

# الجمهورية الجزائرية الديمقراطية

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 :

M<sup>elle</sup> : BEN AHMED Wiam

M<sup>elle</sup> : CHRIF HOSNI Sabrina

M<sup>elle</sup> : DJELIL Soumia

*Thème*

**Caractérisation et étude des propriétés moussantes des lactosérums bruts traités par chauffage conventionnel**

Soutenu publiquement le 14/06/2023

**Jury :**

Président : Mr. YAZLI. W

Encadrant : Mr. ACEM. K

Examineur : Mr. BENSAID.M

**Grade**

MCA Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Pr Université Ibn Khaldoun–Tiaret

MCA Université Ibn Khaldoun–Tiaret

Année universitaire 2022-2023

## **Remerciement**

*Nous profitons de l'occasion de Nous profitons la présentation de ce mémoire pour  
Exprime Nous haute gratitude à(ALLAH) de ce qu'il a été crédité, et atteint Aujourd'hui et  
pour nous avoir donnés le courage et la patience durant ce  
Travail.*

*Nous tenons dans un premier temps à exprimer nos plus vifs remerciements  
Notre encadreur **Mr ACEM Kamel** chargé de cours à la faculté des sciences  
De la nature et de la vie pour son aide, qui nous a guidée tout au long l'élaboration  
De ce travail et pour ses précieux, efficaces conseils, qui ont contribué à  
Alimenter Noter réflexion. C'est un immense honneur pour nous d'avoir  
Effectué notre thème sous sa direction.*

*Nous remercions **Mr YAZLI W** nous avoir fait l'honneur de présider  
Ce jury.*

*Nous tenons aussi à remercier **Mr BENSALIM M** pour avoir accepté  
travail et donc faire partie du jury de soutenance.*

*On remercie également toute l'équipe pédagogique de la faculté SNV en générale  
Et de département de la Nutrition et Technologie Agro-alimentaire.*

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





# *Dédicaces*

*Nous dédions ce*

*Mémoire à*

*Nos très chers parents*

*Témoignage de l'amour, du respect de la  
Gratitude que nous leur portons pour soutien et leur*

*Aide qu'ils m'ont apporté durant nos années*

*D'études, jamais nous ne les remercierai assez*

*De nos avoir donné le meilleur d'eux-mêmes*

*A toutes nos familles et nos ami(e)s*

*WAM SABRINA SOUMBA*

## *Liste des abréviations*

- **CE** : *conductivité électrique.*
- **CM** : *capacité moussante.*
- **cP** : *centpoise.*
- **D** : *densité.*
- **D°** : *degré doronic.*
- **Hz** : *hertz.*
- **IR** : *indice de réfraction.*
- **KHz** : *kilohertz.*
- **LR** : *lait reconstitué.*
- **LSA** : *lactosérum acide.*
- **LSATC** : *Lactosérums acide traités par le bain-Marie.*
- **LSD** : *Lactosérums doux.*
- **LSDTC** : *lactosérums doux traités par le bain-Marie.*
- **MHz** : *méga hertz.*
- **MG** : *matière grasse.*
- **mS/cm** : *milli siemens par centimètre.*
- **TC** : *taux de cendre.*
- **µm** : *micromètre.*
- **µS/cm** : *micro siemens par centimètre.*

## *Liste des tableaux*

<b>Tableau 1:</b> Différents types du lactosérum ( <b>Adrian et al.,1991</b> ). .....	3
<b>Tableau 2:</b> composition moyenne du lactosérum doux et <b>acide</b> ( <b>Adapté de : Morr et Ha ,1993 ; Linden, et Lorient,1994</b> ).....	5
<b>Tableau 3:</b> Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts étudiées. ....	23
<b>Tableau 4:</b> Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums (Acide et Doux) traités par chauffage au bain-Marie.....	29
<b>Tableau 5:</b> Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (Acide)40°C. ....	38
<b>Tableau 6:</b> Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (Acide)60°C. ....	39

## *Liste des figures*

<b>Figure 1:</b> Schéma de protocole expérimentale .....	12
<b>Figure 2:</b> variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux brut) avant traités. .....	26
<b>Figure 3:</b> Evolution du diamètre moyen des bulles d'air de la mousse des lactosérums (Acide et Doux) avant traités. ....	27
<b>Figure 4:</b> Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (LSAB). ....	28
<b>Figure 5:</b> Aspect microscopique des bulles de mousse étudiée (LSDB).....	28
<b>Figure 6:</b> Variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux) traité par chauffage bain marie(40°C). ....	33
<b>Figure 7:</b> Variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux) traité par chauffage bain marie(60°C). ....	33
<b>Figure 8:</b> Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 40 °C /5 min. ....	35
<b>Figure 9:</b> Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 40 °C /25 min. ....	35
<b>Figure 10:</b> Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 60 °C /5 min. ....	36
<b>Figure 11:</b> Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 60 °C /25 min. ...	36

## *Liste des annexes*

- **Annexe 1** : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines.
- **Annexe 2** : de La courbe d'étalonnage dosage des Lactose.
- **Annexe 3** : Prise des photos pour les lactosérums doux et acide traités par le chauffage au bain-Marie.
- **Annexe 04** : photos de quelques méthodes de travail.
- **Annexe 05** : capacités moussantes de lactosérum (acide et doux) brute non traitées.
- **Annexe 06** : Capacité moussante de lactosérum (acide et doux) traitées par chauffage au bain-marie (40°C).
- **Annexe07** : Modification des lactosérums après une température 95°C pendant 5 min /25 min.

<i>Liste des abréviations</i> .....	<i>i</i>
<i>Liste des tableaux</i> .....	<i>ii</i>
<i>Liste des figures</i> .....	<i>iii</i>
<i>Liste des annexes</i> .....	<i>iv</i>

## *Sommaire*

<i>Introduction</i> .....	<i>1</i>
---------------------------	----------

### *Chapitre I : Partie bibliographique*

<i>I. Lactosérum</i> .....	<i>3</i>
I.1. Définition .....	<i>3</i>
I.2. Différents types du lactosérum .....	<i>3</i>
I.2.1. Lactosérum acide .....	<i>4</i>
I.2.2. Lactosérum doux.....	<i>4</i>
I.3. La composition du lactosérum .....	<i>4</i>
I.3.1. Le lactose .....	<i>5</i>
I.3.2. Les minéraux.....	<i>5</i>
I.3.3. Protéines.....	<i>5</i>
I.4. Sources industrielles .....	<i>7</i>

### *Chapitre II : Partie expérimentale*

<i>II.1. Lieu de travail</i> .....	<i>9</i>
<i>II.2. Objectif du travail</i> .....	<i>9</i>
II .3.1. Matériels et produits utilisés.....	<i>9</i>
II .3.1.1. Matières premières utilisés .....	<i>9</i>
II .3.1.2. Matériel du laboratoire .....	<i>9</i>
II .3.1.2.3. Produits Chimiques .....	<i>10</i>
<i>II.3.2. Méthodes d'analyses</i> .....	<i>12</i>
II .3.2.1. Protocole expérimental.....	<i>12</i>
II .5. Préparation des matières premières .....	<i>13</i>
II .5.1. Lactosérums acide brut.....	<i>13</i>
II .5.2. Lactosérums doux brut .....	<i>13</i>
II .6. Méthodes d'analyses .....	<i>13</i>
II .6.1. Analyses physiques .....	<i>13</i>

II .6.2. Analyses chimiques.....	16
II .6.3. Analyses biochimiques.....	18
II .7. Étude du pouvoir moussant des lactosérums bruts.....	20
II .7.1. Pouvoir moussant .....	20
II .7.2. Paramètres microscopiques .....	20
II .8. Caractérisation des lactosérums traités par chauffage conventionnelle .....	21
II .8.1. Traitement par chauffage conventionnel .....	21

### *Chapitre III : Résultats et discussion*

<i>III.1. Caractérisation des matières premières étudiées.....</i>	<i>23</i>
III.1.1. Lactosérums bruts .....	23
III.1.1.1. Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts .....	23
III.2. Caractéristiques de Pouvoir moussant des lactosérums bruts .....	26
III.2.1. Capacité moussante .....	26
III.2.2. Paramètres microscopiques .....	27
III.3. Caractéristiques des lactosérums traités par chauffage conventionnel .....	29
III.3.1. Le pH.....	29
III.3.2. L'acidité .....	30
III.3.3. Densité.....	30
III.3.4. Viscosité .....	30
III.3.5. Cendre .....	31
III.3.6. Conductivité électrique .....	31
III.3.7. Degré Brix .....	31
III.3.8. Indice de réfraction.....	31
III.3.9. Protéine.....	32
III.3.10. Lactose .....	32
<i>III.4. Caractéristiques de pouvoir moussant des lactosérums traités.....</i>	<i>33</i>
III.4.1. Capacité moussante .....	33
III.4.2. Paramètres microscopiques .....	35
III.4.3. Diamètres moyen des bulles de mousse .....	35
III.4.2.2. Prise des photos .....	38
<i>Conclusion.....</i>	<i>41</i>

*Références Bibliographiques*

*Annexes*

*Résumé*

# *Introduction*

### Introduction

Le lactosérum est un sous-produit de la fabrication du fromage, il est Défini comme la portion de lait ou de sérum restant après la coagulation du lait et la séparation des cailles. En fait, le lactosérum représente environ 85% à 95% du volume du lait et environ 55% des Ses nutriments **(Lapointe-Vigdola,2002 ; Guimarães et al.,2010)**.

La production mondiale de lactosérum est estimée à environ 180 à 190 millions de tonnes par an **(Mollea et al.,2003)**. Cette production croît à peu près au même rythme que le lait (42% par an) **(Papademas et Kotsaki,2019)**. Selon les estimations de l'ONS (2007), l'Algérie produit une grande quantité de lactosérum à plus de 10 millions de litres par an. au lieu d'être exploitée pour ses riche nutriments, cette richesse est déversée dans les cours d'eau.

Parmi les principales parties du lactosérum qui peuvent être améliorées, les protéines solubles avec d'excellentes propriétés les fonctionnelles, parmi eux nous trouvons les propriétés moussantes qui sont des propriétés technos fonctionnelles très recherchées dans divers domaines alimentaires et non alimentaire.

La mousse est constituée de bulles d'air dispersées dans un solide ou un liquide, la mousse a très peu de liquide ou de solide et beaucoup de bulles d'air (bulles), c'est ce qui lui donne sa densité**(Verger,2005)**.la forme de la bulle et les sphères sont séparées par une fine couche de fluide visqueux qui, avec le temps, la structure sphérique de la mousse se transforme progressivement en une structure polyédrique**(BOUMEZAID,2015)**.Les mousses en générales ont des plusieurs propriétés, que sont utile dans l'application industrielles**(BOUMEZAID,2015)**.

Les traitements thermiques sont d'une grande importance pour la production, la concentration et la transformation des protéines alimentaires **(Reikin, 1994)**. À l'état natif, les protéines globulaires possèdent une structure compacte afin de diminuer le plus possible la surface de contact de chaînes latérales non polaires avec le solvant. Cette structure compacte est adoptée de réduire l'entropie du système qui serait trop élevée pour solubiliser les nombreux groupements de liaisons non hydrogène intramoléculaires dans un état déployé **(Brady, 1989)**. Il en résulte ainsi un grand nombre de liaisons non covalentes à l'intérieur de la molécule, entre les molécules ou entre la molécule et le solvant **(Relkin1996)**

Dans ce contexte, le présent projet de fin d'étude a pour but d'étudier les effets du chauffage conventionnel sur les propriétés physicochimiques et moussantes des lactosérums bruts (acide et doux).

*Chapitre I : Partie  
bibliographique*

## I. Lactosérum

### I.1.Définition

Anciennement appelée petit lait, le lactosérum est un sous-produit de l'industrie fromagère, préparation du caséinate (**Jouan,2002**). Le lactosérum était transporté est une découverte plus de 3000 avant Jésus-Christ, le lait par les bédouins. Acidification et la solidification par chauffage conduit à la formation d'une phase liquide au-dessus d'un lait caillé (**DeWitt, 2001**). Le lactosérum représente 90 % du volume initial de lait utilisé c'est un sous-produit majeur dans la fabrication du fromage (**Moletta, 2002**).

Le terme lactosérum fait référence au liquide translucide, jaune-vert qui se sépare du caillé (**Heslot, 1996**), après séparation de la caséine par coagulation acide ou procédé traitement enzymatique utilisant la présure ou la chymosine (**Jouan, 2002**).

### I.2.Différentes types du lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un sous-produit faire du fromage ou de la caséine. Selon le tableau suivant (**Tableau.1**). On distingue deux types de lactosérum : le lactosérum de lait caillé non acide, par la présure, dite (lactosérum doux), est due à la fabrication de fromage avec pâtes fraîches, pâtes molles ou caséine lactique appelée (lactosérum acide) (**Linden et al., 1994**) ; de la fuente.

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

Type	Degrie d'acidité	pH	production
<b>Lactosérum acide</b>	> 18°D	4.5 - 5,5	-fromagerie à pâte fraîche -fromagerie à pâte molle -caséinerie acide
<b>Lactosérum doux</b>	< 18°D	6.5- 6.7	-fromagerie à pâte pressée -fromagerie à pâte -caséinerie présure.

### I.2.1. Lactosérum acide

Le lactosérum acide est obtenu après coagulation du lait par précipitation à la caséine en ajoutant de l'acide fort ou de l'acide lactique, leur point isoélectrique pH est de 4,6 (Violleau, 1999). La caséine se lie aux sels de calcium et l'acidification la déminéralise via le lactosérum est un composant important des éléments minéraux, en particulier le calcium et phosphore (Sottiez, 1990).

Le lactosérum acide est plus faible en lactose et plus riche en minéraux. Eux aussi inoculé avec plus de bactéries lactiques et moins fermentescible que le lactosérum doux (Moletta, 2002). Niveaux élevés d'acide lactique et de minéraux ces lactosérums sont également déshydratés et sont souvent utilisés sous forme liquide. Presse cuite ou crus (Emmenthal, Saint Paulin, Edam, etc.), dont le pH varie de 5 à 6,3. Ce le lactosérum doux est généralement déshydraté (Morr, 1989 et Moletta, 2002). Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 3,8 et 4,6 (Moletta, 2002).

