

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية



République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Ibn Khaldoun –Tiaret–

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Nutrition et Technologie Agro-Alimentaire

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 :

Melle. MAZOUZ Bochra

Melle. LOUDAHI Khaldia

Melle. BEN ASLOUN Soumia

Thème

**Caractérisation et étude des propriétés moussantes des
lactosérums bruts et traités par thermo-sonication.**

Soutenu publiquement le

Jury:

Président: Mr. METTAI Kamel

Encadrant: Mr. ACEM Kamel

Examineur : M^{elle} . LARADJ Zazou K

Année universitaire 2022-2023

Remerciement

Nous tenons tout d'abord à remercier ALLAH le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience d'accomplir ce modeste travail.

*Nous exprimons nos profonds remerciements avec grandeur à notre Encadreur, **Mr ACEM K** pour l'aide qu'il nous a apporté, sa compétence, sa patience et sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été précieux pour structure et élaborer ce travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous le remercions vivement.*

*Nous remercions vivement et très respectueusement les membres de jury, qui nous ont honorés en acceptant d'examiner notre travail, **Mr Mettai** pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury et **Mme Laradj-Zazou K** d'avoir accepté d'examiner et de valoriser notre travail.*

Un grand mercîment aux enseignants de l'université Ibn Khaldoun- Tiaret qui ont contribué à notre formation.

Ensuit nous tenons à remercier toute l'équipe de les laboratoires de la Technologie Alimentaire et physiologie végétale applique au culture hors sol.

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

M. Bochra / L. Khaldia / B. Soumia

Dédicace

Je dédie ce modeste travail

Merci ALLAH de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir .la patience d'aller jusqu'un bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire « YA KAYOUM »

*A mon cher père **ARBI** ,pour m'avoir toujours encouragé à continuer mes études .qui prolonge une longue vie .*

A ma mère ,pour l'affection et l'amour qui m'a donné le courage dans les moments le plus difficile .

A mes sœurs et mes frères ainsi a toute ma famille

A tous mes Amis

KHALDIA



Dédicace

Je dédie ce mémoire

Je voudrais d'abord remercier ALLAH d'avoir atteint ce stade et de m'avoir accordé le succès dans ce travail.

En premier lieu à vous mes très chers parent, aucune dédicace ne peut exprimer ma gratitude et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie.

*A mes très chers frères **Khaled** et **Sofiane** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

*A mes chères sœurs **Rekaya**, **Aya** et aussi mes belles sœurs **Rekaya** et **Ahlem**.*

*Et aussi aux meilleurs et plus chers amis **Ahlem**, **Nafissa**, **Khaldia** et **Linda**.*

*A mes binômes **Khaldia** et **Soumia**, c'est un honneur et un plaisir pour moi de faire ce mémoire avec eux, ainsi qu'à tous les membres de leur famille.*

Et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin pour que ce projet soit possible.

BOCHRA



Dédicace

J'ai l'honneur de dédier ce modeste travail réalisé grâce à l'aide de ALLAH tout puissant.

A

Qui s'est sacrifiée pour moi afin de me rendre heureuse, ma chère maman.

La personne qui m'a encouragée et soutenue tout au long de mes années scolaires.

Merci pour ton amour et ta totale confiance en moi, mon cher Papa.

A mon cher frère, et mes chères sœurs

Mes distingués professeurs, mes chers amis.

SOUMIA



Liste des abréviations

α -La : α -Lactalbumine.

β -Lg : β -Lactoglobuline.

$^{\circ}$ D : Degré Dornic.

BSA : Bovine Sérum Albumine.

CM : capacité moussante.

cP : Centipoise.

FOA : Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Ig: immunoglobuline.

kDa: kilo Dalton.

LSA: Lactosérum acide.

LSATT: Lactosérum acide traité par thermo-sonication.

LSD : Lactosérum doux.

LSDTT : Lactosérum doux traité par thermo-sonication.

LST C/U : Lactosérum traité par combinaison Chauffage/ Ultrason.

LSTC : Lactosérum traité par Chauffage.

LSTU : Lactosérum traité par Ultrason.

MG : matière grasse.

ms/cm : mili siemens par centimètre.

R² : coefficient de corrélation.

Liste des tableaux

Tableau 1- 1 : différentes types du lactosérum	6
Tableau 1- 2 : Composition moyenne du lactosérum doux et acide.....	7
Tableau 1- 3 : Teneurs moyenne en éléments minéraux du lactosérum	8
Tableau 1- 4 : Teneur en vitamines dans le lactosérum.....	8
Tableau 1- 5 : propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum.....	9
Tableau 1- 6 : Principales enzymes retrouvées dans le lactosérum.....	10

Liste des figures

Figure 3- 1 : Protocole expérimental.....	21
Figure 3- 2 : Cinétiques des capacités moussantes (A) et des diamètres des bulles d'air (B) des lactosérums bruts et traités par thermo-sonication.....	34

Sommaire

Remerciement

Dédicace

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction.....1

Partie Bibliographique

Chapitre I : Le lactosérum

1. Définition	5
2. Différents types du lactosérum.....	5
2.1..Lactosérum doux	5
2.2.Lactosérum acide.....	5
3- La composition du lactosérum.....	6
3.1.Lactose	7
3.2.Minéraux	7
3.3.Vitamines	8
3.4.Les protéines du lactosérum.....	9
3.5.Les enzymes	10
4 .Les valeurs nutritionnelles du lactosérum	10
5. Valorisation du lactosérum.....	11

ChapitreII : Les mousses

1. Le pouvoir moussant	14
1.1.Définition	14
1.2. Les facteurs influençant la formation et la stabilité de la mousse	15

Partie Expérimental :

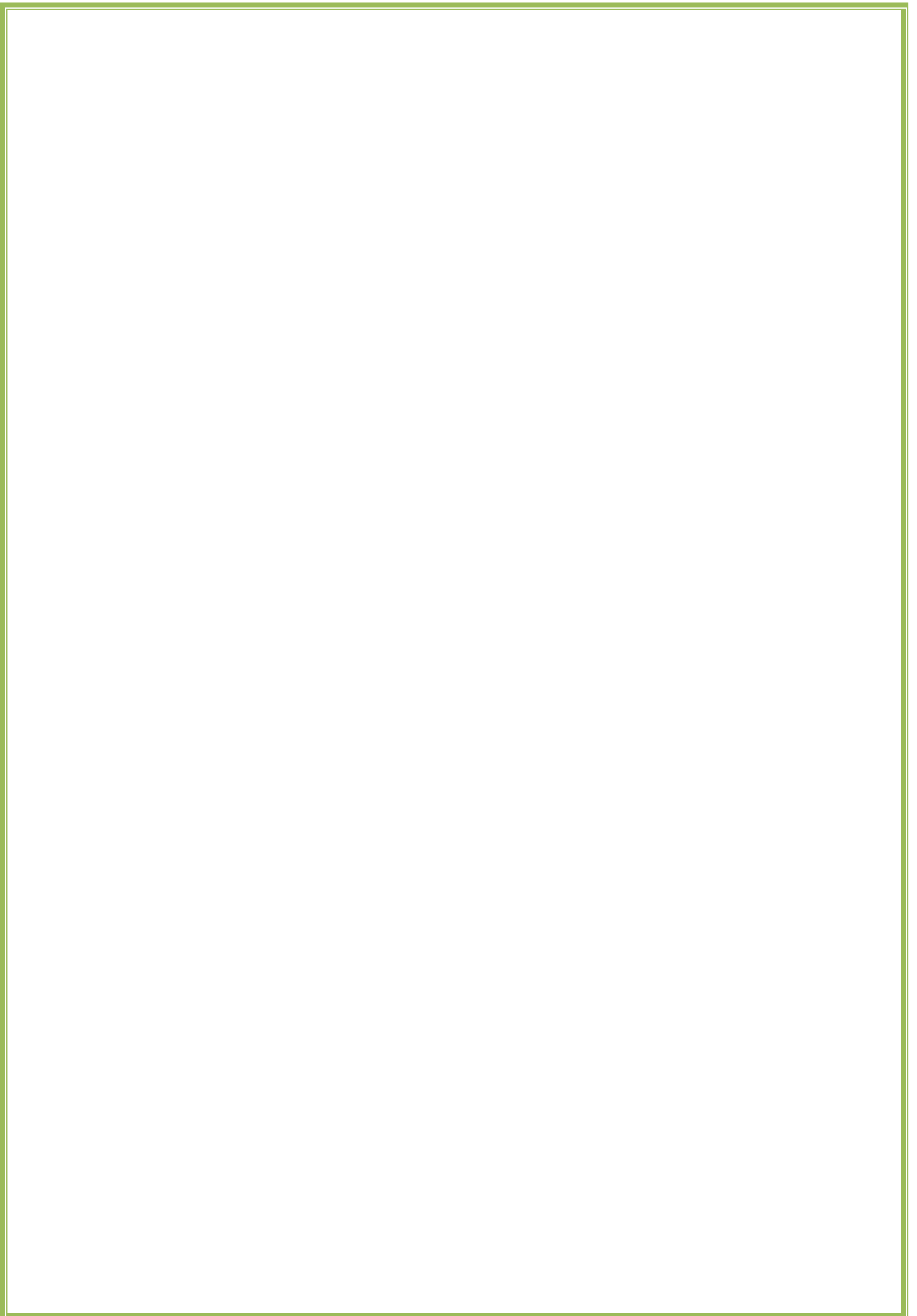
Chapitre III :Matériel Et Méthodes

1. Lieu et temps de travail.....	19
2. Objectifs	19

3. Matériels et produits utilisés	19
3.1.Matière première utilisées	19
3.1.1.Les lactosérums.....	19
3.1.2.Présure.....	19
3.2.Appareillages.....	19
3.3.Verreries.....	20
3.4.Produits chimiques.....	20
4. Protocole expérimental.....	21
5. Préparation des matières premières	22
5.1.Préparation de lactosérum doux.....	22
5.2.Préparation de lactosérum acide.....	22
5.3.Préparation de présure.....	22
6. Méthodes d'analyse.....	22
6.1.Analyse physiques	22
6.1.1.Densité.....	22
6.1.2.Viscosité.....	23
6.1.3.Indice de réfraction et Degré Brix	23
6.1.4.Cendres	24
6.2.Analyse chimiques.....	24
6.2.1. pH	24
6.2.2.Acidité titrable.....	24
6.2.3.Conductivité électrique	25
6.3.Analyses biochimiques	25
6.3.1.Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al.,(1965).....	25
6.3.2.Dosage de lactose par la méthode de DUBOIS et al., (1956).....	25
7. Etude de mousse lactosérum brut et non traité.....	26
7.1.Capacité moussant	26
7.2.Diamètre des bulles d'air.....	27
8. Thermo-sonication des lactosérums bruts	27

Chapitre IV : Résultat Et Discussion

1. Lactosérum brut	29
1.1.Paramètres physicochimiques et biochimiques moyens des lactosérums	29
1.1.1.Cendres	29
1.1.2.Acidité	29
1.1.3.Conductivité électrique.....	30
1.1.4.pH.....	30
1.1.5.Densité.....	30
1.1.6. Indice de réfraction	30
1.1.7.Viscosité	30
1.1.8.Degré Brix	30
1.1.9.Lactose	31
1.1.10.Protéine.....	31
2.1 Caractérisation physicochimique et biochimique du lactosérum brut traité par thermo-sonication	31
2.1.1 Acidité et pH	31
2.1.2.Cendres et conductivité électrique	32
2.1.3.Densité et viscosité	32
2.1.4.Degré Brix et Indice de réfraction	32
2.1.5.Protéines.....	33
2.1.6.Lactoses	33
3. Etude des pouvoir moussants du lactosérum brut (non traité) et traité.....	33
3.1.Capacité moussants.....	33
3.2.Diamètre des bulles d'air.....	33
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	39
Annexes	
Résumé	



Introduction



Introduction

Introduction

Le lactosérum est un produit découvert il y a plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des Bédouins lors du transport du lait : l'acidification et la coagulation par la chaleur , provoquent la formation d'une phase liquide au-dessus d'un caillé du lait (**De Witt , 2001**) .

