de modélisation et d'optimisation d'opération de dispersion liquide-liquide en cuve agitée, Thèse de Doctora, DEA Génie des Systèmes Industriels (ENSGSI-INPL-Nancy), pp13-15.
- ❖ **DAMODARAN. S, PARAF. A, (1997):** Food proteins and their application .New York, USA: Marcel Dekker, Inc.
- ❖ **DOUMEIX O, (2002):** Les émulsions, CNDP-CRDP, Paris, pp 10-15.
- ❖ **DUBOIS. M, GILLES. K. A, HAMILTON J.K, REBERS. P. A et SMTTH F, (1956):** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Anal. Chem. 28 (3):350-356.
- ❖ **DION. J-L, ALESSANDRO. M et PALO. C, (1997).** Ultrasonic inspection of fiber suspensions, the journal of the Acoustical society of American Vole 72. Issue 5. November. Pp1524-1526.
- ❖ **FEVRIER. C, (1977) :** Lactosérum et sous produits laitières dans l'alimentation du porc, inst.Tec. porc. série 1 .p :60-64.
- ❖ **ETIENNE, (1992) :** Dénaturation thermique et gélification des protéines de lactosérum en solution modèle et dans un aliment complexe, le fromage fondu à tartiner : effets du Nacl, du lactose et du glycérol, Thèse Doctorat, Université LAVAL QUEBEC, 5.
- ❖ **FIAUX. J, (2004) :** Epuration des petits-laits d'alpages par culture fixée sur lit de compost, Rapport technique, Sesa, Paris, p3.
- ❖ **FRANCOIS. R, (1974) :** les industries des corps gras, biochimie, extraction raffinage, misance et réclamation

- ❖ **FRESSE. M, MAKAW. D, (1986) :** High frequency ultrasonic properties of fresh water sick tissue. Edition Acoust soc Am. P1289.
- ❖ **FRUTEAU. H, (2004):** Energies à partir de petit-lait: comparaison des filières biogaz et bioéthanol, Chemin du Coteau 28, 1123 Aclens, p103.
- ❖ **GUERY. J, (2006) :** émulsions doubles cristallisables : stabilité, encapsulation et relargage, Thèse de Doctorat, Université de PARIS VI, p49.
- ❖ **GUEGUEN, (1977) :** La composition minérale du lait et son adaptation aux besoins minéraux du jeune. Annales de Nutrition et Alimentation. P25, 335-381.
- ❖ **GUINING. G-P., HIBBERD. D-J., HOWE. A.M., ROBINS. M.M. (1989).** Use of velocity of ultrasound to monitor gravitational separation on dispersion. Soc. Dairy., Techno 42. N° 03 pp70-77.
- ❖ **GREMY. F et LETERRIER. F, (1975) :** Eléments de biophysique générale et médicale, 2^{ème} Edition Flammarion. Médecine et science. Paris. P 749.
- ❖ **GUO W. LI. Z, FUNG B. M, O'REAR E. A, HARWELL J. H, PHYS. J, (1992):** Phys Chem. P96.
- ❖ **KNUSTON K, MARTH E et WAGNER M, (1987):** Microwave heating of food. Lebensm. Wiss. U Technol., 20: pp101-110.
- ❖ **HALLING P. J, (1981):** Proteins-stabilized foams and émulsion. CRC crit. Rev. FOOD SCI. Nutr., 15 : 155-203.
- ❖ **HAFSTEISSON. H, PARTERK. C-R, (1989) :** Application of ultrasonic waves to detect seal worms in fish tissue. P647.
- ❖ **Higuera-Barraza, O., Del Toro-Sanchez, C., Ruiz-Cruz, S., & Màrquez-Rios, E. (2016).** Effects of highenergy ultrasound on the functional properties of proteins. Ultrasonics sonochemistry, 31, 558-562.
- ❖ **HOWAT G. R et WRIGHT N. C, (1986):** Factors affecting solubility of milk powders. III-some physic-chemical properties of concentrated solutions of milk solids-Journal of Dairy Research 5, pp236-244.
- ❖ **GANNA. S et TOUZI A, (2001) :** Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. Rev. ENEG. Ren : pp51)58
- ❖ **Huffman, L.M. et Harper, W.J. (1999):** Maximizing the Value of Milk Through Séparation Technologies. J. Dairy Sci. p82
- ❖ **LAPLANCHE. J, (2004) :** Systhème d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. Revue suisse Agric., p 224.
- ❖ **LAUGHLIN. R. G, SOC. J, (1981):** Cosmet. Chem. (32) p37