### I.2.2. Lactosérum doux

Le lactosérum doux provient de la fabrication de fromages où la transformation est basée sur la coagulation de la caséine par la présure. La présure induite par la coagulation de la caséine se produit à un pH d'environ 6.5 donc, le lait est produit pendant le traitement enzymatique est désigné comme lactosérum doux (Chatzipaschali et Stamatis, 2012 ; Panesar et al., 2007). Le lactosérum doux est 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). Le lactosérum doux issu de la production de pates pressée et/ou cuites ou molle.

### I.3. La composition du lactosérum

La composition du lactosérum dépend du lait utilisé au départ et du type de coagulation dont il est issu. En général, le lactosérum est majoritairement composé d'eau, de lactose, de protéines, de MG et de minéraux. Les teneurs de ces différents éléments sont présentées dans le tableau 02

**Tableau 2:** composition moyenne du lactosérum doux et acide (Adapté de : Morr et Ha ,1993 ; Linden, et Lorient,1994).

Composants	Lactosérum doux %	Lactosérum acide %
Eau	93	93,5
MS	7	6,5
Lactose	4,77	4,71
Protéines	0,82	0,77
Minéraux	0,53	0,69
MG	0,07	0,03

### I.3.1. Le lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum de fromage (Luquet et François, 1990). Le lactose est un disaccharide composé d'une molécule de glucose et d'une autre molécule de glucose galactose, un composant important des cérébrosides qui composent les tissus tension (Gérard et Debry, 2001). Il aide à stabiliser le pH intestinal (Visser et al., 1988). Le lactosérum doux contient plus de lactose que le lactosérum acide, en effet, le lactose a été transformé en acide lactique à un stade ultérieur (Sottiez, 1990).

### I.3.2. Les minéraux

Bien que le sel soit ajouté selon certaines pratiques fromagères, ce dernier a tous les minéraux dissous dans le lait se retrouvent dans le lactosérum. 8 à 10 % de sels d'extrait de sérum séché représentent plus de 50 % chlorures de sodium et de potassium et divers autres sels de calcium, principalement sous forme de phosphate de calcium (Vrignaud, 1983). Ces sels minéraux constituent en quelque sorte les composants indésirables du sérum. Efficace, il semble que le nombre relativement élevé constitue un obstacle à l'utilisation lactosérum dans les aliments pour humains et nourrissons (Linden et al., 1994).

### I.3.3. Protéines

Les protéines de lactosérum représentent 20% de la protéine totale qui compose le lait (Morr, 1982 ; Bardy et al., 2016). Ils sont composés de plusieurs types de protéines, dont la  $\beta$ -lactoglobuline et l' $\alpha$ -lactoglobuline prédominent. Immunoglobuline, sérum l'albumine bovine (BSA), le glycomacropéptide (GMP) et la peptone sont composant protéique mineur du lactosérum.

### I.3.3.1. Protéine principale

- **$\beta$ -lactoglobuline**

( $\beta$ -LG) La  $\beta$ -lactoglobuline ( $\beta$ -LG) est la protéine de lactosérum la plus abondante, elle représente environ 2 à 4 g/l, équivalent à 50 % des protéines de lactosérum totales (**Eugénie et al., 2006 ; Roufik et al., 2007**). Il n'est pas présent dans le lait maternel car il est l'une des principales sources d'allergies chez les enfants, limitant l'utilisation du lait préparation de lait maternisé (**Uchdia et al., 1996**) ; c'est une protéine globulaire structure compacte, composée de 162 résidus d'acides aminés, son poids moléculaire La valeur relative est de 18,3 KDa (**Roufik et al., 2007**). Jusqu'à présent, 9 variantes génétiques ont été identifiées dans cette protéine (**Eugenia et al., 2006**).

La  $\beta$ -lactoglobuline, dont la fonction dans le lait n'est pas complètement élucidée, joue un rôle important dans l'assimilation de la vitamine A1 (**Bergel et al., 2004**). La protéine existe sous forme de dimère (36,7 KDa) à des valeurs de pH supérieures à son point isoélectrique pH (5.2) à des valeurs de pH inférieures à 3,5 et supérieures à 7,5, le dimère se dissociera en deux monomères, entre 3,5 et 5,2, les dimères vont s'agréger en octamères (147 KDa). La température de dénaturation de cette protéine est supérieure à 65°C, et transitions conformationnelles des groupes SH et  $\epsilon$ -NH<sub>2</sub>. (**Mohr et al., 1993**).

- **Alpha-Lactalbumine ( $\alpha$ -LA)**

Comme la  $\beta$ -lactoglobuline, l' $\alpha$ -lactalbumine est une protéine de structure globulaire le primaire montre de nombreuses homologues de séquence avec le lysozyme de l'œuf poulet : 47 des 123 résidus d'acides aminés identiques (**Cheftel et al., 1985**) ; son poids corporel poids moléculaire 14 KDa, concentration 1 à 1,5 g/L, (environ 20 % protéines de lactosérum totales). L'alpha-lactalbumine est considérée comme la protéine la plus importante plus stable à des températures élevées (**Morr et Ha, 1993**) suggèrent que l' $\alpha$ -lactalbumine est dénaturé à 65,2°C et pH=6,7, 80% à 90% dénaturé à refroidir. ' (**Chaplin et Lyster 1986**) ont découvert l'application de la température de refroidissement une solution d' $\alpha$ -lactalbumine à 77°C et un refroidissement immédiat ont donné La dénaturation irréversible n'est que de 10 %. Alpha-lactalbumine est une autre protéine fonctionnelle très intéressante par sa composition riche en tryptophane, qui en fait une base de fabrication de peptides destinés à l'alimentation diététique ou alimenteuse (**Bergel et al., 2004**).

### I.3.3.2. Les protéines mineures

- **Sérum albumine bovine (BSA)**

Il représente 0,1 à 0,4 gr/l des protéines de lait, a un poids moléculaire de 69 KDa, il est se compose de 582 acides aminés (**Morr et Ha., 1993**). Stabilisation de la liaison des acides gras les molécules de protéines sont résistantes à la dénaturation par la chaleur (**Gumpens et al., 1979**). Ce L'albumine sérique bovine est soluble à 35% dans l'eau distillée à 3°C, cependant, une précipitation importante se produit dans la plage de température ambiante de 40 à 45°C. (**Lin et al., 1976**) .

- **Immunoglobuline (Ig)**

Les immunoglobulines désignent une famille hétérogène de glycoprotéines allant de 150 à 1000 KDa et partagent une activité d'anticorps commune (**Eigel et al., 1984**). Immunoglobuline se compose de quatre classes : IgG1, IgG2, IgA, IgM et IgE. Ceux-ci sont déjà en dans le lait et le sérum. Ces protéines sont des monomères de deux chaînes un polypeptide de 20 KDa et deux chaînes polypeptidiques de 50 à 70 KDa qui traversent liaisons disulfure (**Brunner, 1977**). Le lait contient 0,6 à 1,0 g/L d'immunoglobulines, 80% sont des IgG. Cette protéine est caractérisée par une divulgation thermique plus élevée que l' $\alpha$ -lactalbumine et la  $\beta$ - lactoglobuline.

### I.4. Sources industrielles

- **Les fromagers :**

Il s'agit de la série de processus qui conduisent à la production de fromage à partir de lait. Dans la nature, ce dernier subit des processus de coagulation et de synérèse, qui d'une part conduit à d'une part la phase solide "fromage" et d'autre part la phase liquide "lactosérum" (**Laplanche, 2004**).

## *Chapitre II : Partie expérimentale*

## **II.1. Lieu de travail**

Notre travail expérimental a été réalisé au sein de laboratoire de recherche physiologie végétale appliquée aux cultures hors sol et technologie alimentaire et microbiologie de la faculté des sciences de la nature et de la vie d'université **IBN KHALDOUN** de **Tiaret**.

## **II.2. Objectif du travail**

L'objectif principal de notre travail est :

Caractérisation des propriétés moussantes des lactosérum bruts et traités par chauffage conventionnel

### **II.3.1. Matériels et produits utilisés**

#### **II.3.1.1. Matières premières utilisés**

##### **II.3.1.1.1. Poudre du lait**

- Le lactosérum acide brut, et lactosérums doux brut a été préparé à partir d'une poudre de lait écrémé (0% de matière grasse).

##### **II.3.1.1.2. Présure**

- Enzyme coagulante du lait, préparé au niveau de laboratoire.

#### **II.3.1.2. Matériel du laboratoire**

##### **II.3.1.2.1. Appareillages**

- Balance (ONEER Tm / PI OHAVS);
- Agitateur magnétique chauffant (WISESTIR WISD, LABORATORY / MSH-55D MSH-20D) ;
- Conductimètre électrique (BANTE instrument) ;
- pH mètre (HANNA HI,2211) ;
- Réfrigérateur ;
- Refractometer;
- Four (HERAEUS instruments type M110);
- Viscosimètre (THERMO scientific) ;
- Spectrophotomètre (SP- UV11000) ;
- Microscope optique (B-350 OPTIKA) ;
- Centrifugation (SIGMA 203) ;

- Bain-Marie (DAIHAN scientific) ;
- Heraeus instruments (K 1252 electrical) ;
- Blinder (CLATRONIC) 18000 trs/min ;

**II .3.1.2.2. Verreries**

- Bécher
- Burette
- Capsule
- Entonnoir
- Eprouvette
- Tube à essai
- Thermomètre
- Pipettes graduées
- Micropipettes
- Fioles jaugées
- Pycnomètre

**Autres**

- Papier filtre
- Papier aluminium

**II .3.1.2.3. Produits Chimiques**

- Acide chlorhydrique concentré (HCl)
- Lait en poudre écrémé à 0% matière grasse
- Solution tampons de pH =6 et pH = 4
- Solution de soude ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) 2%
- Ethanol
- Acide sulfurique concentré ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) =98%
- Réactif de folin-ciocalteu ( $\text{H}^3\text{PM}^{012}\text{O}^{40}$ )
- Carbonate de sodium ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ )
- Acétone

- Lactose non hydraté
- L'eau distillée
- ❖ **Indicateurs colorés**
- Phénolphtaléine à 5%
- Phénol 5%
- Rouge de soudan 1%
- Bleu de méthyle

II.3.2. Méthodes d'analyses

II.3.2.1. Protocole expérimental

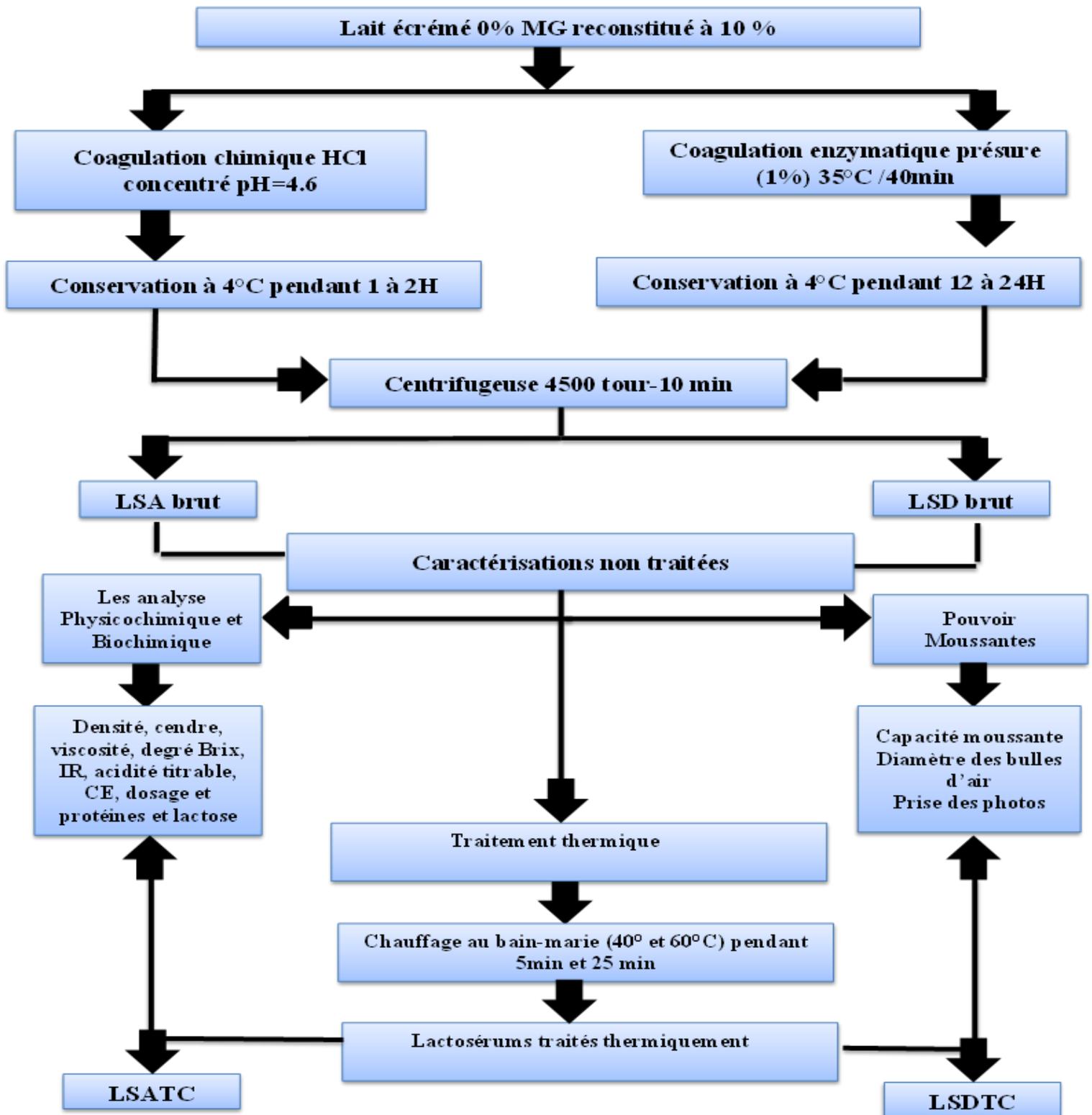


Figure 1:Schéma de protocole expérimentale

## II.5. Préparation des matières premières

### II.5.1. Lactosérums acide brut

- Préparer un lait écrémé (0% MG) reconstitué à 10% dans l'eau distillée ;
- Étalonner le pH mètre à l'aide des solution tampons ;
- 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 2 heures ;
- Séparer le lactosérum acide brut par centrifugation ;
- Le conserver à 4°C jusqu'à l'utilisation ;

### II.5.2. Lactosérums doux brut

- Préparer un lait écrémé (0% MG) reconstitué à 10% dans l'eau distillée.
- A l'aide d'un agitateur magnétique chauffant, chauffer le lait à 35°C.
- Ajouter 2ml de présure préparée 1%.
- Maintenir l'agitation à 35°C pendant 40 minutes.
- Recouvrir le bécher avec le papier aluminium, et le conserver à 4°C pendant 12 à 24 heures.
- Séparer le lactosérum doux brut par centrifugation.
- Le conserver à 4°C jusqu'à l'utilisation.