Pendant de nombreuses années, le lactosérum ou petit lait a été considéré comme un déchet encombrant, un sous-produit des fromageries et caséineries dont l'utilisation, lorsqu'elle en était faite, se limitait à l'alimentation animale et à la fertilisation des champs (**SOTTIEZ, 1975**).

L'industrie de lactosérum a connu un essor très important ces dernières années dans les pays développés. La stimulation de ce développement est liée d'une part au potentiel énorme de pollution provoqué par ce produit et d'autre part au fait que la majorité de sa matière sèche est constituée d'éléments à haute valeur nutritive. (**MOETTA, 2002**).

Le lactosérum , coproduit de l'industrie laitière , est incontestablement une matière noble et riche .En effet , il est devenu une source intéressante de composés actifs et de nutriments spécifiques , présentant des propriétés incomparables , tant sur le plan nutritionnel que sur le plan techno-fonctionnel , tels que le lactose , les protéines solubles , les vitamines hydrosolubles, les matières grasses et les éléments minéraux (**BENAISSA, 2018**) .

Ces quantités massives font de la gestion du lactosérum un enjeu à la fois économique et écologique. Economique puisque la gestion de chaque Kilogramme de produit (le terme produit inclut produits finis , coproduits et sous-produits) représente un coût pour le transformateur industriel , et écologique puisque le lactosérum , s'il n'est pas géré correctement , représente un polluant majeur il serait à l'origine de pollution grave due à la fermentation de ses matières organique (lactose et matières azotées) et à la diminution de la teneur en oxygène dissous de l'eau au-dessous d'un seuil acceptable (**SMITHERS, 2004**) ; Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est nécessaire , surtout que les quantités produites ne cessent d'augmenter .

En Algérie, l' inexistence d'une mise en valeur du lactosérum est le résultat de l'absence d'une réglementation stricte , émanant des pouvoirs publics , pouvant interdire le rejet de ce produit dans la nature . Le rejet du lactosérum dans les égouts représentant une perte sèche d'éléments nutritifs ; L'industrie fromagère rejette quotidiennement 6000 litres de lactosérum

Introduction

par jour, soit 4 à 12 kg pour 1 kg de fromage produit (**GANNA et TOUZI, 2001**). Au cours de ces dernières années, plusieurs travaux apportent des nouvelles connaissances sur la valorisation du lactosérum ont été réalisés au niveau des universités algériennes.

Dans ce contexte ; notre travail s'est focalisé sur la caractérisation physicochimique des lactosérums bruts et traités par la thermo-sonication et évaluation de leurs propriétés moussantes.

Partie
Bibliographique



Chapitre I :
Le lactosérum



1. Définition

Lactosérum est un sous-produit obtenu suite à la coagulation des caséines sous l'action de la présure (lactosérum doux), ou suite à l'acidification du lait (lactosérum acide) (**MORR, 1989**).

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage. La fraction liquide ainsi recueillie s'appelle le lactosérum. Ce dernier est un sous-produit de la fromagerie et de la caséinerie, son pH est compris entre 5 et 6.5. Il représente près de 90% du lait mis en œuvre (**KOSIKOWSKI, 1979 ; MEREIO, 1980**).

Le lactosérum un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 50% des nutriments du lait de départ : protéines solubles, lactose vitamines, Minéraux (**TETRA pack PROCESSING system, 1995**).

La production de 10 L de lait permet d'obtenir 1 kg de fromage et 9 L de lactosérum soit 600 g de poudre de lactosérum après déshydratation (**BOUDRIER et al., 1981**).

2. Défférents types du lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. Selon l'acidité et le pH, le lactosérum peut être divisé en deux types : lactosérum doux et lactosérum acide (**LINDEN et LORIENT, 1994**).

2.1. Lactosérum doux

Le lactosérum doux est obtenu après la coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, on obtient alors un lactosérum doux, pauvre en sels minéraux et riche en lactose et en protéines .En plus des protéines solubles du lait, ce type de lactosérum contient une glycoprotéine qui provient de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (**SOTTIEZ, 1990**).

Lorsque le lactosérum issu de la fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité .Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pate pressée cuite ou non cuite (**EMMENTHAL, Saint Paulin, Edam...**, etc), est de pH variant entre 5 et 6,3 (**MORR et al.,1993**).

2.2. Lactosérum acide

Le lactosérum acide est le produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou de produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ou des produits dérivés du lait .Cette dernière est principalement obtenue par acidification (**Codex**

alimentarius, 2002), qui favorise la précipitation des caséines à leurs pH isoélectrique de 4,6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (**VIOLLEAU, 1999**).

Lorsque la protéine est combinée à des sels de calcium, l'acidification entraîne sa déminéralisation qui fait passer dans le sérum une part importante d'éléments minéraux notamment le calcium et le phosphore (**SOTTIEZ, 1990**).

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riches en minéraux ; les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation, aussi les lactosérums acides sont souvent utilisés à l'état liquide alors que les sérums doux sont généralement déshydratés (**MOLETTA, 2002**). Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 4.5/5 (**Adrian et al., 1991**).

Tableau 1- 1 : différents types du lactosérum (**Adrian et al., 1991**)

Degré d'acidité	Type	pH	Production
$\leq 18D^\circ$	Lactosérum doux	6,5 /6,7	<ul style="list-style-type: none"> • Fromage à pâte pressée. • Fromage à pâte cuite. • Caséinerie présure.
$\geq 18D^\circ$	Lactosérum acide	4,5 /5,5	<ul style="list-style-type: none"> • Fromagerie à pâte fraîche. • Fromagerie à pâte molle. • Caséinerie acide.

3- La composition du lactosérum

La composition du lactosérum peut varier sensiblement (**BERGEL et al., 2004**). D'après ce tableau (**tableau 2**) on constate que les lactosérums sont riches en lactose et potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformée en acide lactique ; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (**MORR et al., 1993**).

Tableau 1- 2 : Composition moyenne du lactosérum doux et acide (MORR et al.,1993 ; Linden et al., 1994).

	Lactosérum doux	Lactosérum acide
Ph	6.3	4.6
Eau	93	93.5
Lactose	4.77	4.71
Protéines	0.82	0.75
MG	0.07	0.03
Acide lactique	0.15	0.55
Cendres	0.53	0.69
Calcium	0.05	0.13
Sodium	0.07	0.06
Potassium	0.13	0.15
Phosphore	0.06	0.09

3.1. Lactose

Le lactose est le principale constituant du lactosérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de α ou β -D- glucose et d'une molécule de β -D- galactose, ce qui est à l'origine de la présence de deux lactoses stéréo-isomères réducteurs (LUQUET et FRACOIS., 1990).Le lactose est caractérisé par :

- Une solubilité limitée.
- Un pouvoir sucrant faible. Sa seule source importante dans la nature est le lait et les produits laitiers (Visser et al., 1988).

3.2. Minéraux

Selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel, ce dernier avec toutes les matières minérales en solution dans le lait se retrouve dans le lactosérum .Les 8 à 10% des matières salines de l'extrait sec de sérum sont constitués pour plus de 50% de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (VRIGNAUD., 1983).

D'après (MERE0, 1971), ces sels minéraux constituent les éléments indésirables "du sérum". En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Mais il est utilisé pour la préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimiques, telle que l'électrodialyse (Linden et Lorient., 1994).

Tableau 1- 3 : Teneurs moyenne en éléments minéraux du lactosérum (MERE0, 1971) et (FAO,1995).

Eléments minéraux	Teneur en mg/100g
Calcium	500-725
Sodium	650-950
Potassium	2400-2900
Magnésium	80-160
Phosphore	700-800
Chlore	1500-1800

3.3. Vitamines

Le lactosérum contient la majeure partie des vitamines hydrosolubles présentes dans le lait, il est particulièrement riche en riboflavine (qui lui donne la couleur jaune verdâtre). d'acide pantothénique (B5), thiamine (B1), de pyridoxine (B6) et l'acide ascorbique (WOO, 2002) (Tableau 4).

Tableau 1- 4 : Teneur en vitamines dans le lactosérum (VRIGNAUD, 1983).

Vitamines	Concentration (mg/100g)
Thiamine	4
Riboflavine	43
Acide nicotinique	0.85
Acide pantothénique	45
Pyridoxine	5.3
Cobalamine	0.159
Acide ascorbique	2.2

3.4. Les protéines du lactosérum

Bien que le lactosérum soit source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt. Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et fonctionnelles. Au niveau biologique, les protéines de lactosérum sont reconnues comme étant une excellente source d'acides aminés branchés, d'acides aminés essentiels et elles ont une valeur biologique qui dépasse celle de l'œuf, souvent utilisé comme protéine de référence (SMITHERS, 2008). On accorderait également des propriétés anticancéreuses, antimicrobiennes, antivirales et modulatrices du système immunitaire humain à des fractions et hydrolysats spécifiques de protéines de lactosérum (MADUREIRA et al., 2007).

Par contre, si ces utilisations nutritives et nutraceutiques sont prometteuses, ce sont surtout les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum qui retiennent l'attention. Entre autres : les propriétés de former des gels, stabiliser des émulsions, stabiliser des mousses et interagir avec d'autres protéines. Un résumé de quelques propriétés des différentes protéines sériques est présenté au **tableau 5**.