- ❖ **LAUTERBORN W., (1980):** Cavitation and in homogeneities, sprunger verlag, Berlin, p 3-12.
- ❖ **LARPEN. C, (1992) :** Tensioactifs. In Techniques de l'ingénieur. Vol K 342, pp 1-15.
- ❖ **LECOQ. R, (1965) :** Manuel d'analyse alimentaire et d'expertises usuelles. Tome 1. Edition Doin et Cie. P: 200-203, 569, 1604, 1613.
- ❖ **LINDEN et LORIENT, (1994) :** Biochimie agro-industrielle, valorisation agro-industrielle, Ed, Masson, Paris, pp30-32.
- ❖ **LOWRY O. H, ROSEBROUGH N. J, FARR A. L et RANDALL R. J, (1951):** Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Biol. Chem. 193(1): 265-275.
- ❖ **LUCCHESI. M, (2005):** Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles, Thèse de Doctorat, Université de la Reunion, pp27-28.
- ❖ **MATHIEU. J, (1998) :** Initiation à la physicochimie du lait, Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, P220.
- ❖ **MATHIEU F, (2007) :** Optimisation des paramètres d'impression pour l'électronique imprimée sur supports souples, Thèse de Doctorat, INP Grenoble, p210.
- ❖ **MATHIS A, (1992) :** Les produits tensio actifs, Bulletin de l'union des physiciens N° 749, Lycée Jean Rostand 67000 Strasbourg, p1489.
- ❖ **MANGION. M. E, (1994):** « Proteins Interaction in Emulsion. »In Proteins functionality in food system, ed. G. R Hettiarachchy et N. S Ziegler. New York: Marcel Dekker Inc.
- ❖ **MARION. et DOUBLIER. J. L, (1992):** Agents émulsifiants in Additifs et Auxiliaires de fabrication dans les industries agro-alimentaires.
- ❖ **MARGULIS, (1999):** Theory of electrification of cavitation bubbles: new approaches, Ultrasonic Son chemistry, n°6, and pp 15-20.
- ❖ **MARSHALL. K. R, (1982):** Industrial fractionation of milk proteins: whey proteins. In: Developments in Dairy Chemistry 1-proteins, Chapter 12. Fox P. F. Applied Science Publishers. London and New York.
- ❖ **MARWAHA. S.S et KENNED J.F, (1988):** Review: whey-pollution problem and potential utilization. International Journal of food Science and Technology, pp323.

- ❖ **MASON. T. G, (2006):** Nanoémulsions: formation, structure, and physical properties. Journal of physics: condensed Matter, 18(41): p. R 635- R 666.
- ❖ **MAUDE. G, (2000):** Etude des propriétés émulsifiantes d'un complexe de Proteins de lactosérum et de carboxyméthylcellulose, Centre STELA, pp6-7.
- ❖ **MAYOT. E, (2007) :** Monobactames et thiazoles fluorocarbonés amphiphiles : vers des systèmes catanioniques à propriétés multiples, thèse de doctorat, Université Henri Poincaré, Nancy, pp20-22-27.
- ❖ **MEREO, (1977) :** Les utilisations industrielles du lactosérum de fromagerie IND .Agronomie. p817-827.
- ❖ **MENGUAL. O, MEUNIER. G, CAYRE. I, PUECH. K, et SNABRE. P, TURBISCAN. MA, (2000):** multiple light scattering measurement for concentrated emulsion and suspension instability analysis. Talanta, 1999.50(2): pp445-456.
- ❖ **MFM/NC, (2011):** Four à micro-ondes, Manuel d'instructions, Fox borough, p18.
- ❖ **MICHEALE. C. (2006).** La physique de A à Z. Edition Dunod. Paris. P328.
- ❖ **MOLL. M et MOLL. N, 1998 :** Additifs alimentaires et auxiliaires technologiques. DUNOD. Paris. P : 212.
- ❖ **NANCY. MC, DONALD, (2005) :** Commission canadienne du lait , Ingrédients laitiers. [http : //www.ingrédients.laitiers. ca](http://www.ingrédients.laitiers.ca) .p16.
- ❖ **NELSON. S. O, (2000) :** Electrical propriétés of agricultural products. A critical review. Transaction of the ASAE. 16(2): pp 384-400.
- ❖ **NOIRET. N, BENVENU. T et PLUSQUELLEC. D, (2002) :** Surfactants from renewable resources. Actualite Chimique. Pp11-12.
- ❖ **NIKOLOV.S.K.H., MICKHALENKO.B.S., SELIKOVA .L(1970) :** Proteolysis of the proteins of cow's milk and hen's eggs after ultrasonic treatment. Prih ladaya biok. Biok microbial.p200.
- ❖ **PITOT.P., (1984) :** Incorporation des lipides de sérum dans des crèmes de consommation : influence sur leurs propriétés fonctionnelles. Mémoire de fin d'étude E.N.S.F.