## II.6. Méthodes d'analyses

### II.6.1. Analyses physiques

#### II.6.1.1. Densité

##### A. Principe

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 ; selon **MATHIEU (1998)**.

##### B. Mode opératoire

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

- Peser le pycnomètre vide (P0) et plein d'eau distillée (P1).
- Sécher le pycnomètre, puis le remplir avec l'échantillon et le peser (P2).

### C. Calcul

Les résultats sont donnés par la formule suivantes :

$$D = (P_2 - P_0)/(P_1 - P_0)$$

D'où :

- **D** : densité de l'échantillon
- **P<sub>0</sub>** : poids du pycnomètre vide en g.
- **P<sub>1</sub>** : poids du pycnomètre rempli d'eau distillée en
- **P<sub>2</sub>** : poids du pycnomètre rempli d'échantillon en g.

### II .6.1.2. Indice de réfraction et degré Brix

#### A. Principe

Selon **ROGER (1974)**. L'indice de réfraction permet de connaître le degré de pureté d'un liquide ou de connaître la concentration de solide présent dans une solution.

C'est la mesure de pouvoir réfringent au moyen d'un réfractomètre par rapport à la raie D du spectre de sodium **CHAMPETRIER, (1974)**.

#### B. Mode opératoire

L'indice de réfraction a été déterminé par un réfractomètre à une température fixée à 19 à 20°C, nous avons utilisé la méthode de **AFNOR, (1986)**. Qui consiste à :

- Etalonner le réfractomètre avec l'eau distillée dont l'indice de réfraction est égal à 1,333 et 0% pour °Brix.
- Déposer entre les prismes de l'appareil quelques gouttes d'échantillon, ensuite ajuster les deux zones claire et sombre et lire directement l'indice de réfraction et le % en matière sèche de l'échantillon sur les échelles.

### II .6.1.3. Cendres

#### A. Principe

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

**B. Mode opératoire**

- Peser une capsule vide.
- Placer 5ml du lactosérum dans une capsule.
- Mettez la capsule dans un four à température de 550°C pendant 2 à 3 heures.
- Refroidir la capsule dans un dessiccateur puis peser la capsule.

**C. Calcul**

Les résultats sont donnés par la formule suivantes :

$$TC = (M1 - M0) \times \left(\frac{1000}{V}\right) g/L$$

**D'où :**

- **TC** : teneur en cendres en g/l.
- **M<sub>0</sub>** : Masse de la capsule vide en g.
- **M<sub>1</sub>** : La masse de la capsule et le résidu après la dessiccation et le refroidissement.
- **V** : Le volume de la prise d'essais en ml.

**II .6.1.4. 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 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'Höppler,**) 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 bille.

**C. Calcul**

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

$$V = T \times (D_0 - D_1) \times k(cP)$$

**D'où :**

- **V** : Viscosité en centipoise (cP).
- **T** : Temps de chute de la bille en secondes (s).
- **D<sub>0</sub>** : Densité de la bille.
- **D<sub>1</sub>** : Densité de l'échantillon.

**II .6.2. Analyses chimiques****II .6.2.1. Le pH****A. Principe**

Le pH est mesuré par un pH- mètre dont sa valeur est en fonction de la concentration des ions hydronium présents dans la solution, **GEOFFREY, (2011)**.

**B. Mode opératoire :**

- Etalonner le pH-mètre par des solutions tampons à (pH=7 ; 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 une volume suffisant de l'échantillon (lactosérum acide et doux) lire le pH indiqué sur l'écran d'affichage du pH-mètre.

**II .6.2.2. Acidité titrable****A. Principe**

Selon la méthode **d'AFNOR-NF04- (1986)**, l'acidité du lactosérum est déterminée par titrage à l'hydroxyde de sodium NaOH (N/9), en présence d'un indicateur coloré la phénolphtaléine, elle est exprimée en gramme par litre (g/l) ou en degré doronic (°D).

**B. Mode opératoire**

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

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

**C. Calcul**

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

$$A = 10 \times (V1/V0) \text{ g/l}$$

**D'où :**

- **A** : L'acidité titrable de l'échantillon en (g/l).
- **V<sub>0</sub>** : Volume en ml de la prise d'essai.
- **V<sub>1</sub>** : Volume de NaOH versé (ml).

**NB** : 1Degré doronic =0,1g d'acide lactique par litre.

### II .6.2.3. Conductivité électrique

#### A. Principe

La conductivité électrique exprime l'aptitude de la solution aqueuse à conduire un courant électrique, elle est en corrélation avec la teneur en sels solubles, **RODIER (1997)**.

#### 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 22°C.
- Plonger l'électrode dans le bécher qui contient l'échantillon et lire directement la conductivité électrique du l'échantillon étudié à 22°C.

### II .6.3. Analyses biochimiques

#### II .6.3.1. Dosage des protéines

##### A. Principe

Selon la méthode de **LOWRY et al (1965)**.

Les protéines, qui sont des macromolécules amphotères, peuvent se déplacer dans un champ électrique en fonction de leur charge nette, de leur taille et des conditions du milieu.

##### B. Réactif

Préparer la :

- **Solution A** : 2% de NaOH anhydre dans la soude 0.1N.
- **Solution B1** : 5% de sulfate de cuivre (CuSo4).
- **Solution B2** : 10% de tartrate double de K et 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
- **Réactif C** : 1ml de Réactif B + 50ml de solution A.

**C : Mode opératoire**

- ✓ 1ml d'échantillon à doser (1ml 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.
- ✓ Attendre 30min et lire à l'obscurité.
- ✓ Faire la lecture de l'absorbance à 750 nm.
- ✓ Lire la teneur des protéines à partir de la courbe d'étalonnage (**Annexe 01**).

**II .6.3.2. Dosage de lactose****A. Principe**

Selon 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- méthylfurfural (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. Réactif**

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

**C. Mode opératoire**

Nous avons suivi le mode opératoire suivant :

- Prendre 1ml de lactosérum dilué ( $10^{-1}$ ) + 1ml du phénol à 5% + 5ml de l'acide sulfurique
- Après agitation par l'appareil vortex, laisser reposer 10 min à température ambiante.
- Incubation dans un bain-Marie à 30°C pendant 30 min.
- Lier l'absorbance au spectrophotomètre à 488 nm.
- Lire la teneur du lactose à partir de la courbe, d'étalonnage (**Annexe02**).

## II.7. Étude du pouvoir moussant des lactosérums bruts

### II.7.1. Pouvoir moussant

#### II.7.1.1. Capacité moussante

##### A. Principe

Un moussé est une dispersion de bulles de gaz dans une phase continue liquide, solide ou semi-solide, les mousses liquides peuvent être considérées comme des émulsions < gaz – dans – eau > (et parfois, mais plus rarement, gaz – dans – matière grasse).

Selon la méthode de **PHILIPPE CAYOT et DENIS LORIENT, (1998)**.

##### B. Mode opératoire

On met 50ml du lactosérum dans un bécher 250ml, et agité à l'aide d'un agitateur blindé à une vitesse 18000 tours pendant une minute à 20°C.

##### C. Calcul

Les résultats sont donnés par la formule suivantes :

$$CM\% = Vm/V0$$

D'où :

- **CM** : La capacité moussante.
- **Vm** : Volume de la mousse en ml.
- **V<sub>0</sub>** : Volume de l'échantillon en ml.

### II.7.2. Paramètres microscopiques

#### II.7.2.1. Diamètre moyen des bulles d'air

##### A. Mode opératoire

- Grâce à une spatule, prélever un volume de mousse préparée et déposer sur une lame en verre sans couvrir par lamelle,
- La préparation est ainsi prête en observation microscopique,
- La prise des photos pour l'ensemble des mousses par un appareil photo numérique avec G10 et G40
- Le diamètre moyen des bulles d'air de lactosérum est déterminé macroscopiquement à l'aide d'un microscope optique.

Nous avons utilisé un micromètre oculaire gradué de (0 à 10) dont les graduations sont distantes les unes des autres de 0,1  $\mu\text{m}$ .

Pour avoir une répartition statistique, on se déplace au Hazard sur la surface du rectangle en réalisant 10 déterminations successive sous l'objectif 40.

### B. Calcul

Le diamètre moyen est calculé par la formule suivantes :

$$\Phi = K \cdot \left[ \sum_{i=0}^{i=10} Di/10 \right]$$

D'où :

- **K** : Coefficient oculaire (G×40) constant (K = 2,41).
- **$\Phi$**  : Diamètre des bulles d'air en  $\mu\text{m}$ .
- **I** : Nombre de bulles d'air fixée hazard.

#### II.7.2.2. Prise des photos

La prise des photos des lactosérums sont réalisées microscopiquement avec G×10 et G×40 par un appareil photo numérique.

### II.8. Caractérisation des lactosérums traités par chauffage conventionnelle

#### II.8.1. Traitement par chauffage conventionnel

Le traitement par le bain-Marie est effectué pendant 5 et 25 minutes, à température 40°C et 60°C, puis on fait les mêmes analyses physico-chimiques et biochimiques précédents pour nos échantillons.

- Le tableau 02 montre une méthode abrégée pour le traitement

**Tableau 02** : méthode pour le traitement de chauffage

Température °C	40°C				60°C			
Temps (min)	5		25		5		25	
Type de LS	A	D	A	D	A	D	A	D

- Répétez les mêmes étapes dans des conditions normales.

## *Chapitre III : Résultats et discussion*

### III.1. Caractérisation des matières premières étudiées

#### III.1.1. Lactosérums bruts

##### III.1.1.1. Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts

Le tableau 03 représente les paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts.

**Tableau 3:** Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums bruts étudiés.

Paramètres	LSA	LSD
Le pH à 20°C	4,6	6,5
Densité à 20°C	1,0289	1,0293
CE à 20°C(us/cm)	8,64	5,61
Degré brix%	6,5	7,2
Indice de réfraction à 20°C	1,3440	1,3445
Acidité titrable à 20°C	53	13
Cendre(g/l)	7,82	6,12
Viscosité à 20°C(CP)	1,0559	2,1111
Protéines (g/l)	60	85,38
Lactose (g/l)	30,52	38

##### III.1.1.1.1. Densité

Les valeurs de la densité obtenue pour le lactosérum doux sont plus élevées par rapport au lactosérum acide.

Selon **BOUDIER et LUQUET (1980)**, la densité de la teneur en matière sèche et en matière grasse influencés par la température.

##### III.1.1.1.2. 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)** (1,343 pour lactosérum doux ; et 1,3381 pour lactosérum acide). Selon **ADRIAN et al (1981)**. L'indice de réfraction varie suivant la température et la composition du lactosérum.

**III.1.1.1.3. Degré Brix**

La valeur de degré Brix du lactosérum doux avant traitement est légèrement par rapport aux résultats trouvée par **LORIENT et LINDEN (1994)**. À savoir 7% pour le lactosérum doux et 6,5% pour le lactosérum acide.

**III.1.1.1.4. Cendres**

Nous remarquons que la teneur en cendres du lactosérum acide est élevée par rapport à celle de lactosérum doux ces résultats sont comparable aux travaux de **ACEM (2001)**. (14g/l pour LSA ; et 2g/l pour LSD) et **BENMILOUD (2002)**. (13g/l pour LSA ; et 3g/l pour LSD).

Selon **ADRIAN et al (1995)**. Rapporte que le lactosérum acide se caractérise par un ph plus bas et une teneur plus élevée en cendres, il ajoute que le lactosérum doux a une teneur en calcium 3 fois moins importante que le lactosérum acide.

**III.1.1.1.5. Viscosité**

La viscosité du lactosérum doux est supérieure à celle du lactosérum acide. Selon la **ADRIAN et al (1981)** ; 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 pour le solvant.

**III.1.1.1.6. Le pH**

La valeur du pH du lactosérum doux avant traitement est conforme à celle donnée par **SOTTIEZ (1990)** ; qui trouve 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 **SOTTIEZ (1990)** ; qui varie du 4,6 à 6,00.

**III.1.1.1.7. L'acidité titrable**

Nos résultats indiquent que l'acidité du lactosérum doux brut avant traitement est conforme aux valeurs indiquées par **VIERLING et LEYRAL (2003)** ; qui trouvent qu'elles varient entre 9 et 13 °D. Par contre on a trouvé que l'acidité du lactosérum acide avant traitement est égale à 53 °D, cette valeur appartient dans l'intervalle l'imité du 18 °D à 100 °D donné par **SOTTIEZ (1990)**.

**III.1.1.1.8. Conductivité électrique**

Nos résultats indiquent que la conductivité électrique du lactosérum acide brut est supérieure à celle du lactosérum doux brut.

**TARDAT HENRY et BEAVDRY (1992)** indique que la conductivité électrique varie selon la force des électrolytes, la mobilité et la charge ionique.

#### **III.1.1.1.9. Dosage de protéines**

La teneur en protéines du lactosérum doux est supérieure à celle trouvée dans le lactosérum acide, ces résultats sont légèrement identiques à ceux trouvés par **LORIENT et LINDEN (1994)** ; qui ont trouvée 0,9 à 13% pour le lactosérum doux et de 0,7 à 10.5% pour le lactosérum acide.