Tableau 1- 5 : propriétés physico-chimiques des protéines sériques du lactosérum (BYLUND, 1995 ; De Wit, 2009 ; KINSELLA et Whitehead, 1989 ; MORR & Ha, 1993)

protéines	Teneur relative (% massique)	Masse (kDa)	Température de dénaturation (°C)	Point isoélectrique (pI)	Ponts disulfures (SS-)	Thiol (SH) Libres
Albumine de sérum bovin (BSA)	6.3	66	64	4.7-4.9	17	1
α -La	19.3	14.2	62	4.2-4.5	4	0
B-Lg	51	18.6	65	5.2	2	1
Ig	10.9	150-960	72	5.5-8.3	32	0
Autres	12.5	Var			Var	0

3.5. Les enzymes

Tableau 1- 6 : Principales enzymes retrouvées dans le lactosérum (MATHIEU, 1998).

Nom	Classe	pH	Masse moléculaire en (kDa)	Teneur en (mg/g)	Rôle
Lactopéroxidase	Oxydoréductases	6.5-6.8	Environ 80000	10-70	Substances responsables des propriétés antibactériennes du lait cru.
Lysozyme	Hydrolase	8	14000-18000	0.001-0.18	Activité antibactériolytique conférant au lait cru une certaine immunité et contribue à la protection et à la conservation de sa qualité.

4. Les valeurs nutritionnelles du lactosérum

La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum (**tableau 6**) sont liées au lactose et aux protéines (**Lupin, 1998**).

Tableau 1- 7 : la valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum.

Lactose	Protéines
<ul style="list-style-type: none"> • Stabiliser le Ph intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et du phosphore [SOTTIEZ, 1990]. • Stabilité du Ph évite l'installation de flores purifiantes [SOTTIEZ, 1990]. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pouvoir moussant [SOTTIEZ, 1985]. • Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur [SOTTIEZ, 1985].

- Un intérêt diététique fondamental puisqu'il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'homme [SOTTIEZ, 1985] et [LUPIN, 1998].
- Constituant essentiel des cérébrosides composant les tissus nerveux [GERARD et DEBRY, 2001].

- Meilleure valeur nutritive que la caséine [LINDEN et LORIENT, 1994].
- Source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acide aminés soufrés et en tryptophane [SOTTIEZ, 1985].
- Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse [SOTTIEZ, 1985].

5. Valorisation du lactosérum

Le lactosérum contient un fort taux d'éléments nutritionnels (lactose, protéines, sels minéraux, matière grasse). Il est donc, rentable de le réutiliser au même titre qu'une matière première. En différencie le lactosérum doux et le lactosérum acide. Ce dernier est le plus souvent utilisé dans l'élevage comme nourriture pour les animaux car il est plus difficile à traiter (la concentration de lactosérum acide donne un produit visqueux et collant) que le lactosérum doux et donc moins pratique lors d'une utilisation pour l'alimentation humaine (PROOT, 2001).

Les protéines du lactosérum ont des produits intéressants à la fois pour l'alimentation du bétail, mais aussi en nutrition humaine. Ces protéines sont utilisées en alimentation infantile pour leurs qualités nutritionnelles (richesse en acides aminés essentiels), pour la préparation de plats cuisinés (rétention d'eau), pour leur solubilité à toute échelle de pH (boissons au lait, limonadière) et pour leur pouvoir moussant (confiserie, nougatine) (FAO,1995).

Utilisation du lactosérum

a. L'Alimentation animale

❖ Le veau

L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg LUQUET et BOUDIER (1984).

b. L'Alimentation humaine

❖ Industrie de boisson

Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique, digestion facile et rapide. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréable à boire **NELSONE et COLL (1978)**.

❖ **Industrie laitière**

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des taux précis pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arome de ces derniers **LUQUET et BOUDIER (1984)**.

❖ **Dans la confiserie**

Le lactosérum a d'importantes utilisations dans la fabrication de certains bonbons, et il se trouve le moins couteux des produits laitiers utilisables du fait de son importante teneur en eau **VRIGNAUD (1983)**.

❖ **En boulangerie**

La combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables (contre le rancissement). Amélioration du gout et l'arome du pain ; Amélioration des caractéristiques internes et externe : affinage de la coloration ; pate plus tendre et augmentation du rendement **APRIA (1980)**.

❖ **Dans les glaces et crèmes glacées**

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé. Lactosérum acide peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité **APRIA (1973)**.

c. Biotechnologie

❖ **Substrat de fermentation**

Vu sa composition le lactosérum est choisi comme un milieu de culture pour les microorganismes (levure), qui dégradent le lactose **ANONYME 2 (2002)**.

❖ **Production des vitamines et des enzymes**

Propionibacterium shermanii : qui produit la vitamine B12.

Saccharomycès-fragilis : qui permet la production du lactose (beta galactosidase).

Chapitre II :

Les mousses



1. Le pouvoir moussant**Définition**

Une mousse est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide ou semi-solide ; il s'agit donc dans le cas le plus simple d'un système biphasique avec un mélange de deux phases non-miscibles (**BOUQUELET, 2008**).

Les mousses sont constituées par trois phases ; la phase continue qui est formée de liquide, dans laquelle une deuxième phase importante est dispersée formée par les bulles de gaz, qui peut atteindre plus de 90% du volume de la mousse. Ces deux phases sont séparées par un espace appelé la phase interfaciale qui forme une barrière entre les bulles de gaz (**GONZALEZ et al., 2004**).

Les mousses sont classées selon leur stabilité en deux classes :

1. Les mousses éphémères : sont des mousses métastables dont la durée de vie est de quelques secondes.

2. Les mousses permanentes : sont des mousses métastables dont la durée de vie est de quelques jours.

3. La stabilité de ces deux types dépend de la forme des bulles. La forme polyédrique stabilise la mousse, dont le rapport gaz sur liquide est si élevé, forme une structure de nid de l'abeille. A l'inverse des bulles sphériques ; la quantité de gaz est suffisamment faible pour que les bulles conservent une taille stable (**GONZALEZ et al., 2004**).

4. Les mousses sont caractérisées par plusieurs paramètres :

- Variabilité des dimensions des bulles qui dépend de la composition du liquide et du mode d'obtention de la mousse.

- Le volume de la mousse et mesure suivant la hauteur, ce paramètre dépend de la nature et de la composition de liquide.

- La densité appelée aussi le rapport de liquide au gaz.

- L'écoulement est le rapport de la quantité finale et la quantité initiale du liquide dans la mousse (**CHITOUR, 2004**).

Le fouettage et le bullage parmi les méthodes utilisées pour former des mousses. Le fouettage utilise plusieurs dispositifs comme l'agitateur et le mélangeur de cuisine, elles agitent vigoureusement un liquide et son interface avec une phase gazeuse. Le bullage permet l'introduction de l'air dans le liquide sous forme de fines bulles à travers une buse ou un verre fritté (**GANESAN et NING, 2017**).

La stabilité des mousses est liée à la surface inter faciale et la solubilité de la protéine dans le liquide. Plus le film protéique à l'interface gaz/liquide est plus épais, élastique, continu et imperméable au gaz plus la stabilisation est grande et plus la protéine est soluble dans le liquide plus la capacité moussante est bonne (**BOUQUELET, 2008**).

L'instabilité des mousses est due à plusieurs mécanismes tel que :

❖ **Le drainage de la mousse :** c'est l'écoulement du liquide du film mince vers la frontière de plateau.

❖ **Le crémage :** c'est le déplacement des bulles vers le haut, lorsque la densité des bulles dans la mousse est beaucoup plus faible que la densité de milieu de suspension.

❖ **La floculation :** c'est la collision entre les petites bulles d'air suite à un mouvement brownien. Cette collision est le résultat des interactions électrostatiques et stériques répulsives qui entraînent une barrière énergétique entre deux bulles (**GANESAN et NING, 2017**).

1.2. Les facteurs influençant la formation et la stabilité de la mousse :

De nombreux facteurs influencent à la fois la formation et la stabilité de la mousse.

➤ **Activité de surface des protéines :**

C'est un facteur qui influence fortement la formation et la stabilisation des mousses. Les protéines ont la capacité d'abaisser la tension de surface. Le pouvoir moussant dépend de la valeur à l'équilibre de la tension de surface et de réarrangement des protéines à l'interface. Les protéines qui migrent rapidement aux interfaces présentent un pouvoir moussant très important. Cette vitesse de migration dépend de la taille, la flexibilité et de l'hydrophobicité de ces macromolécules (**CUVELIER et MICHON, 2003**).

➤ **La solubilité des protéines :**

Les composés insolubles peuvent jouer un rôle bénéfique sur la stabilisation des mousses par leur effet sur la viscosité de surface (**CHEFTEL et al., 1985**).

➤ **Le pH :**

Il joue un rôle clé, même si la stabilité de la mousse est optimale, la formation d'une mousse est difficile à pH_i (**THAKUR et al., 2003**).

➤ **La concentration en protéines :**

La concentration nécessaire pour la stabilité de la mousse est comprise entre 2-8% (**HALLING, 1981**).

➤ L'intensité du battage :

La vitesse d'agitation élevée favorise la formation d'une mousse. Une agitation trop intense peut favoriser la renaissance des bulles (**HALLING, 1981**). Le diamètre des bulles peut être diminué faiblement avec une vitesse d'agitation de 200 à 1000 rpm (**THAKUR et al., 2003**).

Partie
Expérimentale



Chapitre III :
Matériel Et Méthodes



1. Lieu de travail

Notre travail expérimental a été effectué au niveau du laboratoire 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, Tiaret.

2. Objectifs

Les objectifs de notre expérimentation se résument comme suit :

1. Caractérisation physico-chimique du lactosérum brut et traité par thermo-sonication.
2. Evaluation des propriétés moussante du lactosérum brut et traité par thermo-sonication.

3. Matériels et produits utilisés**3.1. Matière première utilisées****3.1.1. Les lactosérums**

Nous avons préparé à partir d'une poudre de lait écrémé à 0% de matière grasse.

3.1.2. Présure

L'enzyme utilisée pour la coagulation du lait, provient de GIPLAIT de Tiaret.