- ❖ **PETIT. B., RITZ. M. et FEDERIGHI. M. (2002).** Nouveau traitement physique de conservation des aliments. 2^{ème} partie. 664.
- ❖ **PETRIER. C., (1994):** Son chemical degradation of phenol in dilute aqueous solution comparisons of the reactor rates at 20 kHz and 487 kHz ,J . Phys. Chem, pp 10514-10520.
- ❖ **PIERRE. A, BRULE. G, FAUQUANT. J, (1977) :** Dénaturation des protéines solubles in Influence des traitements thermiques sur les propriétés physico-chimiques des régentats obtenus par ultra filtration de lait, pp 569-570.
- ❖ **PEREZ-GAGO, M. et KROCHTA, J.M, (2002):** Formation and properties of whey proteins films and coatings. In protein -based films and coatings, p.650.Edited by A. Gennadios. USA: CRC press.
- ❖ **Phillips, L.G,Whitehead,D.M.,& Kindsella, J.(1994).** In: Structure-Function Properties of Food Proteins.Academic Press. San Diego.
- ❖ **RODRIGUEZ. ROJAS. M, (2007):** Emulsification en Cuve Agitée: rôle du Protocole Opérateur sur l'inversion de phase Catastrophique, Thèse de doctorat, Institut national polytechnique de Toulouse, p221.
- ❖ **RONDEL. C, (2009):** Synthèses et propriétés de mélanges de nouvelles molécules polyfonctionnelles lipopeptidiques tensioactives, thèse de doctorat, sciences des agroressources, INP Toulouse, pp19-20.
- ❖ **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). Oléosines, new emulsifiers from plants. Comparison between oil bodies from plants (A. thaliana) and from yeasts (Y. lipolytica), these de doctorat, INRA/INA P-G, pp24-25.
- ❖ **RYYNANEN. S et OHLSON. T, (1996) :** Microwave heating uniformity of ready meals as affected by placement, composition and geometry. J. Food Science.61 (3): pp 620-624.
- ❖ **TAYEB K, (2006):** Effet des ultrasons sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum dé lactosé, Thèse DES en biochimie.
- ❖ **THAKUR, R. K. VILLETTE, C. AUBRY, J.M. et DELAPLACE. G, (2008):** Dynamique émulsification and catastrophic phase inversion of lecithin-based emulsions. Colloïdes et Surfaces. 315, pp 285-293.
- ❖ **TREMOULIES. J, SERVILLE. Y, JAQUOT R.J, (1989) :** Les bases de l'alimentation manuelle d'alimentation humaine. ESF. Paris. P55.
- ❖ **THIERRY, LEFUBE, MARIELAURE, FOLLUT, (2012) :** Le traitement des effluent de la filière lait fromage, France. p31.
- ❖ **TOURNAIRE, DRAPROND, (1987) :** Activité de la lipase en milieu eau glycerol et eau glycol, Science des aliments pp411-431.