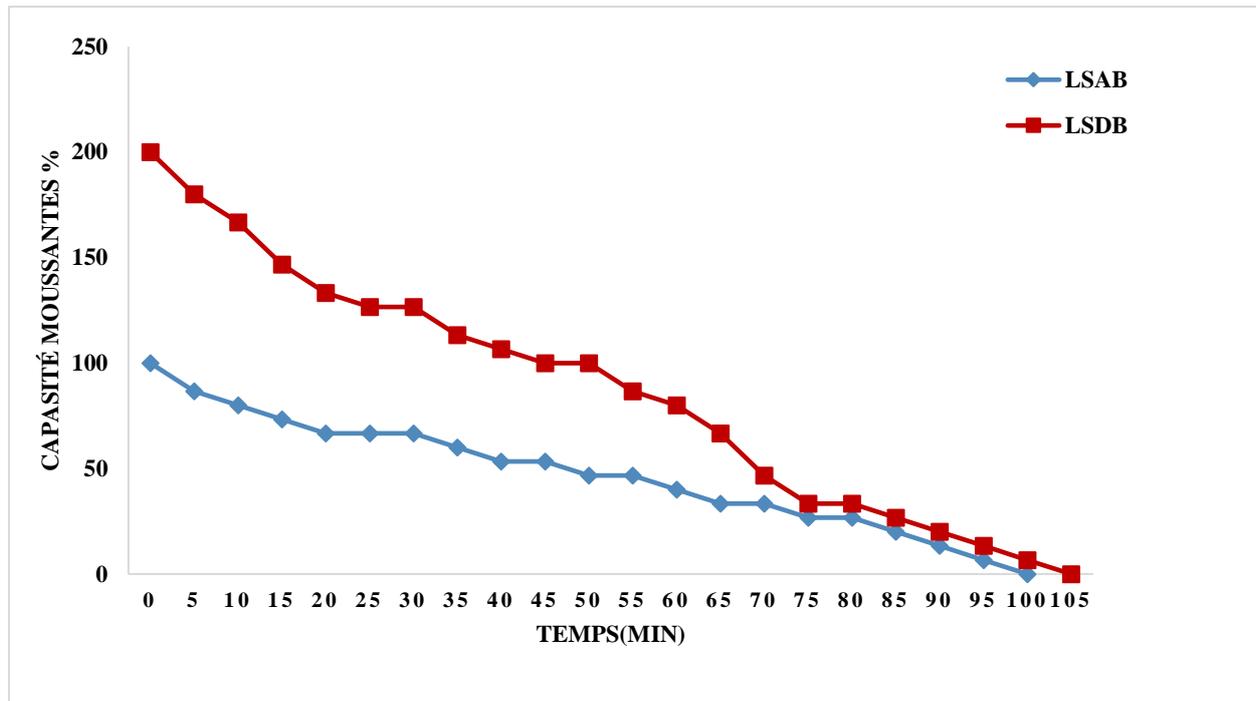
#### **III.1.1.1.10. Dosage de lactose**

Les teneurs en lactose de lactosérum doux et acide égales à 39g/l et 32g/l respectivement sont inférieure à celles de données de **BOUTIN (2000)** (53,3g/l pour LSD ; 44,3g/l pour LSA).

## III.2. Caractéristiques de Pouvoir moussant des lactosérums bruts

### III.2.1. Capacité moussante

La figure 02 explique la variabilité de capacité moussante de lactosérum (Acide et doux) avant traité.



**Figure 2:** variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux brut) avant traités.

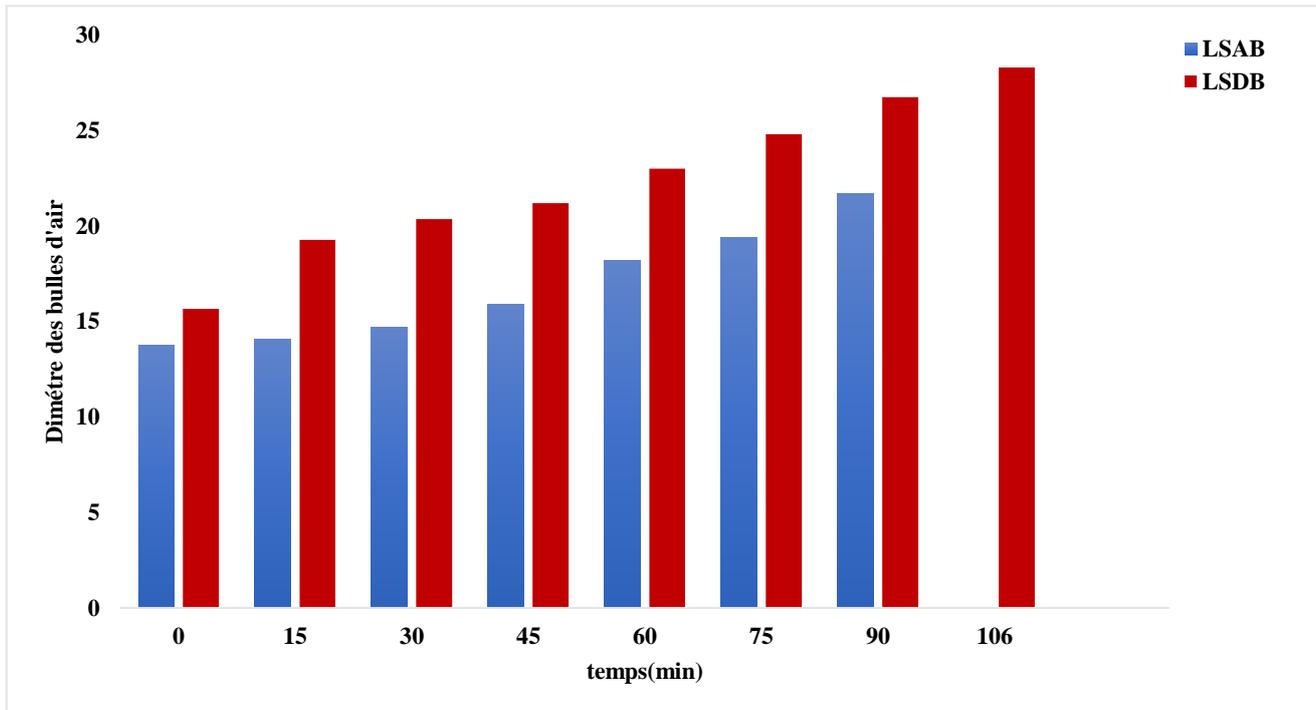
D'après la **figure 02**, on constate que la capacité de mousse diminue avec le temps dans les deux cas des lactosérums étudiés (acide et doux brut).

Selon **MORR et FOEGEDING (1990)** ; la capacité moussante dépend de la teneur en protéines, mais pourrait aussi être fonction de la teneur en minéraux de la répartition en diverses protéines, du degré de dénaturation

### III.2.2. Paramètres microscopiques

#### III.2.2.1. Diamètre moyens des bulles d'air

La **figure 03** explique les diamètres moyens des bulles d'air de la mousse des lactosérums (acide et doux) avant traitement.



**Figure 3:** Evolution du diamètre moyen des bulles d'air de la mousse des lactosérums (Acide et Doux) avant traitement.

On remarque que le diamètre moyen des bulles augmente avec le temps.

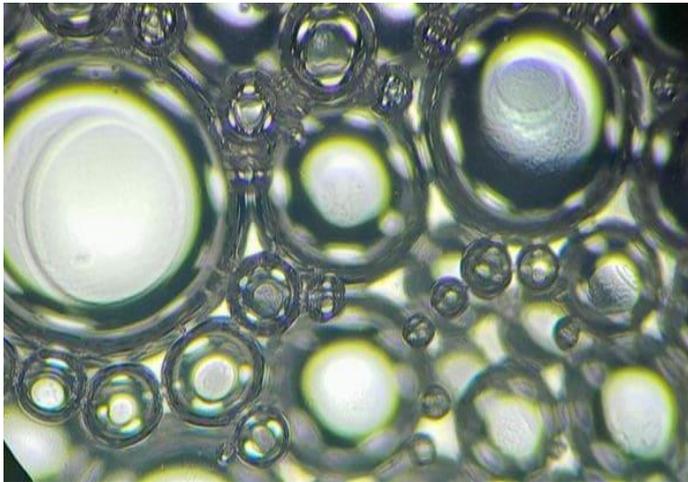
Cette augmentation est due aux phénomènes d'instabilité des mousses à savoir la coalescence.

Selon **WERNER J. BAUER (2010)**, les processus d'instabilité de dispersion jouent aussi un rôle dans les mousses, la floculation n'a pas lieu puisque les fractions volumiques sont assez élevées pour entasser les bulles d'une manière serrée. Le crémage correspond à un drainage de la phase continue. C'est le processus analogue à la solidification d'une crème d'émulsion.

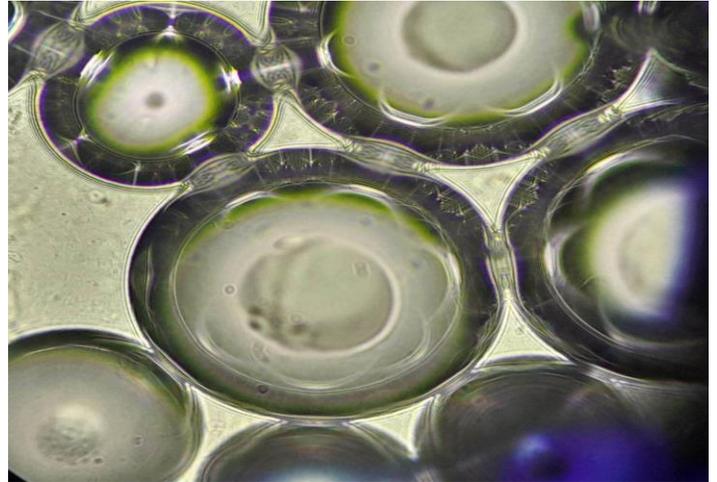
Selon (**CHEFTEL et al, 1985**), les protéines du lactosérum par l'interaction avec d'autres produits donnent une mousse instable au cours de fouettage ; l'amélioration de cette stabilité est assurée par un film protéique.

III.2.2.2. Prise des photos

Les figures 04 et 05 représente une collection des images d'aspect microscopique des bulles de mousses en utilisant (G×10 / G×40) au temps t= 0 min. Pour du lactosérum acide et doux brut.

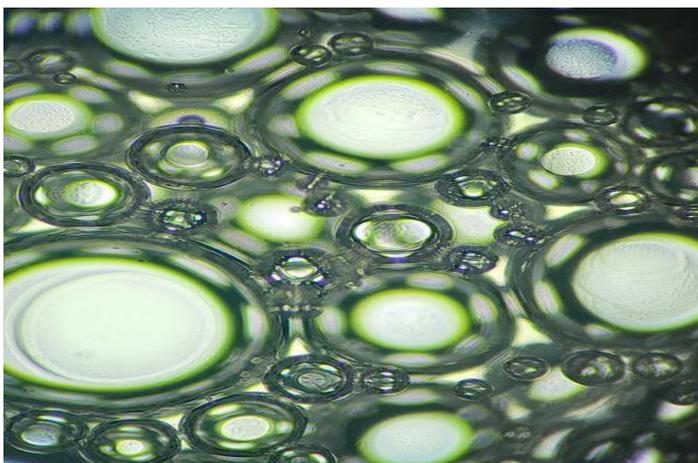


T= 0 min (G× 10)

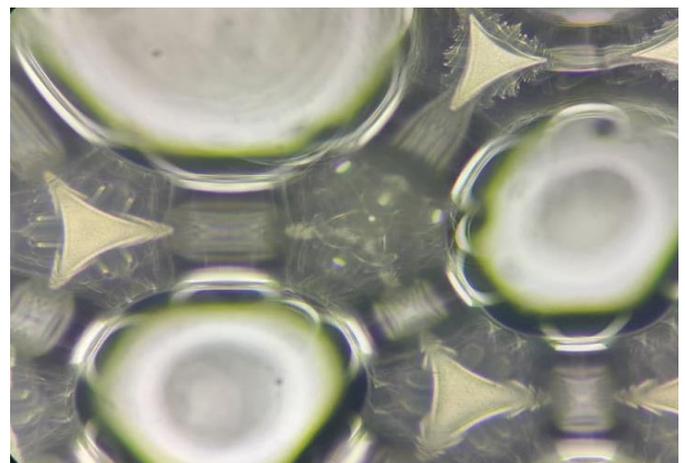


T= 0 min (G× 40)

Figure 4: Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (LSAB).



T=0 min (G× 10)



T= 0 min (G× 40)

Figure 5: Aspect microscopique des bulles de mousse étudiée (LSDB).

### III.3. Caractéristiques des lactosérums traités par chauffage conventionnel

Le **tableau 04** représente des paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums traités.

**Tableau 4:** Paramètres physico-chimiques et biochimiques moyens des lactosérums (Acide et Doux) traités par chauffage au bain-Marie.

Température °C	40 °C				60 °C			
Temps(min)	5 min		25 min		5 min		25 min	
Type de LS Propriétés	A	D	A	D	A	D	A	D
pH à 25 °C	4,54	6,38	4,52	6,35	4,49	6,27	4,39	6,22
Acidité (°D) à 25°C	57,5	13,18	59	13,20	60,5	13,48	62,7	13,51
Densité à 25 °C	1,0259	1,0275	1,0239	1,0269	1,027	1,0248	1,019	1,0231
Viscosité à 25 °C	1,2172	2,1143	1,3278	1,1153	1,4397	2,1191	1,5489	2,1221
Cendre (g /L)	7,91	6,19	7,92	6,20	7,95	6,25	7,96	6,27
CE (mS/cm)	9,15	6,76	9,28	6,99	11,22	7,64	11,33	7,93
Degré Brix (%)	7,28	7,58	7,34	7,63	7,93	8,29	8,38	8,5
Indice de refraction	1,3445	1,3448	1,3449	1,3450	1,3450	1,3452	1,3455	1,3455
Protéines (g/l)	8,5	7,53	9	7,23	11,07	6,69	11,19	6,30
Lactose (g/l)	30,06	33,94	29,47	30,92	27,63	25,52	26,38	23,02

#### III.3.1. Le pH

Le pH du lactosérum doux et du lactosérum acide a tendance à diminuer après traitement thermique, le lactosérum acide atteint un pH de 4.39, le lactosérum doux 6.22 à une température de 40°C et 60°C, pendant 5 minutes et 25 minutes une augmentation de la teneur en matière sèche entraîne à une diminution de la valeur du pH et à une augmentation de l'acidité.