3.2. Appareillages

1. Agitateur magnétique : WISESTIR WISD LABORATORY/ MSH-55D ; MSH-20D.
2. pH mètre : HANNA HI, 2211.
3. Balance : ONEER Tm/ PI OHAUS.
4. Bain marie DAIHAN scientifique.
5. Conductimètre électrique : BANTE instrument.
6. Etuve : MEMMERT DIN 12880-KP.
7. Microscope optique : B-350 OPTIKA.
8. Réfractomètre.
9. Spectrophotomètre : SP-UV11000.
10. Viscosimètre : DLAB.
11. Appareil à ultrason : ISO LAB.
12. Thermomètre.
13. Réfrigérateur.
14. Agitateur rotatif à tige.
15. Four à moufle : Heraeus INSTRUMENTS.
16. Centrifugation : SIGMA 203.
17. Blinder : CLATRONIC 18000trs/ min

3.3. Verreries

1. Béchers.
2. Burette graduée.
3. Entonnoirs.
4. Tubes à essais.
5. Support.
6. Erlen Mayer.
7. Pipettes graduées.
8. Pipettes pasteur.
9. Pycnomètre.
10. Eprouvettes.
11. Capsules.
12. Lames.

3.4. Produits chimiques

1. Acide sulfurique concentré (H_2SO_4) 95%.
2. Acide chlorhydrique (HCL) concentré 37%.
3. Solution tampons de pH=7 et pH=4.
4. Solution de soude (Na OH) : 0,1 N.
5. Hydroxyde de potassium (KOH) : 0,1 N.
6. Na_2CO_3 : 2%.
7. Lactose non hydraté.
8. Ethanol.
9. Phénol 5%.
10. Folin-Ciocalteu.
11. Solution $CuSO_4$ 5%.
12. Tartrate double de K et de Na 10%.
13. Bleu de méthylène (1%).
14. Phénolphtaléine.
15. $CuSO_4$ 5%
16. Présure

4 .Protocole expérimental

Notre étude est basée sur le protocole expérimental suivant :

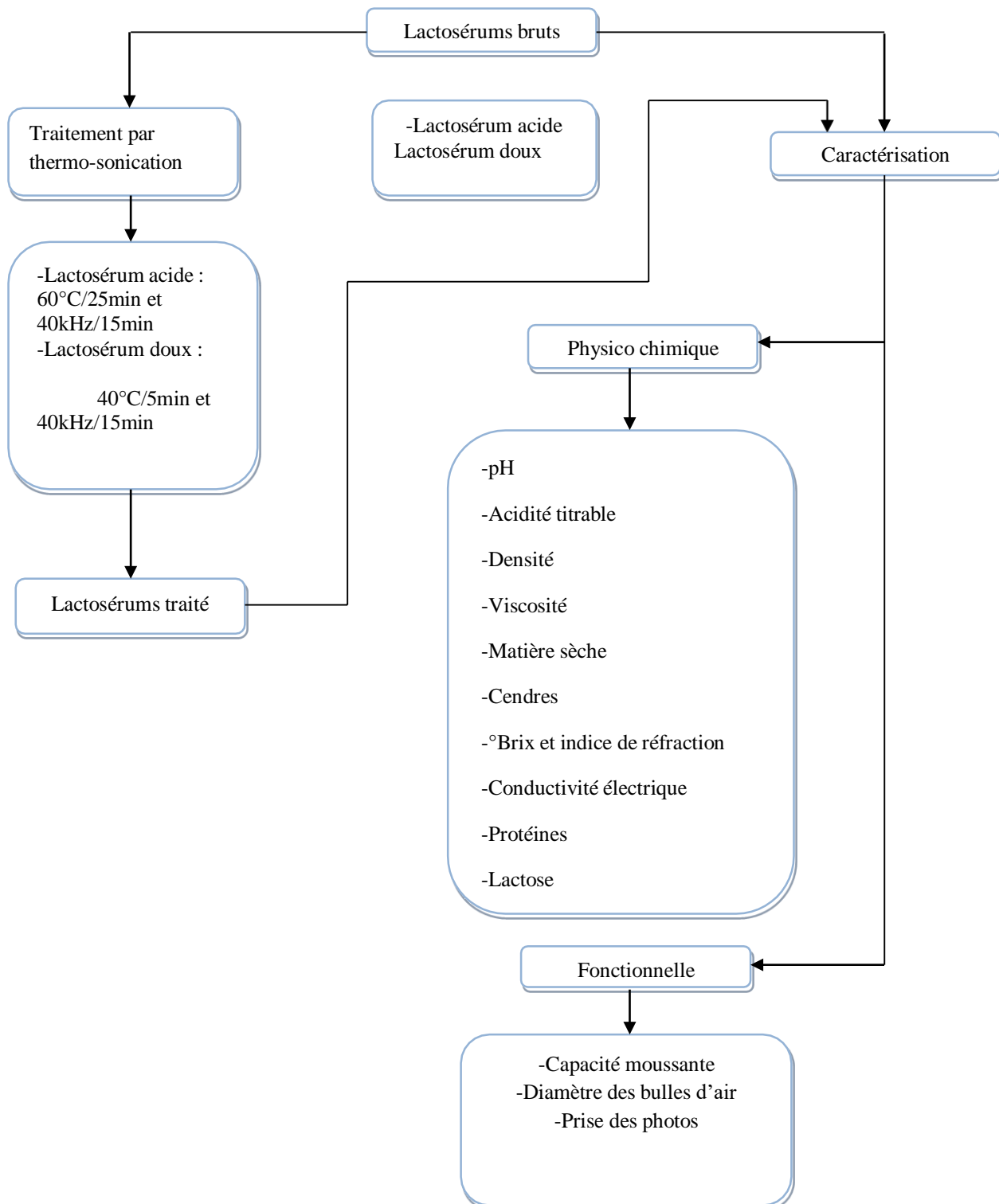


Figure 3- 1 : Protocole expérimental

5. Préparation des matières premières**5.1. Préparation de lactosérum doux**

- Préparer un lait reconstitué à 10% ;
- Chauffer le lait à 35°C, à l'aide d'un agitateur magnétique ;
- Ajouter 2ml de solution de présure préparée à 1% ;
- Maintenir l'agitation à 35°C pendant 40 min ;
- Recouvrir le bécher avec du papier aluminium, et le conserver à 4°C pendant à 24h ;
- Puis procéder la centrifugation, et récupérer ensuite le lactosérum doux ;
- Le conserver à 4°C.

5.2. Préparation de 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 de pH mètre dans la solution, et verser goutte à goutte de Hcl avec
- L'agitation jusqu'à l'obtention d'un pH=4,6 ;
- Recouvrir le bécher avec le papier aluminium, laisse reposer 1 à 2 heures ;
- Séparer le lactosérum par centrifugeuse, conserver le produit à 4°C.

5.3. Préparation de présure

Nous avons préparé une solution de 1% dans l'eau distillé.

6. Méthodes d'analyse**6.1. Analyse physiques****6.1.1. Densité****a. Principe**

Selon MATHIEU (1998), la densité d'une solution est le rapport des masses d'un même volume de lactosérum et de l'eau à 20°C.

b. Mode opératoire

La densité des échantillons est calculée à 20°C selon les étapes suivantes :

- Peser le pycnomètre vide et parfaitement sec (P0) ;
- Peser le pycnomètre rempli d'eau distillée (P1) ;
- Vider le pycnomètre, le sécher puis le peser rempli avec l'échantillon désiré (P2) ;

c. Mode de calcul

La formule suivante nous donne la densité :

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

6.1.2. Viscosité**a. 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 cP, 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).

b. 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.

c. Mode de calcul

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

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

D'où :

η : 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 ($K = 0,10277$).

6.1.3. Indice de réfraction et Degré Brix**a. Principe**

D'après VEISSEYRE (1979), l'indice de réfraction est la mesure de pouvoir réfringent au moyen d'un réfractomètre être par rapport à la raie D de sodium. Il permet de connaître le degré de la pureté d'un liquide ou de connaître la dose de solide dissout dans une solution. Le degré Brix (%) exprime le pourcentage de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (l'échelle de Brix sert à mesurer le pourcentage de matière sèche soluble). Le contenu des solides solubles représente le total de tous les solides dissous dans l'eau, incluant les sucres, les sels, protéines, acides, ect. Et la mesure lue est leur somme total (CENDRES, 2011).

b. Mode opératoire

Selon la méthode d'AFNOR «NF-60.22,(1984)», qui consiste à :

- Laver les prismes de réfractomètre être par l'acétone et les essuyer avec un papier absorbant ;

- Etalonner l'appareil à l'aide de l'eau distillée ($n_D^{20}=1.333$) ;
- Verser entre les prismes 2 à 3 goutte de l'échantillon ;
- Déplacer alors la lunette de viser pour que la ligne de séparation de la plage claire et la plage sombre se situe à la croisée des fils de réticule ;
- Enfin lire l'indice de réfraction et le degré Brix.

6.1.4. Cendres

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

a. Mode opératoire

- Peser une capsule vide en g (M_0) ;
- Placer 5 ml du lactosérum dans une capsule (V) ;
- Mettez la capsule dans un four à 550°C pendant 2 à 3 heures ;
- Refroidir la capsule dans un dessiccateur puis peser la capsule en g (M_1).

b. Mode de calcul

Les résultats sont donnés par la formule suivante :

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

Où :

Tc : Teneur en cendres en (g/l).

6.2. Analyse chimiques

6.2.1. pH

a. 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**).

B .Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre par des solutions tampons à ($\text{pH}=7$, $\text{pH}=4$), 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 ;
- Lire le pH indiqué sur l'écran d'affichage du pH-mètre.

6.2.2. Acidité titrable

a. Principe

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

b. Mode opératoire

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

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

c. Mode de calcul

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

$$A = 10 \times (V1/V0)$$

Où :

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

V0 : Volume en ml de la prise d'essai.

V1 : Volume de Na OH versé (ml).

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

6.2.3. Conductivité électrique

a. 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 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**).

b. 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 20°C.
- Plonger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et lire directement la conductivité électrique du l'échantillon étudié à 20°C.

6.3. Analyses biochimiques

6.3.1. Dosage des protéines par la méthode de LOWRY et al.,(1965)

a. Réactif

Solution A : Na₂CO₃ 2% anhydre dans la soude 0.1N.

Solution B1 : CuSO₄ 5%.

Solution B2 : tartrate 10% double de Ket Na.

Solution E : Folin-Ciocalteu dilué au ½ de l'eau distillée.

Solution F : Solution mère de BSA (sérum albumine bovine) à 100 µg/ml pour la Courbe d'étalonnage.

Réactif B : 1ml de solution B1 + 1ml de solution B2 + 8ml de l'eau distillée.

Réactif C : 1ml de réactif B et 50 ml de solution A.

b. Mode opératoire

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

6.3.2. Dosage de lactose par la méthode de DUBOIS et al., (1956)

a. Principe

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 et 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.

b. Mode opératoire

Ce dosage permet la détermination de concentration du lactose dans le lactosérum, pour cela à 1ml de l'échantillon dilué, on ajoute 1ml du phénol à 5% puis 5ml d'acide sulfurique, après agitation, on laisse le mélange réactionnel se repose 10 min à la température ambiante, puis on l'incube au bain marie à 30°C pendant 30min. 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.