- ❖ **VACA MEDINA. G, (2010)** : Elaboration des émulsions natives issues des graines oléoprotéagineuses et transformation catalytique de la fraction lipidique en biolubrifiants écolabellisables, Thèse de Doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse, pp23-24-36
- ❖ **VIERLING E, LEYAL J, (2003)** : Science des aliments, et boissons : filières et produit, Doin éditeur, CRDP d'aquitaine, pp27.
- ❖ **VEISSEYRE, (1975)** : Technologie du lait, 3^{ème} édition, La Maison Rustique, paris, p698.
- ❖ **VRIGNAUD. Y, (1983)** : Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière Française. P 422.
- ❖ **SCHORI F, (2009)** : Valoriser le petit-lait par les bovins, Fiche technique, Agroscope, pp 1-4.
- ❖ **SELMANE. D, (2010)** : Etude de l'Extraction des protéines de Protéines de Coproduits d'Abattage et de leur Valorisation comme Ingrédients Fonctionnels, Thèse Doctorat, Université Blaise Pascal, pp60-115.
- ❖ **SIGHUSSON. H., ZEIGELER. G. C. (2003)** : Ultrasonic monitoring of food freezing, p269.
- ❖ **STOCKER. H., JUNDT. F., GUILLAUNE. G. (1998)**. Tout la physique. Edition Dunod. Paris.p336.
- ❖ **SINGH R.P et HELDMAN D.R, (1993)**: Heat transfer in food processing. In Introduction to Food Engineering. Third edition. Academic Press. pp 306-314.
- ❖ **SOTTIEZ p., 1990**: produits dérivés des fabrications fromagères : in lait et produits laitiers, Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, pp 357-392.
- ❖ **SMITHERS, G.W, BALLARD,F.J, CPELAND, A.D, DE SILVA , K.J, DIONYSIUS, D.A, FRANCIS, G.L., GODDARD, C., GRIEVE, P.A, MCINTOSH, G.H., MITCHELL, I.R, PEARCE, R.J.ET REGESTER, G.O (1996)**: New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins .j. Dairy sci.79(8).
- ❖ **YANG. S. Y, JONES. J. H, and OLSEN. F. J, PETERSON. J, (1980)**: Soil as a medium for dairu liquid waste disposal. Journal of Environmental Quality, pp370-372.
- ❖ **YIN. L, (2008)**: Etude et Réalisation d'une commande moteur pas-à-pas, Réalisation de la carte de commande et programmation de la carte PCI 4400, Rapport de Stage, Supélec, Plateau du Moulon, F-91192 Gif-Sur-Yvette Cedex, France, p 40.
- ❖ **WAKIM. H, (2008)** : Effet d'un chauffage micro-ondes et conventionnel sur la thermorésistance d'une Salmonelle traitée dans un produit à basse activité d'eau, Conséquences sur la qualité du produit, Thèse de Doctorat, Génie des Procédés, ENSIA, Paris, pp 25-30.
- ❖ **Woo. A, (2002)** : Grande diversité du lactosérum, ingrédients laitiers, commission canadienne du lait couverte : présentation de Beverley Wholesale Inc.

- ❖ **ZHANG. H, DATTA. A.K, TAUB. I et DOONA, (1999):** Experimental and numerical investigation of microwave sterilization of solid foods. Accepted pending version in AICHE Journal.
- ❖ **WIT. J.N, (1998):** Nutritional and functional characteristics of whey proteins in food products .J. Dairy sci 81(3), 597-608.

Annexes

Annexe 01 :

Tableau 10 : paramètres physico-chimiques du lactosérum brut/ traité par ultrasons.

Paramètres	Lactosérum Traité				Lactosérum brut		
	LSD		LSA		LSD	LSA	
	t = 5min	t = 15min	t = 5min	t = 15min			
Densité à 20°C	1,0279	1,0283	1,0295	1,028	1,0289	1,0296	
Viscosité (cP)	2,7741	2,8005	1,1873	1,0567	2,1118	1,0552	
Acidité (°D)	16	17	54	56	13	53	
Ph	6,35	6,31	4,5	4,47	6,5	4,6	
CE (mS/cm)	5,63	6	8,75	8,84	5,6	8,64	
Indice de réfraction (n_D²⁰)	1,345	1,345	1,3445	1,3442	1,3445	1,344	
°Brix (%)	8	8	7,75	7,25	7,2	6,5	
Cendres (g/l)	6,66	6,78	7,96	7,88	6,12	7,82	
Protéines (%)	8,46	7,61	5,88	5,8	8,53	6	
Lactose (g/l)	38,68	39,27	29,93	30,92	38,35	30,52	
La mousse (cm)	2	2,3	1,7	1,3	3	1,5	
Température °C	Avant	23	23	23,3	23,3	20	20
	Après	27	29	26	29	20	20

Annexes 02 : Expression des résultats pour le dosage du lactose par la méthode de DUBOIS et al, (1956) :