La valeur du pH varie avec la richesse en phosphate, citrate et caséine du lait, le lactosérum lui-même contient une composition de lait différente (sauf la caséine), un chauffage à différentes températures fera chuter le pH de plusieurs unités, cela est dû d'après MATHIEU

(1998) et HUL (2006). Formation de phosphate de calcium à partir d'ions



L'application d'un traitement thermique entraîne une diminution du pH après trois réactions, une oxydation thermique du lactose en acides organiques (diminution du pH de 50 %), une hydrolyse des phosphates organiques (phosphosérine) (30 %), et enfin une précipitation du phosphate tricalcique et de la libération concomitante d'ions H<sup>+</sup> (20 %) (BOUICHOU, 2009).

### III.3.2. L'acidité

L'acidité de lactosérum acide et doux augmente après chaque traitement thermique les deux lactosérums ont atteint des valeurs d'acidité plus élevées à 40 °C et 60 °C, selon MATHIEU (1998) et JEANTET et al ;(2008), l'évolution de l'acidité due à la présence de divers acides organiques, l'acide lactique le plus abondant provient de la dégradation du lactose lors de la réaction de Maillard.

### III.3.3. Densité

Les résultats obtenus montrent que la densité de lactosérum acide diminue atteint un 1,019 et lactosérum doux un 1,0213 après le traitement thermique. Selon MATHIEU (1998), les propriétés physiques telles que la densité dépendent de tous les constituants des molécules et des ions du produit concerné, et selon CHEFTEL et CHEFTEL (1977), la diminution de la densité est due à la dénaturation thermique des protéines et à la consécutive à une solubilisation (formation d'agrégats).

### III.3.4. Viscosité

Nous avons remarqué une légère augmentation de la viscosité avec l'augmentation, de la température, atteignant 1,5489 CP à 60°C pour le lactosérum acide et 2,1221 CP 60° pour le lactosérum doux, ces résultats sont en accord avec ceux obtenus par PIERRE et al (1977), qui ont conclu que la viscosité du lactosérum augmentait au cours du traitement thermique dans un bain-marie.

Selon ABUDJAYIL (2002) et CENDRES (2011), la dénaturation des protéines entraîne une diminution de la solubilité, ce qui augmente la viscosité de la matrice alimentaire,

et cette augmentation peut s'expliquer par des réarrangements protéiques qui se produisent ou un favoritisme protéine-protéine dans le temps. Ce réseau de gel est d'autant plus important que le ratio de protéines est important dans le lactosérum en repoussant les liaisons déconnectées énergétiquement qui conduisent à une augmentation de la viscosité.

### **III.3.5. Cendre**

Les résultats expérimentaux montrent qu'avec l'augmentation de la teneur en cendres de l'échantillon pendant le processus de chauffage, la teneur en cendres monte au maximum à 60 °C, le lactosérum acide est de 7,96 g/l, le lactosérum doux est de 6,27 g/l, selon **BAGDALI et CHAKAARI (2007)**, l'augmentation de la teneur en cendres est liée à l'augmentation de la matière sèche, le traitement thermique peut insolubiliser et augmenter son taux, selon **MATHIEU (1998)**, le chauffage du lactosérum conduit à la destruction des matières organiques matière : lactose les atomes de carbone, d'hydrogène et d'oxygène des corps gras, des protéines, des vitamines et d'autres composants se combinent pour former des minéraux ; les molécules organiques forment des corps minéraux.

### **III.3.6. Conductivité électrique**

L'effet du traitement thermique sur l'évolution de la CE est positif, c'est-à-dire que la CE augmente avec l'augmentation de la température, et selon **CROGUENNEC et al (2008)**, cette augmentation est due à la charge minérale dissoute dans chaque type d'échantillon ; plus la conductivité est élevée, plus ce paramètre varie avec des paramètres physico-chimiques tels que le pH, la température, la force ionique.

### **III.3.7. Degré Brix**

Nous avons noté une augmentation de la teneur en degré Brix avec l'augmentation de la température, ces résultats sont similaires avec qui été obtenus par **BAGDALI et CHAKAARI (2007)**, qui suggèrent que l'augmentation de la température de chauffage au bain marie (25°C,45°C,63°C,80°C) induit à la diminution de degré Brix, d'après **HOWAT et WRIGHT (1934)**, les traitements thermiques et l'augmentation de la force induit à une chute de pH et l'élévation de degré Brix.

### **III.3.8. Indice de réfraction**

D'après les résultats obtenus, nous remarquons que la valeur de IR augmente légèrement avec l'augmentation de la température, ce qui est cohérent avec les résultats obtenus par **BENCHERIF et al (2010)** et selon **ADRIAN et al ;(1980)**, elle varie avec la température et la composition chimique de l'objet étudié.

**III.3.9. Protéine**

Une diminution de la teneur en protéines (tableau04) a été observée après chauffage au bain-marie à 60 °C, cette diminution était évidente pour le lactosérum doux et a augmenté pour le lactosérum acide.

Les protéines de lactosérum sont des protéines globulaires avec des niveaux élevés de structure secondaire et tertiaire, elles sont donc sensibles à divers facteurs, y compris le traitement thermique en deux étapes, premièrement, des températures comprises entre 50 °C et 75 °C affaiblissent la liaison hydrogène, permettant ainsi le déploiement de molécules et l'exposition de sites réactifs précédemment enfouis. Deuxièmement, les molécules désordonnées s'agrègent à travers des sites réactifs nouvellement exposés, conduisant à la formation de gros agrégats (**MORR et HA, 1993**).

Certaines conditions réduiront l'effet du traitement thermique, l'augmentation de la concentration en lactose, la teneur en solides totaux et le pH < 4,6 sont des conditions qui aident à améliorer la stabilité de ces protéines ; les sucres tels que le lactose protègent la structure des protéines. Lorsqu'ils sont traités thermiquement, les sucres limite l'agrégation en réduisant les interactions protéine-protéine (**MORR et HA, 1993**).

Le chauffage à des températures > 65°C entraîne la dénaturation et l'agrégation des protéines de lactosérum ; l'ordre de dénaturation des différentes protéines sériques est le suivant : immunoglobuline > albumine sérique bovine > B-lactoglobuline > alpha-lactalbumine (**MORR et HA, 1993**).

**III.3.10. Lactose**

Après traitement thermique nous avons constaté une diminution de la teneur en lactose (**tableau 04**), la teneur en lactose du lactosérum acide est tombée à 26,02 g/l, tandis que le lactosérum doux a considérablement diminué jusqu'à une valeur de 23,02 g/l selon **ALAIS (1975)** , la diminution est due à la conversion d'une partie du lactose en acide lactique, le lactose participe à deux types de réactions de dégradation dans le lait, à savoir l'isomérisation à des températures supérieures à 100°C et la réaction de Maillard, qui est le deuxième type qui explique la dominance ( **VAN BOECKEL. ,1998**), qui est la réaction chimique de groupes aminés et de sucres réducteurs, conduisant à la formation de composés bruns, ce brunissement non enzymatique est affecté par la température, le pH, l'activité de l'eau et la présence de certains sels et vitamines (**BERG et VAN BOECKEL, 1994**).

III.4. Caractéristiques de pouvoir moussant des lactosérums traités

III.4.1. Capacité moussante

Les figures 06 et 07 explique la variabilité de capacité moussantes de lactosérum (acide et doux) traité par chauffage au bain-marie (40 °C, 60 °C) au cours de temps.

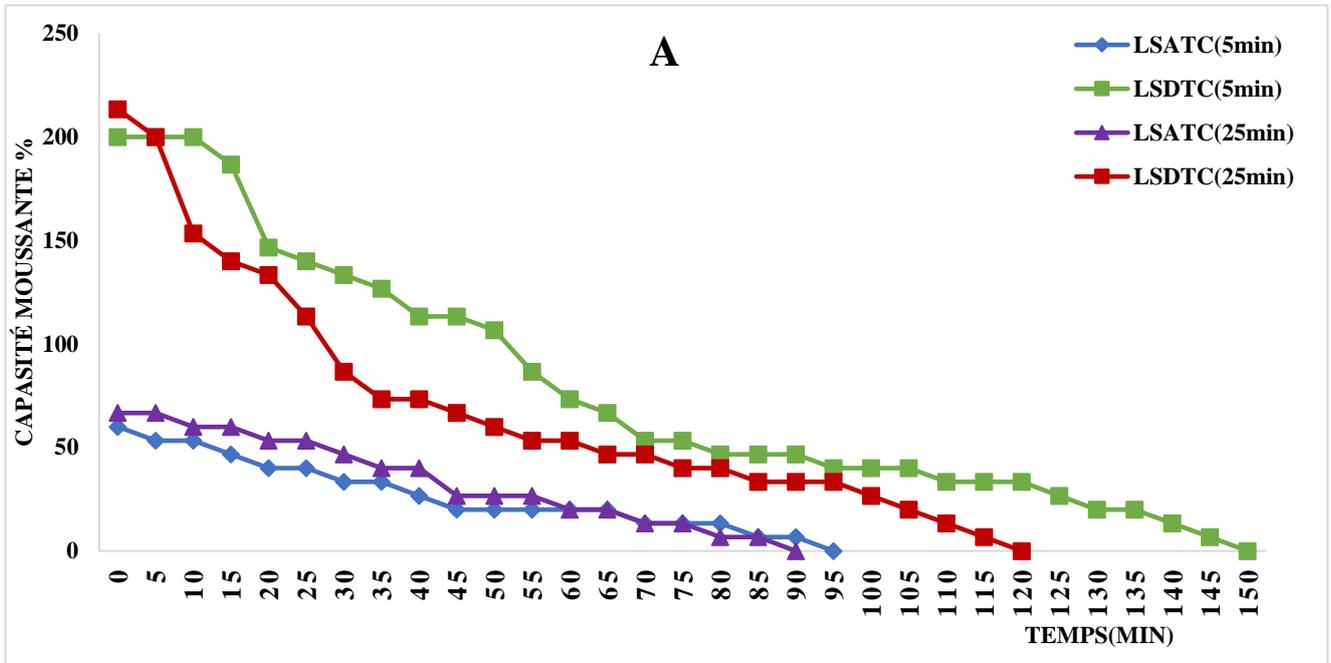


Figure 6: Variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux) traité par chauffage bain marie(40°C).

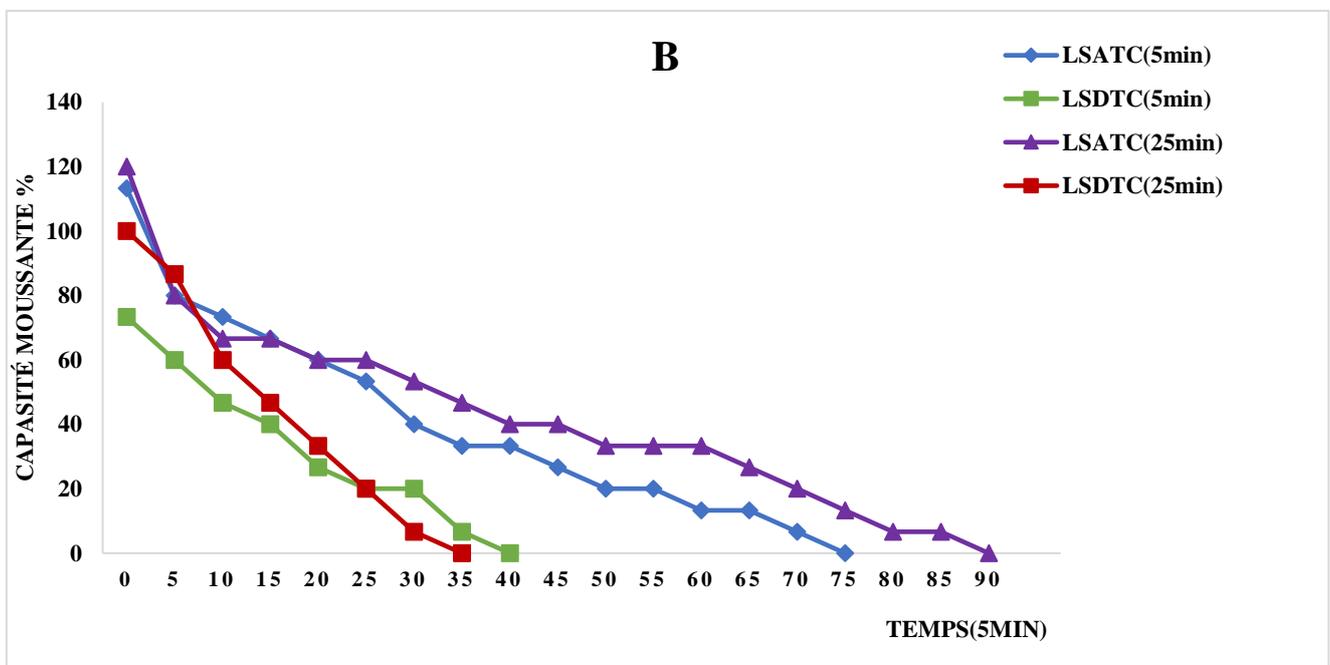


Figure 7: Variabilité de capacité moussantes de lactosérum (Acide et Doux) traité par chauffage bain marie(60°C).