7. Etude de mousse lactosérum brut et non traité :

Pour étudier la mousse de lactosérum acide et doux, nous prenons 50 ml de lactosérum acide et doux et le mettons dans un bécher de 200 ml, puis le fouettons avec un batteur électrique pendant une minute (1min), après cela, nous l'enveloppons bien avec du papier d'aluminium et nous calculons le capacité de mousse toutes les 5 minutes et diamètre moyen des bulles d'air toutes les 15 minutes.

7.1 Capacité moussant

Définie comme la quantité de mousse formé par unité de volume de solution (ou par unité de masse de soluté), elle se mesure après foisonnement par détermination du volume maximum de mousse ou de conductivité minimale (**LINDEN et LORIENT, 1994**).

Aussitôt calculer le rapport suivant en appliquant la formule Ci- centre

$$CM (\%) = VM / VL \times 100$$

CM : Capacité moussante en (%).

VM : Volume de la mousse en ml.

VL : Volume de liquide en ml.

7.2. Diamètre moyen des bulles d'air

Le diamètre moyen des bulles d'air est déterminé selon le mode opératoire suivant :

- Il repose sur le comptage microscopique des bulles d'air ; on prélève à l'aide d'une pipette de pasteur à la surface du mousse une partie que l'on dépose sur la lame ;
- On a utilisé un micromètre oculaire gradué de 0 à 8 μm ;
- On se déplace au hasard sur la surface pour avoir 10 déterminations successives.

La détermination du diamètre est donnée par la formule suivante :

$$\phi_t = K/10 \sum_{i=1}^{i=10} D_i$$

ϕ_t : Diamètre moyen des bulles d'air à temps t en (μm).

K : Coefficient oculaire constant (K=2.41).

i : Nombre des bulles d'air au hasard.

D : Diamètre des bulles d'air

t : Temps de prélèvement.

8. . Thermo-sonication des lactosérums bruts

Le traitement par thermo-sonication est une combinaison de traitement par chauffage et de traitement par ultrasons. Dans notre étude, nous avons traité le lactosérum doux et acide.

a) Traitement de LSA par thermo-sonication :

- Prenez 50 ml de LSA.
- Mettre dans un bain marie à température 60°C pendant 25 minutes.
- Laisser refroidir à température ambiante 22°C.
- Mettre dans l'appareil ultrasonique pendant 15 minutes.

b) Traitement de LSD par thermo-sonication :

- Prenez 50 ml de LSD.
- Mettre dans un bain marie à température 40°C pendant 5 minutes.
- Laisser refroidir à température ambiante 22°C.
- Mettre dans l'appareil ultrasonique pendant 15 minutes.

Chapitre IV :
Résultat Et Discussion



1. Lactosérum brut

1.1. Paramètres physicochimiques et biochimiques moyens des lactosérums

Les paramètres physicochimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts analysés sont indiqués dans le **tableau 08**.

Tableau 08 : Caractéristiques physicochimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts étudiés.

Paramètres	Lactosérum acide	Lactosérum doux
Cendre (g/l)	7.82	6.12
Acidité à 20°C	53	13
Conductivité à 20°C (mS/cm)	8.63	5.6
pH à 20°C	4.6	6.5
Densité à 20°C	1.0296	1.0289
Indice de réfraction à 20°C	1.344	1.3445
Viscosité à 20°C (cP)	1.0552	2.1118
Degré Brix (%)	6.5	7.2
Lactose (g/l)	30.52	38
Protéines %	6	8.5

1.1.1 Cendres

Nous remarquons d'après les résultats obtenus que la teneur en cendres dans le lactosérum acide est élevée par rapport au lactosérum doux. Selon **ADRIAN et al (1981)**, l'acidification entraîne une déminéralisation du caillé, et le lactosérum acidifié se caractérise par un pH plus bas et une teneur en cendres plus élevée, et cela est davantage dû à la technologie d'obtention.

1.1.2 Acidité

La valeur d'acidité du lactosérum doux est proche avec la valeur indiquée par **VIERLING et LEYRAL (2003)**, qui trouve qu'elle situe entre 9 et 13 %, alors que nous avons trouvé 13%. D'autre part, nous avons constaté que la valeur d'acidité du lactosérum acide est égale à 53%, cette valeur appartient donc à la plage restreinte de 18 à 100 degrés donnée par **SOTTIEZ (1990)**.

1.1.3 Conductivité électrique

Sur la base des résultats obtenus, nous constatons que la conductivité électrique du lactosérum acide est supérieure à la conductivité électrique trouvée dans le lactosérum doux. Cette différence est due à la charge en métal dissous dans chaque type de sérum : plus elle est élevée, plus la valeur de la conductivité électrique est élevée. Selon **TARADAT HENRY** et **BEAUDRY (1992)**, la conductivité électrique varie en fonction de la force de l'électrolyte, de la mobilité et de la charge ionique.

1.1.4 pH

Au vu résultats obtenus, la valeur du pH du lactosérum doux avant traitement correspond à la valeur donnée par **SOTTIEZ (1990)**, qui fluctue entre 6.1 à 6.7 pour le lactosérum doux, et aussi pour la valeur du lactosérum acide, c'est normal par rapport à la norme fourni par **SOTTIEZ(1990)**, qui varie de 4.6 à 6.0.

1.1.5 Densité

Nous avons trouvé que la densité de lactosérum acide était de 1,0296 et la densité de lactosérum doux de 1,0289, donc ses résultats sont proches de ceux trouvés par **TAYEP (2006)**, où il a trouvé 1,0293 pour LSD et 1,0298 pour le LSA.

1.1.6 Indice de réfraction

L'indice de réfraction à 20° C pour le lactosérum acide est très proche du lactosérum doux, et nous pouvons donc comparer ces résultats avec ceux trouvés en **ADDA (2002)** qui ont obtenu 1.343 pour LSD et 1.3381 pour le LSA. Selon **ADRIAN et al.,(1981)**, l'indice de réfraction varie en fonction de la température et de la composition du lactosérum.

1.1.7 Viscosité

D'après les résultats obtenus, la viscosité du lactosérum doux est supérieure à celle du lactosérum acide. Ce résultat a été expliqué des **KARLESKIND (1992)**, **ADRIAN et al., (1995)**, il a été constaté que la viscosité dépend de la température, de la nature du solvant, de la taille, de la forme, de la concentration, et la charge électrique des particules dispersées et leur affinité.

1.1.8 Degré Brix

En raison des résultats obtenus, la valeur de Brix pour le lactosérum doux correspond approximativement à celle trouvée en **LORIENT et LINDEN (1994)**, qui est de 7%, tandis que pour le lactosérum acide, sa valeur correspond à la valeur trouvée par **LORIENT et LINDEN (1994)**, qui est de 6.5%.

1.1.9 Lactose

La valeur du lactose présent dans le lactosérum acide est de 30.52g/l et dans le lactosérum doux de 38g/l, correspondant ainsi aux valeurs trouvées en **BOUTIN (2000)** de 53.3g/l pour le LSD et de 44.3g/l pour LSA.

1.1.10 Protéine

La teneur en protéines du LSD est supérieur à ce que nous avons trouvé dans le LSA, et compte tenu de ces résultats obtenus sont 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 thermo-sonication

2.1. Caractérisation physicochimique et biochimique du lactosérum brut traité par thermo-sonication

Tableau 09 : Caractérisation physicochimique et biochimique du lactosérum brut traité par thermo-sonication

Paramètres	Lactosérum acide traité	Lactosérum doux Traité
Cendre (g/l)	8.2	6.43
Acidité à 20°C	57	17
Conductivité à 20°C (mS/cm)	9.59	6.14
pH à 20°C	4.27	6.32
Densité à 20°C	1.0377	1.0293
Indice de réfraction à 20°C	1.3445	1.3450
Viscosité à 20°C (cP)	1.4498	2.9147
Degré Brix (%)	7	7.5
Lactose (g/l)	28.81	35.92
Protéines (%)	4.3	6.9

2.1.1 Acidité et pH

Le traitement thermo-sonication acoustique du lactosérum brut (acide et doux) a augmenté les valeurs d'acidité. On enregistre 57 °D contre 53° D pour le LSA et 17 °D contre 13 ° °D pour le LSD, d'où l'on constate que les valeurs d'acidité de lactosérum brut traitée (acide et doux) sont élevées par rapport à le lactosérum brut non traitée. D'autre part, nous

constatons que les valeurs de pH que nous avons mesurées après le traitement thermique sont inférieures à celle trouvées dans le lactosérum brut non traité (acide et doux). Nous avons noté que la température entraîne une augmentation de l'acidité du lactosérum, D'après **MATHIEU (1998)**, une teneur élevée en substances acides, anions phosphatés, citrates s'accompagne d'une acidité élevée. Selon **MATHIEU (1998)**, le pH du lactosérum est une fonction décroissante avec l'acidité, ce dernier évolue avec la composition et la teneur élevée en substances acides.

2.1.2 Cendres et conductivité électrique

Au vu des résultats obtenus après traitement thermo-sonication, nous avons enregistré des valeurs élevées de teneur en cendres et de conductivité électrique dans les deux types de lactosérum brut (acide et doux), par rapport au lactosérum témoin. 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 organiques. L'effet de traitement thermique sur la variation de la CE est positif, c'est-à-dire que la CE augmente 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.

2.1.3 Densité et viscosité

Après avoir effectué le traitement thermo-sonication du lactosérum brut (acide et doux), ce traitement a entraîné une élévation progressive des valeurs de densité et de viscosité par rapport au lactosérum témoin, en ce qui concerne le lactosérum traité avec thermo-sonication, nous remarquons une relation linéaire entre les valeurs de densité et de viscosité, à titre d'exemple, nous avons trouvé 1.0377 et 1.4498 cP pour le lactosérum acide et 1.0293 et 2.9147 cP pour le lactosérum doux. D'après **BOUDIER et LUQUET (1998)**, 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 température et la composition des fluides.

2.1.4 Degré Brix et Indice de réfraction

D'après les résultats obtenus après traitement thermo-sonication du lactosérum brut (acide et doux), les valeurs de l'indice de réfraction et Degré Brix ont légèrement augmenté par rapport au lactosérum témoin. Selon **ADRIAN et al., (1981)**, l'indice de réfraction varie généralement suivant la température et la composition chimique du corps étudié.