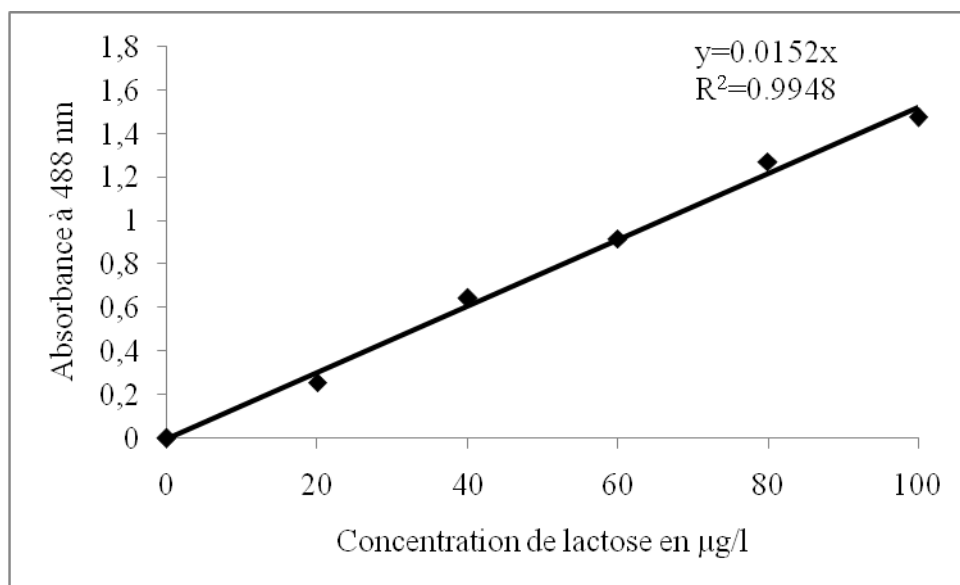
Préparation de la courbe d'étalonnage

La gamme-étalon de la courbe a été établie à partir de solution mère de lactose à des concentrations comprises entre 0 et 100 µg/ml, la gamme-étalon est donnée dans le tableau suivant :

Annexe 2a : gamme d'étalonnage de la courbe de dosage de lactose :

Concentration de lactose (µg/ml)	0	20	40	60	80	100
Solution mère (ml)	0	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Eau distillée (ml)	1	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Phénol à 5% (ml)	1	1	1	1	1	1
Acide sulfurique (ml)	5	5	5	5	5	5

La figure représente la courbe d'étalonnage de lactose



Annexe 2b: Courbe d'étalonnage du lactose

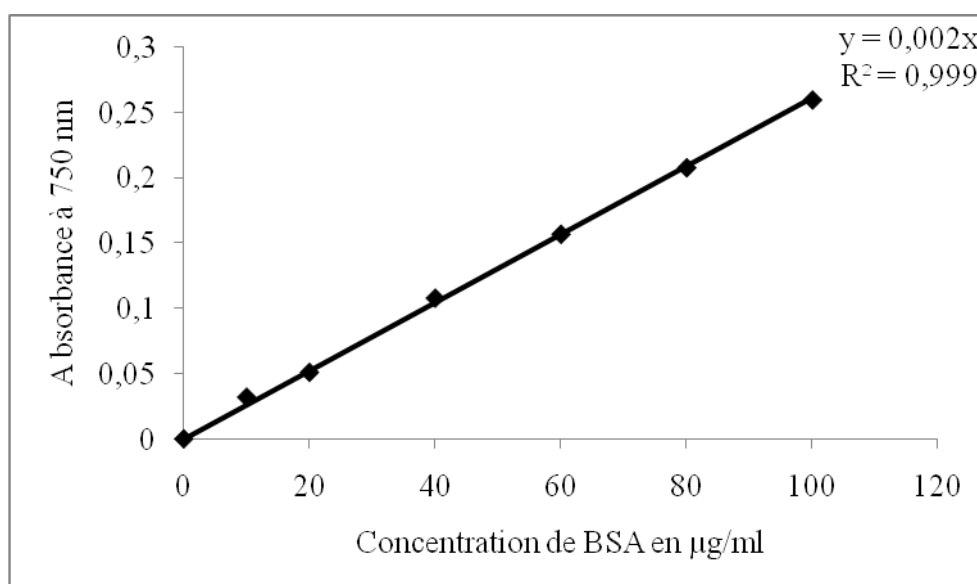
Annexe 03 : Expression des résultats pour le dosage des protéines par la méthode de LOWRY *et al* ;(1951)

La gamme-étalon est établie à partir d'une solution mère de BSA dont les concentrations sont comprises entre 0 et 100 µg/ml. Le mélange réactionnel de différentes concentrations est préparé selon le tableau

Annexe 3a: Gamme d'étalonnage de la courbe de dosage des protéines.