**A** : lactosérum acide et doux traité par chauffage au bain-marie (40 °C)

**B** : lactosérum acide et doux traité par chauffage au bain-marie (60 °C)

D'après **les figures (06,07)** nous remarquons que la capacité moussante diminue avec le temps dans les deux cas des lactosérum (acide et doux) traité par chauffage au bain-marie 40 °C et 60 °C pendant 5 min et 25 min.

La B-Ig possède de très bonnes propriétés d'agrégation et de gélification thermique. Elle est dénaturée à des températures excédant 65 °C à pH 6.5. Il y a un intermédiaire qualifié d'état globulaire fondus (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 des zones structurales habituellement inaccessibles (Aria 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 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).

III.4.2. Paramètres microscopiques

III.4.3. Diamètres moyen des bulles de mousse

Les figures 08 et 09 explique les diamètres moyen des bulles d’air de la mousse des lactosérums (Acide et Doux) traités par chauffage au bain-marie (40°C) au cours de temps.

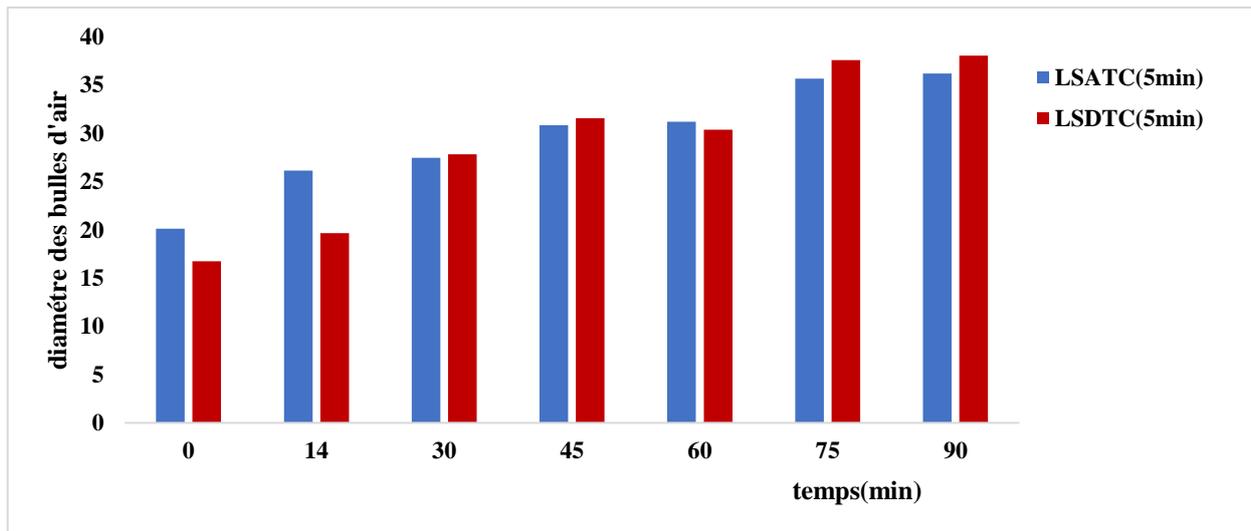


Figure 8: Diamètre des bulles d’air de lactosérum (acide et doux) traités 40 °C /5 min.

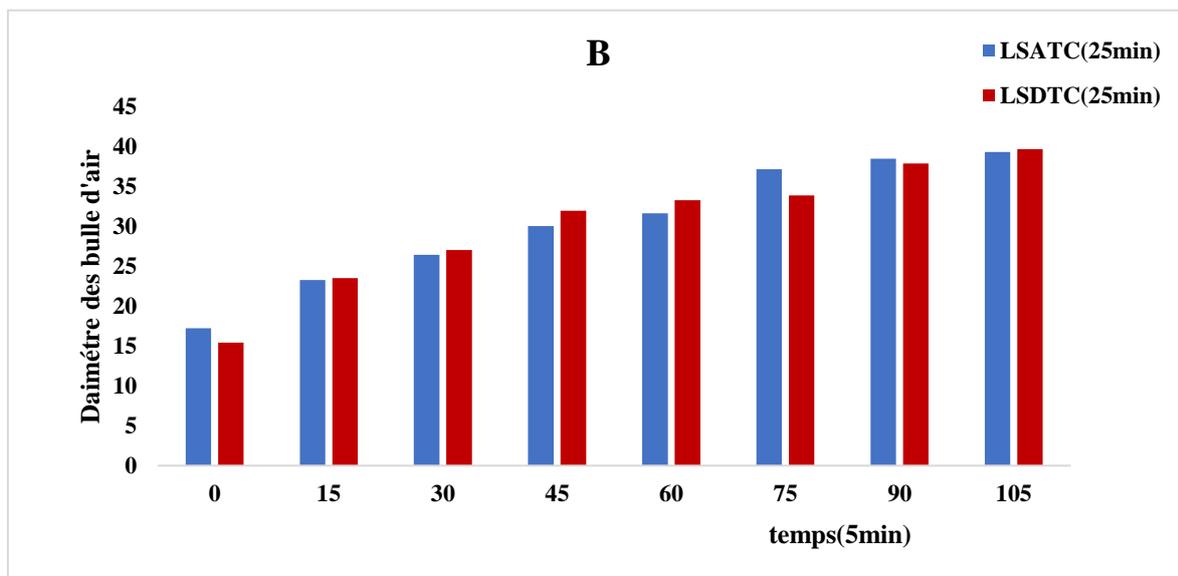


Figure 9: Diamètre des bulles d’air de lactosérum (acide et doux) traités 40 °C /25 min.

Les figures 10 et 11 expliquent des diamètres moyens des bulles d'air de la mousse des lactosérums (Acide et Doux) traités par chauffage au bain-marie (60°C).

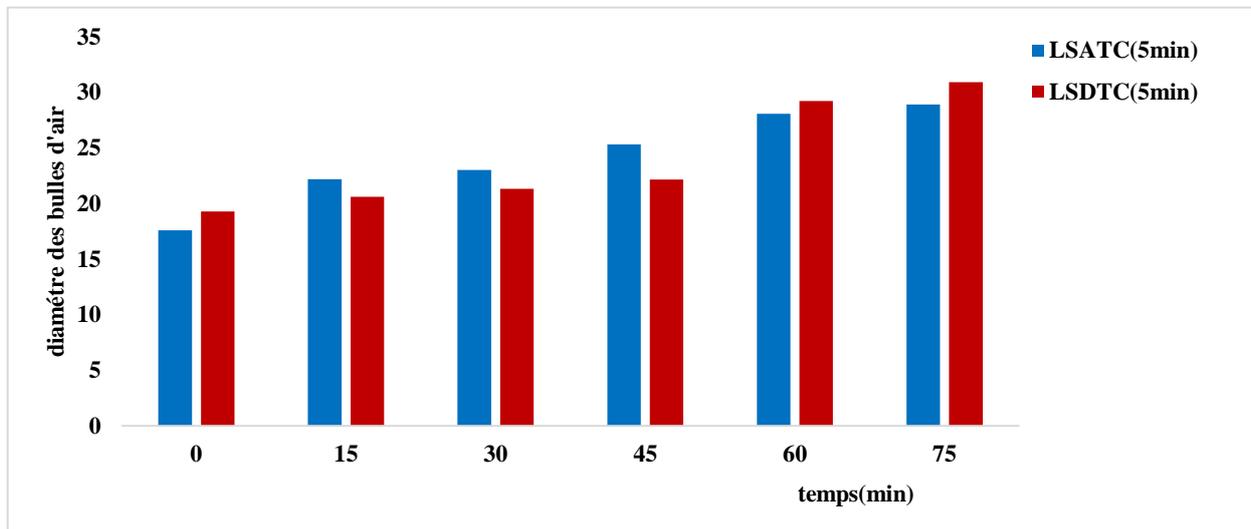


Figure 10: Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 60 °C /5 min.

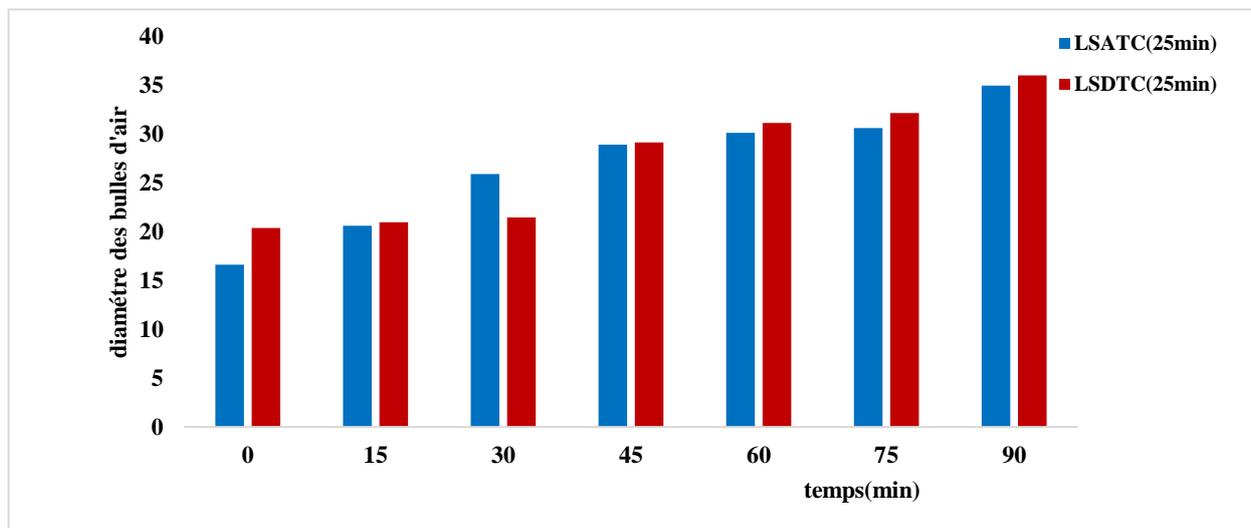


Figure 11: Diamètre des bulles d'air de lactosérum (acide et doux) traités 60 °C /25 min.

D'après les figures 10, 11, On remarque que le diamètre moyen des bulles d'air augmente avec le temps dans les deux cas des lactosérum (acide et doux) traité par chauffage au bain marie 40 °C et 60 °C pendant 5 min et 25 min.

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 dépolissement partiel des protéines qui s'orientent à l'interface eau/air (propriétés amphipolaires). Un dépolissement 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.

III.4.2.2. Prise des photos

Les tableaux 5 et 6 représente une collection des images d'aspect microscopique des bulles de mousses en utilisant (G×10 / G×40) au temps t= 0min. Pour du lactosérum Acide et doux traités.

Tableau 5: Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (Acide)40°C.

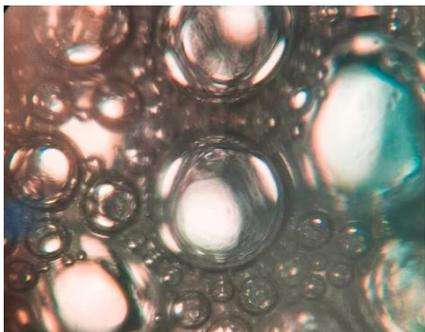
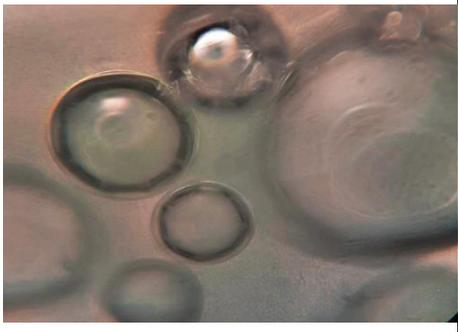
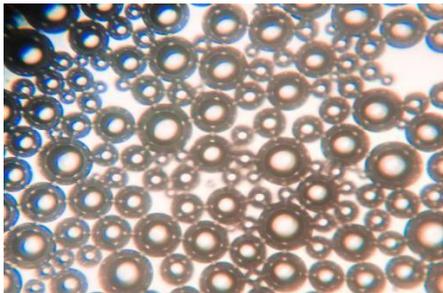
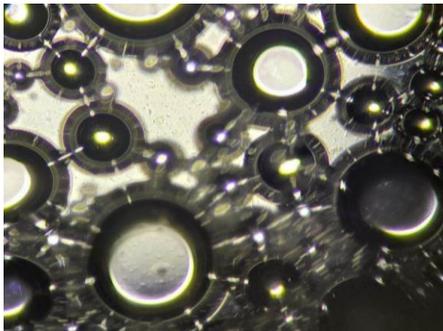
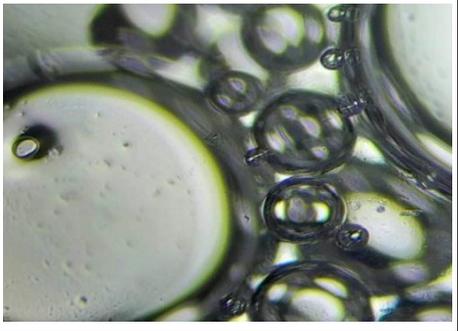
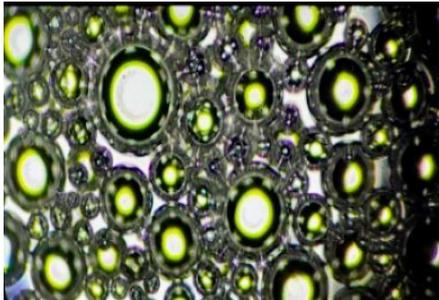
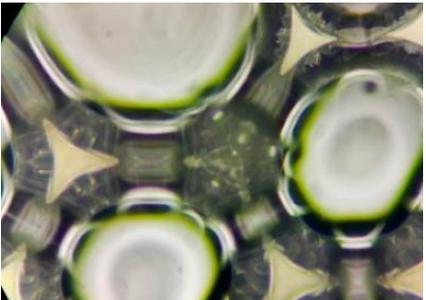
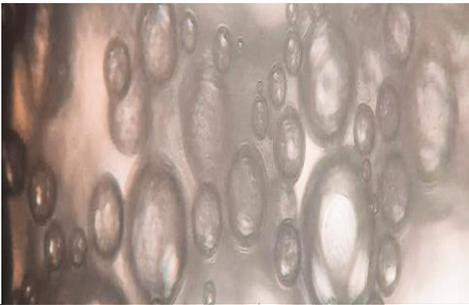
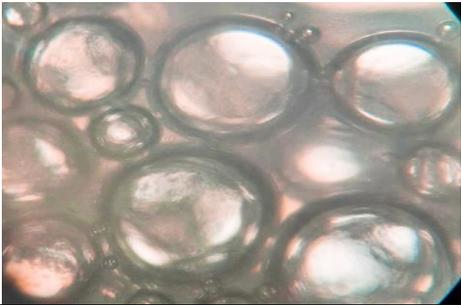
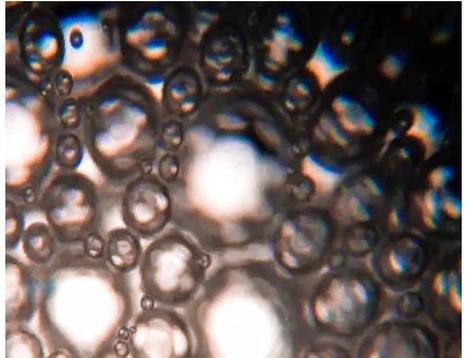
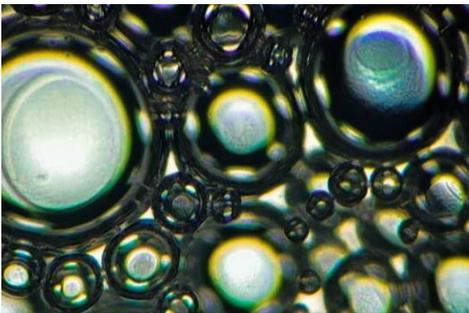
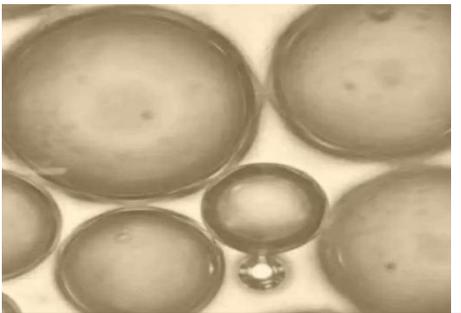
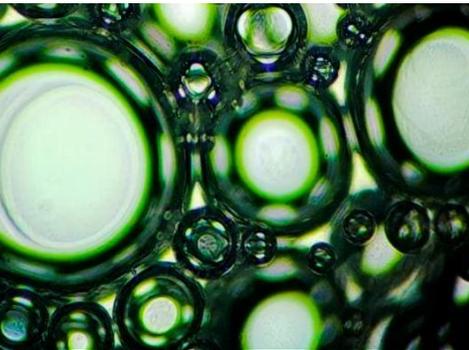
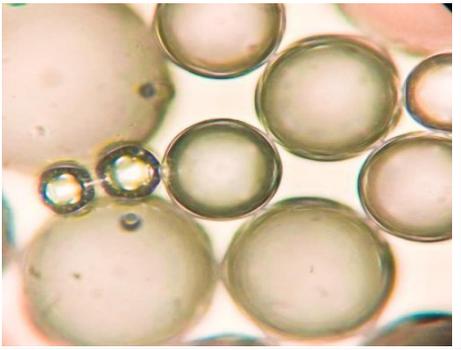
	T= 0min G×10	T= 0min G× 40
LSATC 5min		
LSATC 25min		
LSDTC 5min		
LSDTC 25min		