2.1.5 Protéines

Après avoir effectué un traitement thermique (thermo-sonication) sur du lactosérum brut (acide et doux), nous avons enregistré 4.3 contre 6 pour le LSA et 6.9 contre 8.5 pour le LSD. Nous constatons une diminution de la teneur en protéines par rapport au lactosérum témoin. Selon **FINOT (1994)**, la vitesse et le degré de dénaturation des protéines dépend de facteur temps/température, les microondes montrent des différences par rapport aux traitements traditionnels, les différences observées sont basées sur la vitesse de la solubilité des protéines.

2.1.6 Lactoses

Le traitement thermique (thermo-sonication) acoustique des lactosérum brut (acide et doux) entraîne une diminution de la teneur en lactose, Selon **JEANTET et al., (2008)**, l'augmentation de la température améliore de la stabilité du lactose qui dépend des anomères α et β , on enregistre donc une légère diminution de la valeur de la teneur en lactose par rapport au lactosérum témoin, on retrouve 28.81 g/l contre 30.52 g/l pour le LSA et 35.92 g/l contre 38 g/l pour le LSD. Selon **ALAIS (1975)**, cette diminution est due à la transformation d'une partie de lactose en acide lactique, le lactose est impliqué dans deux types de réactions de dégradation dans le lait, c'est la seconde qui prédomine à des températures inférieures (**VACA BOECKEL, 1998**), elle est une réaction chimique des groupements aminés et des sucres réducteurs qui mène à la formation de composés bruns, ce brunissement non enzymatique est influencé par la température, le pH l'activité de l'eau et la présence de certains sels et vitamines (**BERG et BOECKEL, 1994**).

3. Etude des pouvoir moussants du lactosérum brut (non traité) et traité

3.1. Capacité moussants

La **figure (2)** montre l'évolution de la capacité moussante du lactosérum brut et traité.

D'après la **figure (2)**, l'ensemble des valeurs de la capacité moussante ont une tendance décroissance au cours du temps, la solution moussante à $t=0$ min des LSD traité et non traité s'est manifeste une fort capacité moussante (200%) par contre la solution moussante du LSA traité et non traité manifeste par capacité moussante (100%). Au cours du temps et après 60min de repos, nous avons remarquons que la mousse de LSAT marqué la meilleur capacité moussante (165 min) par contre la mousse de LSDT diparait par (1h).

3.2. Diamètre des bulles d'air

Les valeurs de diamètre moyen des bulles d'air enregistrées pour les solutions moussantes à bas du lactosérum acide et doux brut et traité par thermo-sonication ont une tendance

croissance au cours du temps, les valeurs inférieures du diamètre moyen est celle observée dans la solution moussante de LSA et LSD on t=0 min.

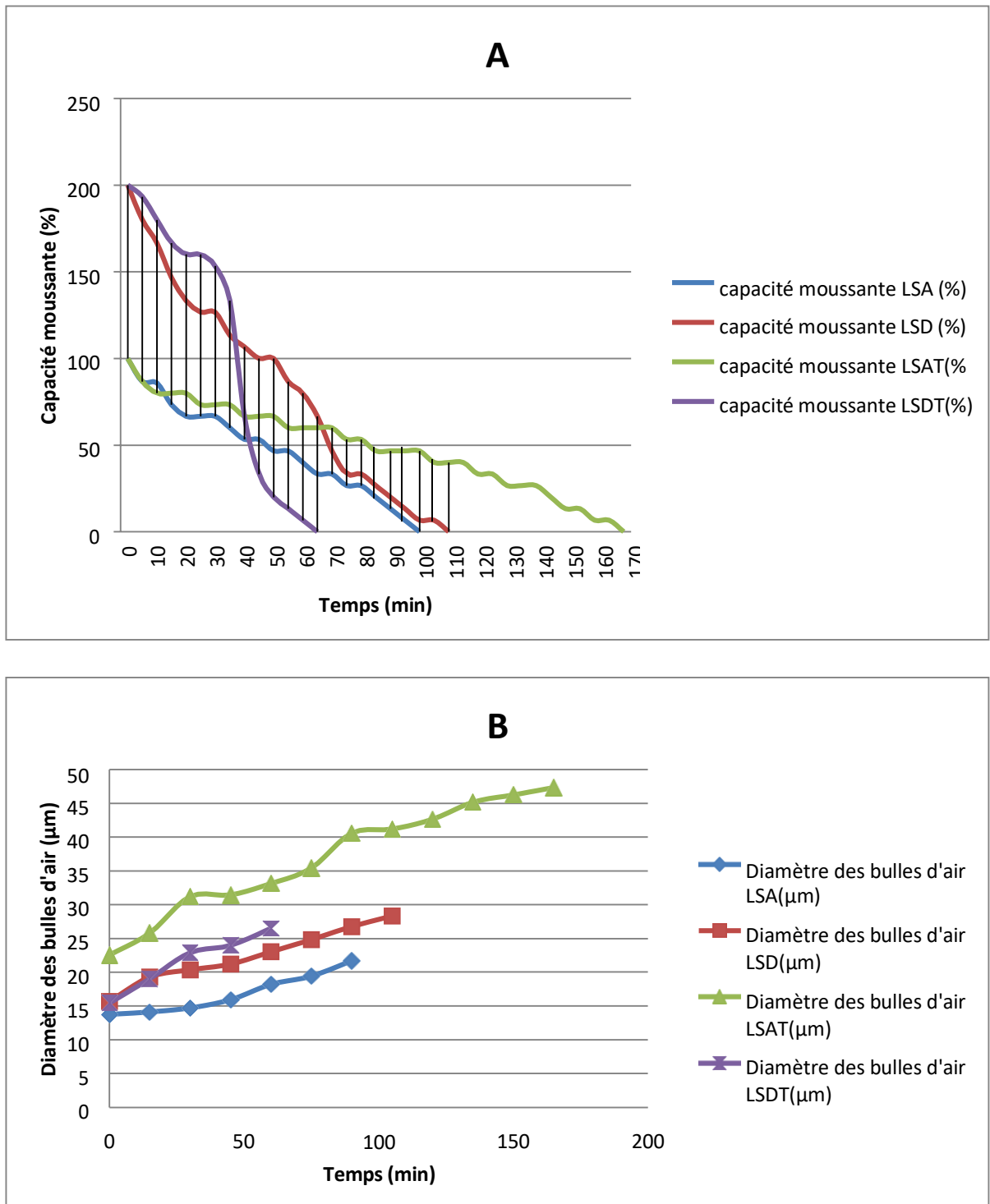


Figure 3- 2 : Cinétiques des capacités moussantes (A) et des diamètres des bulles d’air (B) des lactosérums bruts et traités par thermo-sonication.

La β -lg possède de très bonnes propriétés d'agrégation et de gélification thermique.

Elle est dénaturée à des températures excédant 65 °C à pH 6,7. Il y a initialement dépliage partiel de la structure (vers 40 °C) formant un état intermédiaire qualifié d'état globulaire fondu (« molten globule state ») (Doi, 1993 ; Ikeguchi et al., 1997),

suivi de plusieurs réactions d'agrégation plus lentes. Les modifications conformationnelles successives conduisent à l'exposition de zones structurales habituellement inaccessibles (Arai et al., 1998). Il peut y avoir établissement d'interactions hydrophobes et de ponts disulfure qui rendent alors irréversible le processus d'agrégation thermique (Shimada et Cheftel, 1989 ; McSwiney et al., 1994).

Les principales propriétés de la mousse : capacité de mousse, durée de vie de la mousse et drainage du film sont influencées par plusieurs facteurs internes ou externes tels que la tension superficielle, la concentration micellaire critique (CMC), la surconcentration superficielle (Γ) et les caractéristiques moléculaires spécifiques du tensioactif, ainsi que pression, température, électrolytes, force ionique et pH (Hunter, 1995; Hilgenfeldt et al., 2001; Graner, 2002; Nguyen et al., 2003; Pandey et al., 2003; Tchoukov et al., 2004; Harvey et al., 2005 ; Neethling et al., 2005 ; Tamura et al., 2006). De même, les méthodes de dosage jouent également un rôle important sur les mesures de moussage et de durée de vie de la mousse, et les résultats de différentes méthodes peuvent différer (Backleh et al., 2004 ; Potreck, 2004).

La formation de mousses aqueuses à partir de solutions de protéines dépend de la nature des protéines et de leur capacité à stabiliser les interfaces eau-air (Famelart et al., 2011).

Très appréciées en pâtisserie (cakes, soufflets, meringues), ces propriétés résultent d'un dépliage partiel des protéines qui s'orientent à l'interface eau/air (propriétés amphiphiles). Un dépliage complet conduirait à une dénaturation et à une précipitation de la mousse. Ces propriétés sont définies par le foisonnement maximum (% d'accroissement de volume) ou capacité moussante et par la stabilité (temps pour maintenir ce volume maximum) (Cheftel et Lorient, 1982). Il a cependant été montré que la dénaturation et les traitements thermiques améliorent les propriétés interfaciales et moussantes des protéines grâce

à l'augmentation de la flexibilité moléculaire et de l'hydrophobie de surface des protéines (**Kim et al., 2005**). Les protéines laitières ont une faible capacité moussante par rapport au blanc d'œuf, aux protéines de soja ou du sang. Souvent un chauffage modéré ou une hydrolyse partielle peuvent améliorer ces propriétés et surtout la stabilité des mousses provenant de protéines de lactosérum.

Conclusion



Conclusion

Conclusion

Le travail que nous avons effectué a porté sur à la caractérisation physicochimique et l'étude des propriétés moussantes des lactosérums bruts(acide et doux) traités par thermo-sonication ;ce sujet a dégagé des résultats avec des appréciations suivantes :

Les lactosérums bruts (acide et doux) sont caractérisés par des paramètres physiques et chimiques qui se différencient suite à leur origine (le procédé d'obtention et la composition du lait mis en œuvre) ; dont nous avons enregistré des paramètres physiques et chimiques comparables et incomparables.

Les paramètres physiques et chimiques incomparables sont manifestés par le pH et l'acidité titrable des deux types des lactosérums bruts étudiés (acide et doux).

Par contre les paramètres physiques et chimiques comparables qui sont enregistrés pour les deux types des lactosérums bruts (acide et doux) sont ceux marqués pour : cendres, conductivité électrique, degrés Brix, indice de réfraction, densité, viscosité, lactose et protéines.

Ce constat a donné un meilleur comportement moussant pour le lactosérum doux brut comparé à celui du lactosérum acide brut.

Le traitement par thermo-sonication des lactosérums bruts (acide et doux) a provoqué une légère augmentation des paramètres physiques à savoir la densité et la viscosité tout en conservant relativement la stabilité des valeurs des autres paramètres physiques et chimiques analysés à savoir : cendres, conductivité électrique, degrés Brix, indice de réfraction, lactose et protéines.