Concentration de BSA (µg /ml)	0	10	20	40	60	80	100
Solution BSA (ml)	0	0.1	0.2	0.4	0.6	0.8	1
Eau distillée (ml)	1	0.9	0.8	0.6	0.4	0.2	0
Réactif C (ml)	5	5	5	5	5	5	5
Solution E (ml)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

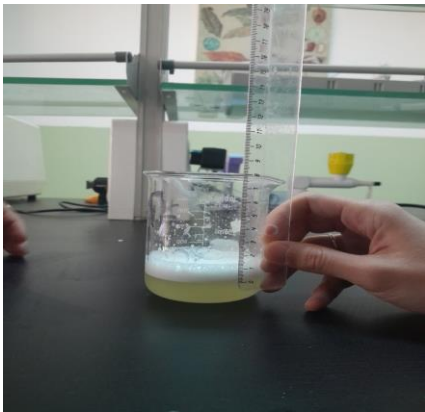
La figure représente la courbe d'étalonnage des protéines.



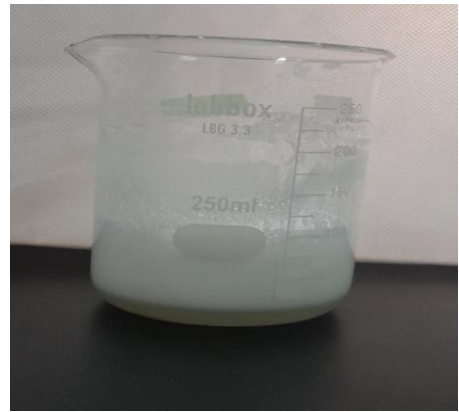
Annexe 3b : Courbe d'étalonnage des protéines

Annexe 04 :

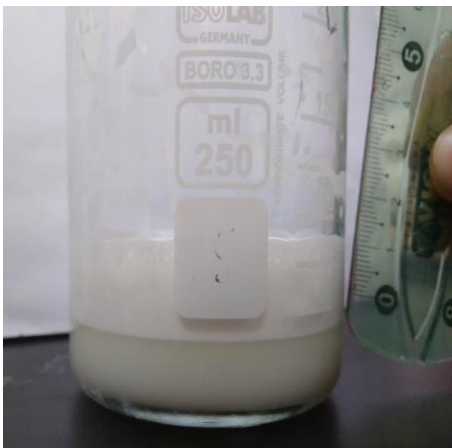
Prise des photos pour les lactosérums acides et doux traité par ultrasons :



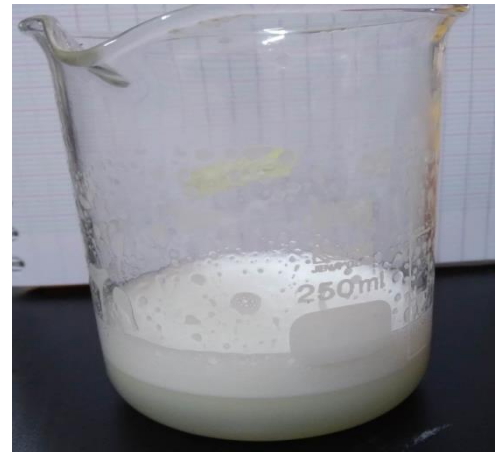
Le volume de mousse de lactosérum acide brut



le volume de mousse de lactosérum doux brut



Le volume de mousse de LSDT (5min)



Le volume de mousse de LSDT (15min)



Le volume de mousse de LSAT (5min)



le volume de mousse LSAT (15min)



1. LSA avant ultrasons



2. LSA après ultrasons



1. LSD avant ultrasons



2. LSD après ultrasons

Annexe 05: les valeurs des capacités moussantes et diamètres des lactosérums bruts et traités par ultrasons.