Tableau 6: Aspect microscopique des bulles de mousses étudiées. (Acide)60°C.

	T= 0min G×10	T= 0min G× 40
LSATC 5min		
LSATC 25min		
LSDTC 5min		
LSDTC 25min		

*Conclusion*

### Conclusion

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

Suite aux 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) à savoir : pH, densité, viscosité, degrés Brix, indice de réfraction, protéines, lactose, cendres et conductivité électrique.

Sur le plan Tech fonctionnel ; le lactosérum doux brut a manifesté par un pouvoir moussant meilleur que celui marqué pour le lactosérum acide brut et qui se traduit par une meilleure capacité moussante avec une durée de stabilité similaire.

Le traitement par chauffage conventionnel a modifié légèrement l'ensemble des paramètres physiques et chimiques des lactosérums bruts (acide et doux) à savoir : pH, densité, viscosité, degrés Brix, indice de réfraction, protéines, lactose, cendres et conductivité électrique.

Cet effet a amélioré leurs propriétés moussantes qui se traduisent par des meilleures capacités moussantes enregistrées pour le lactosérum doux chauffé à 40 °C pendant 5 et 25 min avec des longues durées de stabilités par rapport aux lactosérums bruts (lactosérum acide) et traités à 60°C pendant 5 et 25min. Cette étude contribuera à; optimisation des procédés de transformation des lactosérums bruts en ingrédients alimentaires fonctionnels à valeur ajoutée. De plus, elle fournira des informations utiles pour le développement de produits alimentaires moussants à base de lactosérums bruts, offrant ainsi de nouvelles opportunités pour l'utilisation de ces sous-produits d'industrie laitière.

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

## *Références Bibliographiques*

« A »

- **ABU DJAYIL B, et %MOUHAMMED H, (2002)**; experimental and modeling studies of the flow properties of concentrates yogurt as affects by the storage time journal of food Engineering,52,359,365.
- **ACEM K, (2001)** : Étude des propriétés émulsifiants du lactosérum en vue de sa valorisation dans le domaine cosmétique. Thèse magister, Ag. ISA Tiaret, p87.
- **ADDA M, (2000)** : Contribution à l'étude de fixation des protéines des lactosérum doux et acide a la bentonite de m'zila brut et traité. Thèse magister, Tiaret, p80.
- **ADRIAN J, LEGRAND G, ET FRANGNER, (1981)** : Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. TEC et DOC, Lavoisier Paris, p 55/229.
- **Adrien, RJ (1991)**. Techniques d'imagerie des particules pour la mécanique des fluides expérimentale. Revue annuelle de mécanique des fluides, 23 (1), 261-304.
- **AFNOR, (1986)** : Recueil des normes françaises « huiles Essentielles ». Ed, Paris, p57.
- **ALAIS C, (1975)** : sciences de lait, principe et technique laitières, Masson Pris, p108-645.
- **Althabe, F., Belizán, J. M., Villar, J., Alexander, S., Bergel, E., Ramos, S., Kestler, E. (2004)**. Mandatory second opinion to reduce rates of unnecessary caesarean sections in Latin America: a cluster randomize controlled trial. The Lancet, 363(9425), 1934-1940.
- **AMARAGILIO S, (1986)** : Contrôle de la qualité des produits laitiers, analyse physique et chimique des services vétérinaires (T, T, S, V) Afnor, Paris.
- **AN BOKKL M.A.J.S.(1998)**:*Effete of heating on Mallard reaction in milk food chemistry 62(4); pp403-414 .*
- **Arai M., Ikura T., Semisotnov G.V. Kihara H., Amemiya Y., Kuwajima K. (1998)** Kinetic refolding of  $\beta$ -lactoglobuline. Studies by synchrotron X-ray scattering, and circular dichroism, absorption and fluorescence spectroscopy. J. Mol. Boil. 275, 149-162.

« B »

- **Backleh, M.; Ekici, P.; Leupold, G.; Coelhan, M.; Parlar, H.** Enrichment of the glycoalkaloids  $\alpha$ -solanine and  $\alpha$ -chaconine from potato juice by adsorptive bubble separation using a pH gradient. J. Sep. Sci., v.27, n.12, p.1042-1044, 2004
- **BAGHDALI N, CHAKAARI N, (2007)** : influence des traitements thermiques sur les paramètres physico-chimique du lactosérum doux, Mémoire DES en biochimique, Tiaret pp70-72.
- **BENCHERIF Y, BEN CHOUHRA M, BENSOUKEHAL M, (2010)** : contribution à l'innovation des produits émulsionnés à base du Lactosérum et étude de leurs stabilités, mémoires d'ingénieur Tiaret, pp 70.
- **BERG H, E.VAN BOKKELL M.A.J.S. (1994)**: degradation of lactose during heating of milk lreaction pathways; Netherlands milk and dairy journal 48,152-175.
- **BOUBEZARI E, (2010)** : contribution à l'évaluation des pratique frauduleuses dans le lait à Gharb Charade bni Hsen, lot 230° N° 6 MAGHRIB ARABI, Kenitra, pp64.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **BOUDIER J, F et LUQUET F, M, (1980)** : Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale. Série synthèse bibliographique. N<sup>o</sup>=21, PARIA, Paris, p96.
- **BOUICHOU E, (2009)** : contribution à l'évaluation des pratiques frauduleuses dans le lait à Gharb Chatard bni Hsen, Lot 230N°6 MAGHRIB ARABI. Kenitra,
- **Boumezaid.S.; Bouzit.S.; Soum.R.(2015)**. Impact de la chaleur et de quelque polyphénols purs (Acide gallique, Acide tannique, Acide quercétine) sur les prospérités moussant du blanc d'œuf. Microbiologie Applique et Sciences Alimentaire, Université Mohammed Seddiki ben Yahia, Jijel.
- **BOUTIN C, (2000)** : Propriétés émulsifiantes et gélifiants des protéines sériques polymérisées-application dans la fabrication de yogourts. Université Laval, France, pp7 – 15.
- **Brunner, J.R., milkproteins**, in foodproteins, Whitaker, J.R and Tannenbaum, S.R., AVI Publ., West port CT, 1977, 175.

### « C »

- **CAYOT P, et LORIENT D, (1998)** : Structures et techno-fonction des protéines du lait. Tec et Doc, Lavoisier, Paris, p363.
- **CENDRESS JC ;(2011)** : procédé novateur d'extraction de jus de fruits par micro-onde : viabilité de fabrication et qualité nutritionnelle des jus, Thèse Doctorat, spécialité : biochimie, université d'Avignon et des pays de Vaucluse, p137.
- **Chatzipaschali, A. A., &Stamatis, A. G. (2012)**. Biotechnologies calutilizationwith a focus on anaerobictreatment of cheesewhey: status and prospects. *Energies*, 5(9), 3492–3525.
- **CHEFIEL JC ; CUQ ; JL ; LORIENT D, (1985)** : protéines alimentaires, biochimie, Ed Tec et Doc, pp70-79,308p.
- **Cheftel J.C; CU J.L. ; Lorient D. ;** protéines alimentaires, biochimie- propriétés Fonctionnelles. Valeur nutritionnelle- modification chimique. Tech et Doc. Lavoisier, 1985 ; 295p.
- **Cheftel J.C., Lorient D., (1982)**. Aspects technologiques, les propriétés fonctionnelles des protéines laitières et leur amélioration. *Le Lait*, 62, p. 435-483.
- **CHAMPETRIER G, (1974)** : Les industries des corps Grass industries-production environnement. Ed Tec ET Doc, France, pp36 –43.
- **Chaplin, L. and R.L.J. Lyster, 1986**. Irreversible het denaturation of bovine  $\alpha$ -Lactalbumine. *J. Dairy. RES.*, 53 : 249-258.

### « D »

- **DAMODARAN,S, PARAF.A, (1997)**: Food protein sand their application. New York, USA : Marcel Dekker, Inc.
- **DeWitt, D.P. (2001)**. **Fundamentals** of Heat and Mass Transfer. 5th Edition, LTC, Guanabara Dois, Riorrr de Janeiro
- **Doi E. (1993)**. Gels and gelling of globular proteins. *Trends Food Sci. Technol.* 4, 1-5.
- **DUBOIS M, et al, (1956)**: Colorimetric method for determination of sugar and related

substance. Amal,

## « F »

- **M. Eugenia Lucena, Silvia Alvarez, Carlos Menéndez, Francisco A. Riera, Ricardo Alvarez.** Beta-lactoglobulin removal from whey protein concentrates: Production of milk derivatives as a base for infant formulas, Separation and Purification Technology, Volume 52, Issue 2, 2006, Pages 310-316, ISSN 1383-5866, <https://doi.org/10.1016/j.seppur.2006.05.006>.

## « F »

- **Famelart M.H., Guyomarc'h 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, p. 117-132. Chem, p28(3) – 356.

## « G »

- **Galani, D. et Owusu, RK. (1996).** The effects of heat on whey proteins. Food Sci.Technol Today 10 (3) :163-16.
- **Gérard. B et Debry. G, (2001).** Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP: 44-55
- **GEOFFREY C, (2011):** Food science and technology. Ed John Wiley and Son, USA p520.
- **Graner, F. Two-dimensional fluid foams at equilibrium. In: Mecke, K.R., Stoyan, D. (Eds.). Lecture notes in Physics Heidelberg: Springer Berlin, 2002. LNP 600. P.187-211.**
- **Kim D.A., Cornec M., Narsimhan G., (2005).** Effect of thermal treatment on interfacial properties of  $\beta$ -lactoglobuline. Journal of Colloid and Interface Science, 285, p. 100-109.
- **GROGUENNEC, T JEANTE. R et BRULE, G, (2008) :** fondements physico-chimiques de la technologie laitières, TEC et DOC, Lavoisier, paris, pp42.
- **Guimarães, PM, Teixeira, JA, & Domingues, L. (2010).** Fermentation du lactose en bioéthanol par des levures dans le cadre de solutions intégrées de valorisation du lactosérum de fromage. Progrès de la biotechnologie, 28 (3), 375-38.

## « H »

- **Harvey, P. A.; Nguyen, A. V.; Jamexson, G. J.; Evans, G. M.** Influence of sodium dodecyl sulphate and dowfroth frothers on froth stability. Miner. Eng., v.18, n.3, p.311-315, 2005.
- **Heslot H. (1996).** L'ingénierie des protéines et ses applications. Paris : Lavoisier, Tec et Doc ; pp.263.
- **HOWAT G, R WRIGHT N, C, (1934):** factors affecting solubility of milk powders, III some

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

physico-chemical properties of concentrated solution of milk solids, journal of dairy Research 5, pp 236-244.

- **Hunter, R J.** Foundations of colloid science. Oxford: Oxford University Press, 1995. v.1, 673p.