Cet effet a conservé les valeurs des capacités moussantes des deux types des lactosérums à temps $t=0\text{min}$, mais il a amélioré uniquement la stabilité du pouvoir moussant (capacité moussante) au cours du temps notée pour le lactosérum acide que celle contrôlée pour le lactosérum doux.

En perspective, et pour mieux cerner les facteurs améliorant du pouvoir moussant du lactosérum, un travail complémentaire sera planifié portant sur l'étude de l'effet du pH et de la thermo-sonication sur ses propriétés moussantes.

Références bibliographiques



Références bibliographiques

- ❖ **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.
- ❖ **ADRIAN J ; LEGRAND G ; FRANGNE R ; (1981)**: Dictionnaire de Biochimie alimentaire et de nutrition, Tec et Doc. Lavoisier. Paris.
- ❖ **ADRIAN J ; LEGRAND G et FRANGNE R ; (1991)** : Dictionnaire de Biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et Doc. Lavoisier. 3^{ème} édition.
- ❖ **ALAIS C, (1975)** : Science du lait. Principe des techniques laitières. Edition Sepaic, Paris.
- ❖ **ANONYME 2, (2002)** : «Manuel de transformation du lait», chapitre 15 : le traitement de sérum de fromage. CD ROM 2000.
- ❖ **APRIA, (1973)** : Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, Paris,.
- ❖ **APRIA, (1980)** : Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale.
- ❖ **ARIA M, IKURA T, SEMISOTNOV G.V, KIHARA H, AMEMIYA Y, KUWAJIMA K, (1998)** : Kinetic refolding of β -lactoglobulin. Studies by synchrotron X-ray scattering, and circular dichroism, absorption and fluorescence spectroscopy. *J. Mol. Biol.* 275, 149-162.
- ❖ **BACKLEH M, EKICI P, LEUPOLD G, COELHAN M, PARLAR H, (2004)**: Enrichment of the glycoalkaloids α -solanine and α -chaconine from potato juice by adsorptive bubble separation using a pH gradient. *J. Sep. Sci.*, v.27, n.12,
- ❖ **BENAISSA M, (2018)** : Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques. Université D'Oran Ahmed Ben Bella Faculté Des Sciences de la Nature et de la Vie département de Biotechnologie thèse de doctorat en sciences spécialité : Biotechnologie Option Ecosystèmes Microbiens Complexes.
- ❖ **BERGEL D, FERON A, MOLLICA, (2004)** : CRESO-UNIVERSITE DE CAEN ESO- UMR 6590 CNRS N° 21.
- ❖ **BERG et VAN BOECKEL, (1994)** : dégradation du lactose lors du chauffage du lait.1. Voies de réaction – Journal néerlandais du lait et des produits laitiers 48,
- ❖ **BOUDIER J, F LUQUET, (1980)** : Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. APRIA N°21.
- ❖ **BOUDIER J, F et LUQUET F, M, (1981)** : Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale. Série synthèse bibliographique, N°21, PARIA, Paris.
- ❖ **BOUQUELET S, (2008)** : Les protéines alimentaires in : «Biochimie alimentaire», Ed Université des Sciences et Technologies de Lille.

Références Bibliographiques

- ❖ **BOUTIN C, (2000) : Propriétés émulsifiantes et gélifiantes des protéines sériques polymérisées-application dans la fabrication de yogourt, université Laval, France.**
- ❖ **BYLUND G, (1995) : Dairy processing handbook –Tetra pak processing systeme AB S-221 86, Lund, Sweden: 18-23-381**
- ❖ **CHEFTEL J.C, LORIENT D, (1982): Aspect technologiques, les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. Le lait, 62**
- ❖ **CHEFTEL J, CUQ J-L et LORIENT D, (1985): Protéines alimentaires: Biochimie-Propriétés fonctionnelles-Valeur nutritionnelle-Modification chimique, Tec et Doc, Paris, France.**
- ❖ **Codex alimentarius, (2002) : Comité du codex sur le lait et les produits laitiers, Avant projet de revision de la norme sur la poudre de lactosérum. FAO/OMS. 1,2.**
- ❖ **CUVELIER G, et MICHON C, (2003) : Remplacer la gélatine : quelle fonctionnalité ? In Proceeding of Polymerix, Renne, France, 1-9.**
- ❖ **De WITT, J.N. (2001): From milk to whey. Lecturer's handbook on whey and whey products, First edition; European whey Products Association : Brussels, Belgium, 8-15.**
- ❖ **DOI E, (1993): Gels and gelling of globular proteins. *Trends Food Sci. Technol.* 4, 1-5.**
- ❖ **FAMELART M.H, GUYOMARCH F, MORAND M, NOVALES B, (2011): Agrégation protéique et propriétés gélifiantes et moussantes des protéines laitières – quoi de neuf sur le plan des connaissances. Innovations Agronomiques 13,**
- ❖ **FAO, (1995): le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Vol 28, Col FAO, alimentation et nutrition,**
- ❖ **GANESAN N et NING X, (20017) : Role of proteins on Formation, Drainage, and Staability of Liquid Food Foams.**
- ❖ **GANAS 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.**
- ❖ **GERARD B et DEBRY G, (2001) : Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. pp :44-5.**
- ❖ **GONZALEZ C, HERRANZ A et VALLEE C, (2004) : Les propriétés moussantes du lait. Projet industriel de l'Institut National Polytechnique de Lorraine,**
- ❖ **HALLING P, (1981) : Protein-stabilised foams and emulsions. c.r.c crit. Rev food science and nutrition. 15, 55-203.**
- ❖ **JEANTET R, CROGUENNEC T et al., (2008) : " Les produits laitiers ". Lavoisier, Tec & Doc 185.**
- ❖ **KOSIKOWSKI F, V, (1979) : Whey utilization and whey products. Journal of dairy Science 62(7).**

Références Bibliographiques

- ❖ **LINDEN G, & LORIENT, (1994):** Biochimie agro-industrielle, D, Valorisation alimentaire de la production agricole. Masson Paris Milan Barcelona, (1994).
- ❖ **LUPIN D, (1998) :** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. FAO, Alimentation et nutrition.
- ❖ **LUPIN D, (1998) :** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. FAO, Alimentation et nutrition.
- ❖ **LUQUET F,M et BOUDIER J,F, (1984) :** Utilisation des lactosérum en alimentation humaine et animale. Apria, 21.
- ❖ **LUQUET et FRANCOIS M, (1990) :** lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation-Lavoisier.
- ❖ **MADUREIRA, PEREIRA, GOMES, PINTADO, XAVIER, MALCATA, (2007) :** Article Rheological, textural and microstructural features of probiotic whey cheeses.
- ❖ **MATHIEU J, (1998):** Initiation à la physicochimie du lait, Ed, Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- ❖ **MEREO M, (1971) :** les utilisations industrielles du sérum de fromagerie.
- ❖ **MOLETTA R, (2002) :** Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc ;
- ❖ **NELSONE F et COLL, (1978):** whey utilization in first flavored drinks.«Dairy and food science 14».
- ❖ **PROOT J, (2001):** Les technologies propres appliquées aux industries agro-alimentaires. *PDF ARIST BOURGOGNE*, 05.
- ❖ **SMITHERS G,W, (2004) :** Isolation of growth factors from whey and their application in the food and biotechnology industries-a brief review. Bulletin of the International Dairy Federation, 389,
- ❖ **SOTTIEZ P, (1975):** Produits dérivés des fabrications fromagères, in: Luquet F.M. (Ed), Lait et produits laitiers, Vol. 2, Tec et Doc, Lavoisier, Paris, France,
- ❖ **SOTTIEZ P, (1985) :** Produits dérivés des fabrications fromagères. Laits et produits laitiers : vache, brebis, chèvre/Société scientifique d'hygiène alimentaire ; François.
- ❖ **SOTTIEZ P, (1990) :** produits dérivés des fabrications fromagères. Lait et produits laitiers, tome 2. Ed ; Lavoisier, Paris.
- ❖ **TARDAT-HENRY M, BEAUDRY JP, (1992) :** chimie des eaux, le griffon d'argile, sainte. Foy (Québec), canada,
- ❖ **TAYEB K, (2006) :** Effet des ultrasons sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum dé lactosé, Thèse DES en biochimie.
- ❖ **TETRA PACK PROCESSING SYSTEM, (1995) :** Manuel de transformation du lait, Suède.

Références Bibliographiques

- ❖ **THAKUR R, K , VILLETTE C, AUBRY J, M, et DELAPLACE G, (2008) :** Dynamique émulsification and catastrophic phase inversion of lecithin-based emulsions. *Colloides et Surfaces*. 315.
- ❖ **VIERLING E, (2003) :** Aliment et boisson-Filière et produit, 2^{ème} édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine : 11
- ❖ **VIOLLEAY C, (1999) :** valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat. Montpellier.
- ❖ **VISSER R, A , NAN DEN BOS M, J et FERGUSON W, P , (1988) :** Lactose and its chemical Derivates. *bults of I.D.F*, n°233, p:33-44.
- ❖ **VRIGNAUD Y, (1983):** Valorisation du lactosérum, une longue histoire. *Revue laitière française* n°422,
- ❖ **WOO A, (2002) :** La grande diversité du lactosérum. *Agriculture et agroalimentaire*, Canada,

Annexes



Annexe 01 : Paramètres physicochimique et biochimique des lactosérums traités.

Paramètres physico	LSB		LSTC		LSTU		LST C/U	
	A	D	A (60 °C/25	D (40°C/5min	A (15min	D (15min	A	D
pH à 20°C	4.6	6.5	4.39	6.38	4.47	6.31	4.27	6.32
Acidité à 20°C (°D)	53	13	62.7	13.18	56	17	57	17
Densité à 20°C	1.0296	1.0289	1.019	1.0275	1.0280	1.0283	1.0377	1.0293
Viscosité à 20°C(cP)	1.0552	2.1118	1.5489	2.1143	1.0567	2.8005	1.4498	2.9147
Cendres (g/l)	7.82	6.12	6.27	6.19	7.88	6.78	8.2	6.43
CE à 20°C (Ms/cm)	8.63	5.6	7.64	6.76	8.84	6	9.59	6.14
Degré Brix (%)	6.5	7.2	8.5	7.58	7.25	8	7	7.5
Indice de réfraction	1.344	1.3445	1.3455	1.3448	1.3435	1.3450	1.3445	1.3450
Protéines (%)	6	8.5	6.5	7.53	5.8	7.61	4.3	6.9
Lactose (g/l)	30.52	38	23.02	33.94	30.92	39.27	28.81	35.92

Annexe 02 : Expression des résultats pour le dosage du lactose.