Temps (min)	CM (LSD 15min)	CM (LSA 15min)	CM (LSD 5min)	CM (LSA 5min)	CM [LSAB (%)]	CM [LSDB (%)]
0	86,66	153,33	113,33	133,33	100	200
5	80	120	100	126,66	86,66	180
10	73,33	113,33	93,33	120	80	166,66
15	73,33	106	80	120	73,33	146,66
20	73,33	100	73,33	113,33	66,66	133,33
25	66,66	93,33	66,66	113,33	66,66	126,66
30	60	93,33	60	106,66	66,66	126,66
35	60	86,66	53,33	100	60	113,33
40	60	86,66	46,66	66,66	53,33	106,66
45	53,33	80	40	60	53,33	100
50	53,33	80	33,33	33,33	46,66	100
55	53,33	73,33	33,33	26,66	46,66	86,66
60	53,33	66,66	26,66	20	40	80
65	46,66	66,66	26,66	13,33	33,33	66,66
70	46,66	60	26,66	6,66	33,33	46,66
75	46,66	60	26,66	0	26,66	33,33
80	40	53,33	20		26,66	33,33
85	40	53,33	20		20	26,66
90	40	46,66	20		13,33	20
95	40	40	13,33		6,66	13,33
100	33,33	26,66	13,33		0	6,66
105	33,33	26,66	6,66			6,66
110	26,66	20	6,66			0
115	20	13,33	6,66			
120	20	13,33	0			
125	13,33	6,66				
130	13,33	0				
135	13,33					
140	6,66					
145	6,66					
150	0					

Annexe 06 : Les valeurs des diamètres des bulles d'air des lactosérums bruts et traités par ultrasons.

temps (min)	D LSAB	D LSDB	D LSD (5min)	D LSD (15min)	D LSA (5min)	D LSA (15 min)
0	13,737	15,665	26,751	27,594	27,112	32,258
15	14,098	19,28	29,763	32,173	37,114	41,211
30	14,701	20,364	33,74	35,427	40,729	42,295
45	15,906	21,203	34,463	40,729	45,187	43,862
60	18,195	23,015	41,452	41,452	47,236	46,031
75	19,4	24,823	42,416	42,175	47,718	48,682
90	21,69	26,751	43,982	45,549		49,405
105		28,317	46,633	46,272		51,212
120			47,236	46,995		51,815
135				49,646		
150				50,369		

Résumé

Le lactosérum est un déchet fromager et une source de pollution biologique car il est très riche en fractions organiques (lactose et protéines) affectant par la suite la qualité de l'environnement ; le travail que nous avons effectué entrant dans la valorisation de ce noble rejet ; pour cela nous avons étudié l'effet du traitement par les ultrasons sur les propriétés physicochimiques, biochimiques et le pouvoir moussant du lactosérum.

Notre projet est subdivisé en deux parties ; en premier nous avons étudié les comportements physicochimiques des lactosérums bruts traités par les ultrasons, et en deuxième partie nous avons estimé les comportement de pouvoir moussant pour les lactosérums bruts et traités par des ondes ultrasons. Les résultats montrent que les valeurs des propriétés physicochimiques et biochimiques du lactosérum étudié différent en fonction de la sévérité de traitement ultrasonique et le temps de traitement, ainsi qu'elles sont variables suivant le type du lactosérum. Le lactosérum brut traité par ultrasons se caractérise par une grande stabilité moussante par rapport à celui non traité.

Mots clés :

Ultrasons, Protéines, Lactosérum, pouvoir moussant, Environnement.

ملخص

مصل اللبن هو نفايات الجبن ومصدر للتلوث البيولوجي لأنه غني جداً بالكسور العضوية (اللاكتوز والبروتينات) التي تؤثر لاحقاً على جودة البيئة؛ العمل الذي قمنا به للدخول في تقييم هذا الرفض النبيل. لهذا قمنا بدراسة تأثير العلاج بالموجات فوق الصوتية على الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية وقوة رغوة مصّل اللبن.

ينقسم مشروعنا إلى قسمين ؛ أولاً درسنا السلوك الفيزيائي الكيميائي لمصل اللبن الخام المعالج بالموجات فوق الصوتية ، وفي الجزء الثاني قدرنا سلوك قوة الرغوة لمصل اللبن الخام والمعالج والمجهز بالموجات فوق الصوتية. أظهرت النتائج أن قيم الخصائص الفيزيائية والكيميائية الحيوية لمصل اللبن المدروسة تختلف باختلاف شدة العلاج بالموجات فوق الصوتية ووقت العلاج ، كما أنها متغيرة وفقاً لنوع مصّل اللبن. يتميز مصّل اللبن الخام المعالج بالموجات فوق الصوتية باستقرار رغوة عالي مقارنة بالذي لم تتم معالجته.

الكلمات الدالة:

الموجات فوق الصوتية ، البروتينات ، مصّل اللبن ، قوة الرغوة ، البيئة