Concentration n g/l	0	20	40	60	80	100
Absorbances à 488 nm	0	0.25	0.64	0.9	1.27	1.47
	6	2	2	2	5	

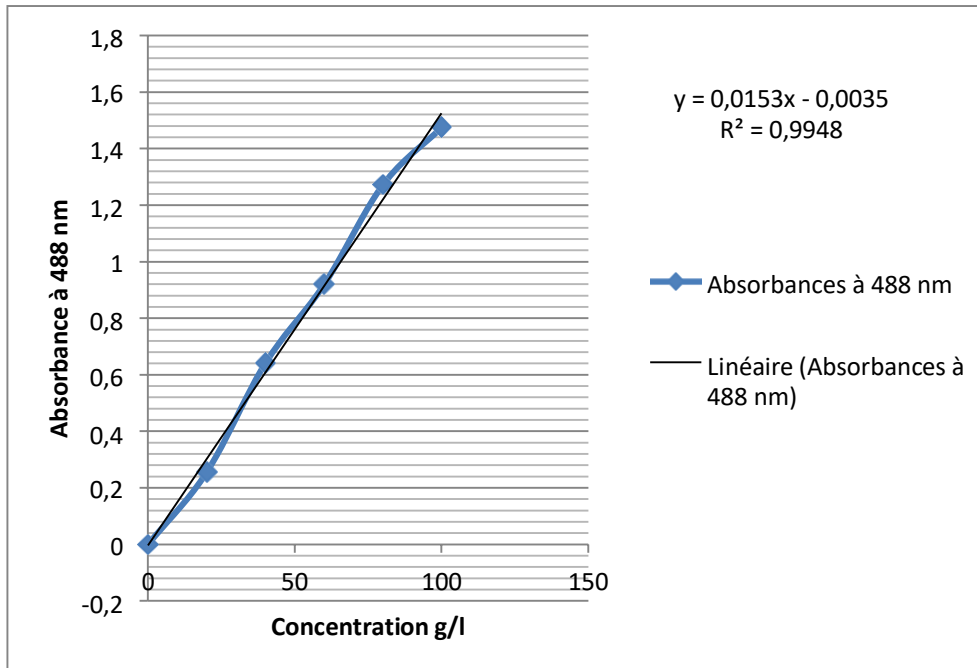


Figure 03 : Présentation graphique de la courbe d'étalonnage de lactose.

Annexe 03 : Expression des résultats pour le dosage de protéine.

Concentration g/l	0	10	20	40	60	80	100
Absorbance à 750 nm	0,051	0,040	0,080	0,160	0,210	0,260	0,310

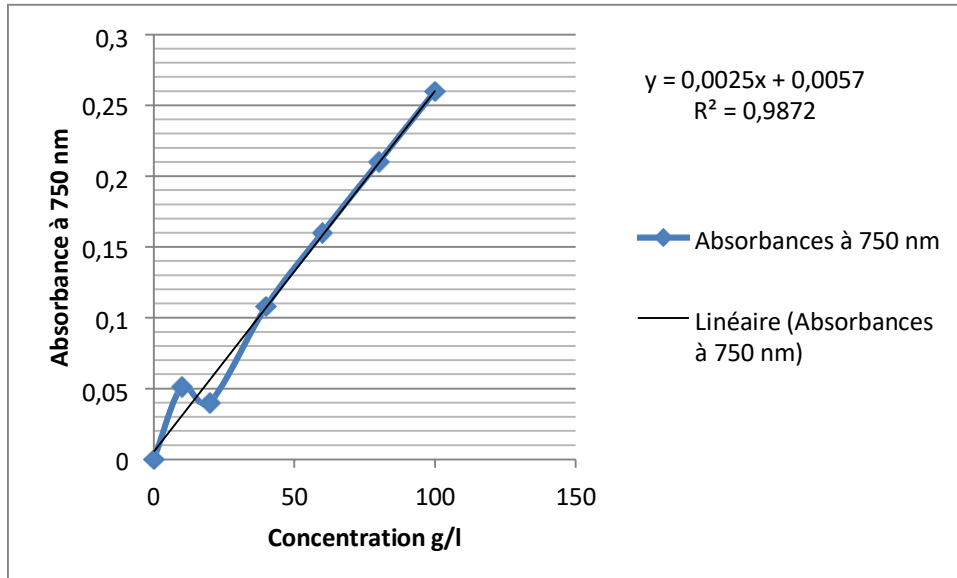
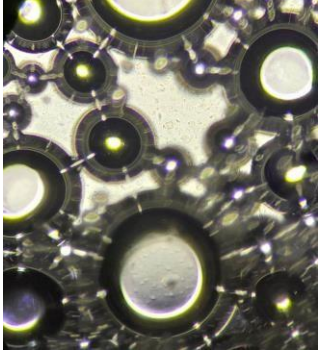
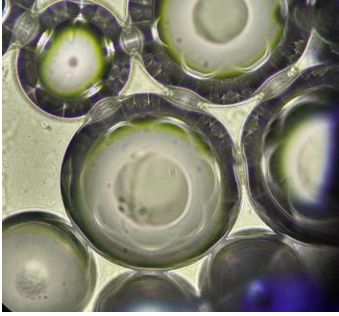
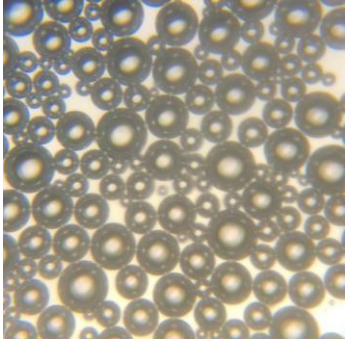
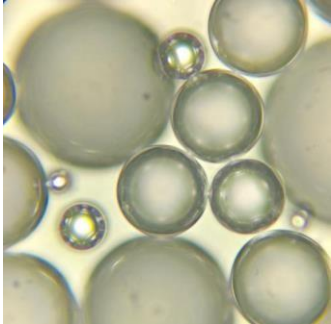
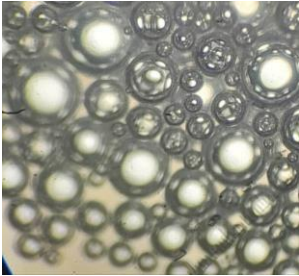
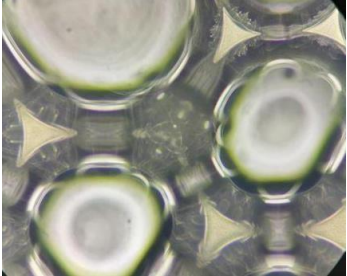
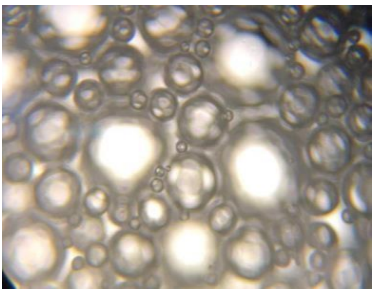



Figure 04 : Présentation graphique de la courbe d'étalonnage des protéines.

Annexes 04 : Prise des photos pour les lactosérums acide bruts et traité par les thermo-sonication.

Lactosérum	Acide	
Brut (non traité)		
	T = 0min (Gx10)	T = 0min (Gx40)
Traité		
	T = 0min (Gx10)	T = 0min (Gx40)

Annexes 05 : Prise des photos pour les lactosérums doux bruts et traité par les thermo-sonication.

Lactosérum	Doux	
Brut (non traité)		
	T = 0min (Gx10)	T = 0min (Gx40)
Traité		
	T = 0min (Gx10)	T = 0min (Gx40)

Résumé

Le lactosérum de lait est considéré comme un déchet à grande échelle, s'il n'est pas correctement géré, il représente un polluant majeur et constitue un enjeu économique et environnemental, et d'autre part il est devenu une source intéressante car il contient une haute valeur nutritionnelle.

Notre expérimentale comportait deux parties : Caractérisation physicochimique du lactosérum de lait et son traitement thermo-sonication , Evaluation des propriétés moussantes du lactosérum de lait et de son traitement thermo-sonication.

Les résultats ont montré que les valeurs des propriétés physicochimiques du lactosérum de lait diffèrent en fonction de l'intensité du traitement thermique et du temps de traitement, ont également montré que les propriétés moussantes du lactosérum de lait et son traitement thermique acoustique sont affectés par la capacité de mousse, âge de la mousse, et diamètre de la mousse selon (température, pH, nature des protéines...). Il a été démontré que les traitements thermiques acoustiques améliorent les propriétés moussantes et la stabilité de la protéine de lactosérum.

Mot clés : Lactosérum, mousse , thermo sonication.

ملخص :

يعتبر مصّل الحليب نفايات على نطاق واسع, إذا لم تتم إدارته بشكل صحيح, فهو يمثل ملوثاً رئيسياً و يشكل قضية اقتصادية و بيئية , و من ناحية أخرى أصبح مصدراً مثيراً للاهتمام لأنه يحتوي على قيمة غذائية عالية .

تتكون تجربتنا من جزأين : التوصيف الفيزيائي الكيميائي لمصّل الحليب الخام ومعالجته بالحرارة الصوتية, و تقييم خصائص رغوة مصّل الحليب الخام ومعالجته بالحرارة الصوتية.

أظهرت النتائج أن قيم الخصائص الفيزيائية و الكيميائية لمصّل اللبن الخام تختلف باختلاف كثافة المعالجة الحرارية الصوتية, كما أوضحت أن خصائص الرغوة لمصّل الحليب الخام و معالجته الحرارية الصوتية تتأثر بقدرة الرغوة , عمر الرغوة و قطر الرغوة حسب (درجة الحرارة , الأس الهيدروجيني , طبيعة البروتينات الخ). لقد ثبت أن المعالجات الحرارية الصوتية تعمل على تحسين خصائص الرغوة و استقرار بروتين مصّل الحليب.

الكلمات المفتاحية : مصّل الحليب , الرغوة , صوتنة حرارية

Summary

Whey is considered a waste on a large scale, if it is not properly managed, it represents a major pollutant and constitutes an economic and environmental issue, and on the other hand it has become an interesting source because it contains a high nutritional value.

Our experiment consisted of two parts: Physicochemical characterization of raw milk whey and its thermo-sonication treatment, Evaluation of the foaming properties of raw milk whey and its thermo-sonication treatment.

The results showed that the values of the physicochemical properties of raw whey differ depending on the intensity of heat treatment and the treatment time, also showed that the foaming properties of raw milk whey and its acoustic heat treatment are affected by the foam capacity, foam age, and foam diameter depending on (temperature, pH, nature of proteins...). Acoustic heat treatments have been shown to improve the foaming properties and stability of whey protein.

Keywords: Whey, foaming, thermo sonication.