### « J »

- **Ikeguchi M., Kato S.-I., Shimizu A., Sugai S. (1997).** Molten globule state of equine  $\beta$ -lactoglobuline. Protéines : Struct. Funct. Gen. 27, 567-575.

### « J »

- **Jouan P., (2002).** Laco protéines et lactipeptides : propriétés biologiques. Ed. INRA. pp.128.
- **JEANTE R, CROGUENNEC T, MAHAUT M, SCHUCK P, et BRULE G, (2008) :** les produits laitiers ,2<sup>e</sup> édition tec et doc-Lavoisier, paris p185.

### « L »

- **Laplanche J. (2004).** Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. Revue Suisse Agric., 36(5), p: 220-224.
- **Lapointe-Vignole, C., FTLQ, F. d. t. l. d. Q. :** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses Inter Polytechnique, Québec, Canada (2002).
- **LINDEN G, et LORIENT D, (1994) :** Biochimie agro-industrielle : valorisation alimentaire de la production agricole. Masson, Paris, p367
- **Lgenfeldt, S.; Koehler, S. A.; Stone, H. A.** Dynamics of coarsening foams: Accelerated and Hi self-limiting drainage. Phys. Rev. Lett, v.86, n.20, p.4704-4707, 2001.
- **LOWRY O, (1965):** Protein measurement with the folin phenol reagent. J. Boil, chem, 193 (1) : p265 – 275.

### « M »

- **MATHIEU J, (1998) :** Initiation à la physicochimie du lait. Ed. Tec et Doc. Lavoisier Paris, p220.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

- **McSwiney M., Singh H., Campanella O.H. (1994)** Thermal aggregation and gelation of bovine  $\beta$ -lactoglobuline. *Food Hydrocolloids* 8, 441-453.
- **Moletta R. (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les industries agroalimentaires. Paris : éd. Tec & Doc. Print.
- **Mollea, C., Mormo, L. ET Bosco, F. (2013).** Valorization of Cheese Whey, a By-Product from the Dairy Industry, Tech. ISBN: 978-953-51-0911-2.
- **Morr, C. V. (1989).** Whey proteins: manufacture. *Développements in dairychemistry*, 4(6), 245-284.
- **Morr, C.V. ET Foegeding, E.A. (1990).** Composition and functionality of commercial whey and milk protein concentrates and isolates: a status report- *Food Technol.*, 44: 100-112.
- **Morr, C.V. et Ha, E.Y.W. (1993).** Whey protein concentrates and isolate processing and Functional properties. *Critical reviews in Food science and nutrition*, 33 (6), 431-476.

### « N »

- **Neethling, S. J.; Lee, H. T; Grassia, P.** The growth, drainage and breakdown of foams. *Colloid Surf. A.*, v.263, n.1-3, p.184-196, 2005.
- **Nguyen, A. V.; Harvey, P. A.; Jamexson, G.J.** Influence of gas flow rate and frothers on water recovery in a froth column. *Miner. Eng.*, v.16, n.11, p.1143-1147, 2003.

### « P »

- **Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., &Bunko, K. (2007).** Bioutilisation of whey for lactic acid production. *Food Chemistry*, 105(1), 1-14.
- **Papademas, P. et Kotsaki, P. (2019).** Technologies Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation. *J Adv Dairy Res*, 7, 231.
- **PIERRE A, BRULE G, FAUQUANT J, (1977) :** dénaturation des protéines in influences des traitements thermique sur les propriétés physico-chimique des retentit obtenus par ultrafiltration de lait, pp569-570.
- **Potreck M.** Optimierte Messung der Bierschaumstabilität in Abhängigkeit von Milieubedingungen und fluidodynamischen Kennwerten. Berlin, 2004. 218p.

### « R »

- **Relkin, P. (1994).** Differential scanning calorimetry: a useful tool for studying protein denaturation. *Thermochimica Acta*, 246: 371-386.
- **Relkin, P. (1996).** Thermal unfolding of  $\beta$ -lactoglobuline,  $\alpha$ -Lactalbumine and bovine serum albumin. A thermodynamique approche. *Crit-Rev. Food Sci-Nut.*, 36(6): 565-601.
- **RODIER J, (1997) :** L'analyse de l'eau : naturelles résiduaires et de mer. 8<sup>ème</sup> édition Dunod, Paris, p1383.
- **ROGER F, (1974) :** Les industries des corps Grass. Biochimie extraction raffinage, Nuisances et réglementation, Tec et Doc, Lavoisier Paris, p431.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

---

**Roufik S, Sylvie F, Gauthier, Sylvie L. T**; physico chemical Characterization and in vitro digestibility of  $\beta$ -LG F142-148 complexes. *Interdairy journal* 17 (2007), pp471- 480. of *Dairy Science*, 7480. of *Dairy Science*, 77 (2207-2213).

### « S »

- **Shimada K., Cheftel J.-C. (1989)** Sulfhydryl group/disulfide bond interchange reactions during heat-induced gelation of whey protein isolate. *J. Agric. Food Chem.* 37, 161-168. Paris, p57.
- **Sottiez P. 1990-** Produits Dérivés Des Fabrications Fromagères In : Lait Et Produits Laitiers ; Vache, Brebis, Chèvre, Ed Lavoisier, Paris, 633p.

### « T »

- **Tamura, T.; Takeuchi, Y.; Kaneko, Y.** Influence of surfactant structure on the drainage of nonionic surfactant foam films. *J. Colloid Interface Sci.*, v.206, n.1, p.112-121, 2006.
- **TARDAT-HENR M, BEAUDRY J, P, (1992)** : Chimie des eaux, ed, le griffon d'argil, sainte Foy (Québec), Canada, p537.
- **Tchoukov, P.; Mileva, E.; Exerowa, D.** Drainage time peculiarities of foam films from amphiphilic solutions. *Colloid Surf. A*, v.238, n.1-3, p.19-25, 2004.

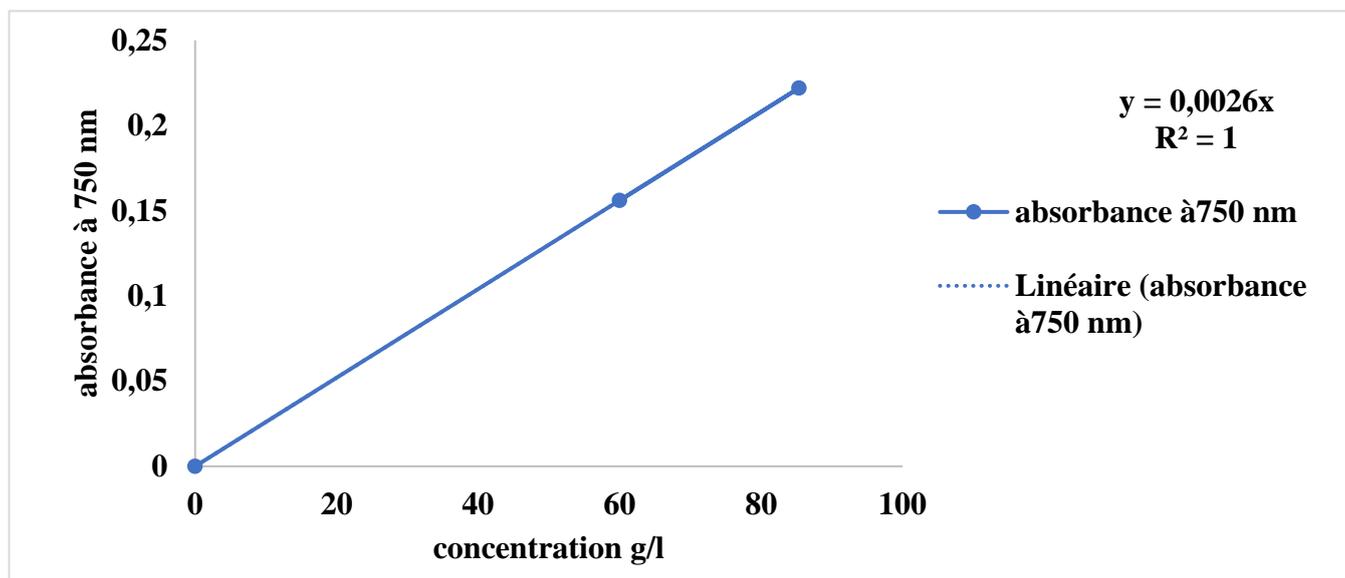
### « V »

- **Verges .M. (2005, 09).** Les secrets des mousses. (Claude. T ; Interviewer)
- **VIERLING E, et LEYRAL J, (2003)** : Science des aliments, et boissons filières et produits. Dion éditeur, CRDP d'aquitaine pp1 – 27.
- **Violleau, V. (1999).** Valorisation du lactosérum par électrodialyse. Thèse de doctorat. Montpellier.
- **Vrignaud Y.,** valorisation du lactosérum, une longue histoire. (1983). *Revue laitière française* n°422, pp : 41- 46.

# *Annexes*

Annexe 1 : Courbe d'étalonnage de dosage des protéines.

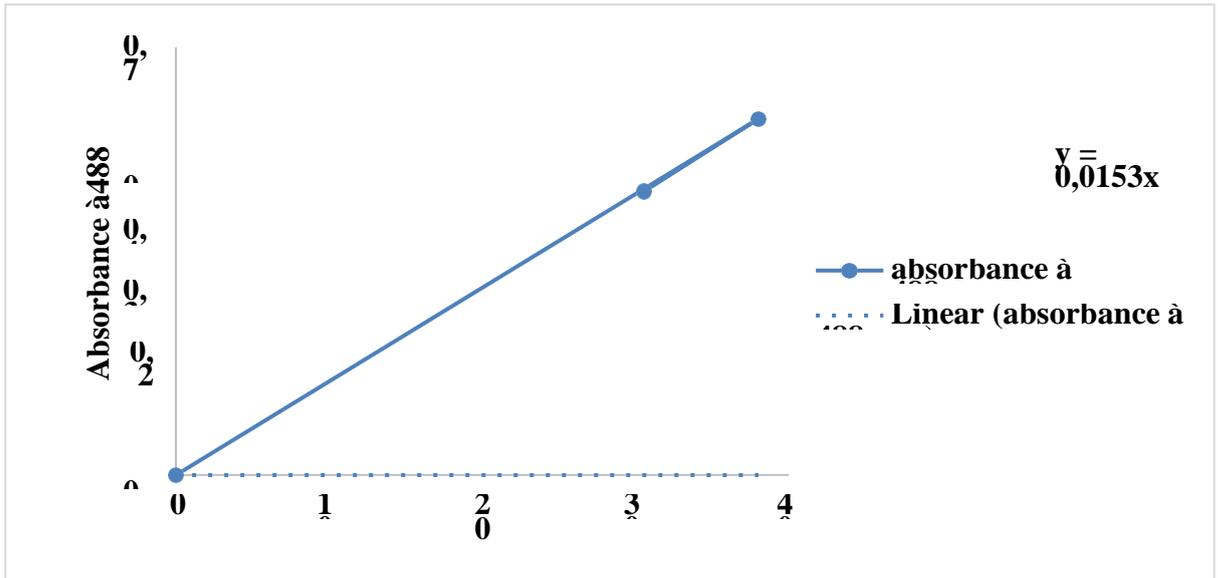
<b>Concentration g/l</b>	0	60	85
<b>Absorbances à 750 nm</b>	0	0,156	0,222



## ANNEXES

Annexe 2 : de La courbe d'étalonnage dosage des Lactose.

Concentration g/l	0	30	38
Absorbances à 480 nm	0	0,464	0,583

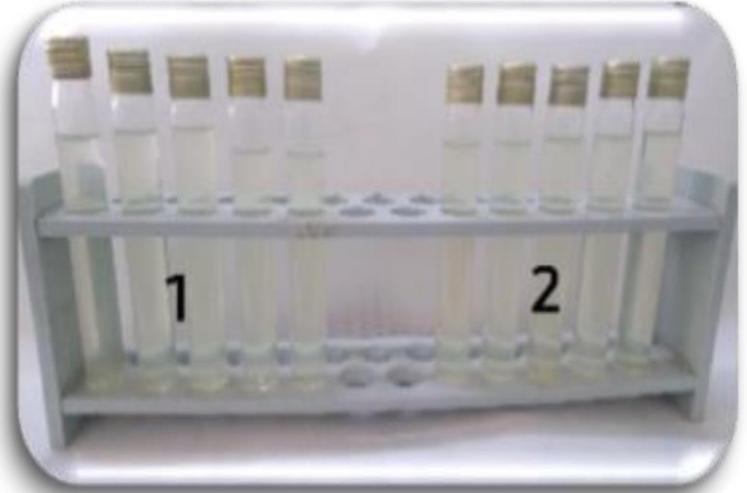


Annexe 3 : Prise des photos pour les lactosérums doux et acide traités par le chauffage au bain-Marie .

**Avant traités**



Lactosérums acide traités à 40 °C



Lactosérums acide traités à 60 °C

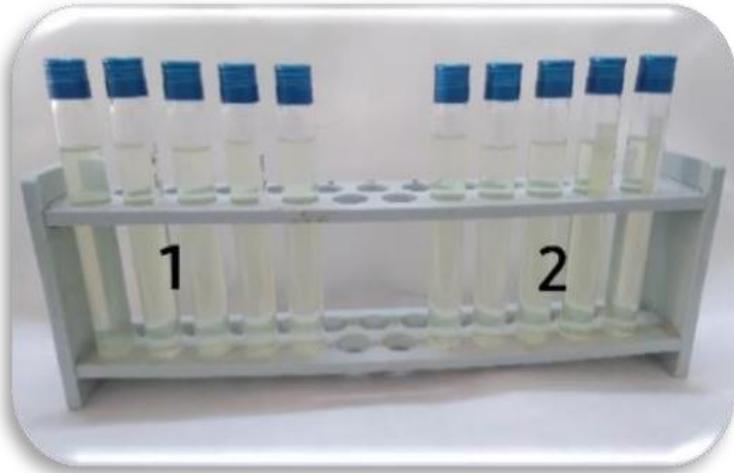


Lactosérums doux traités à 40°C

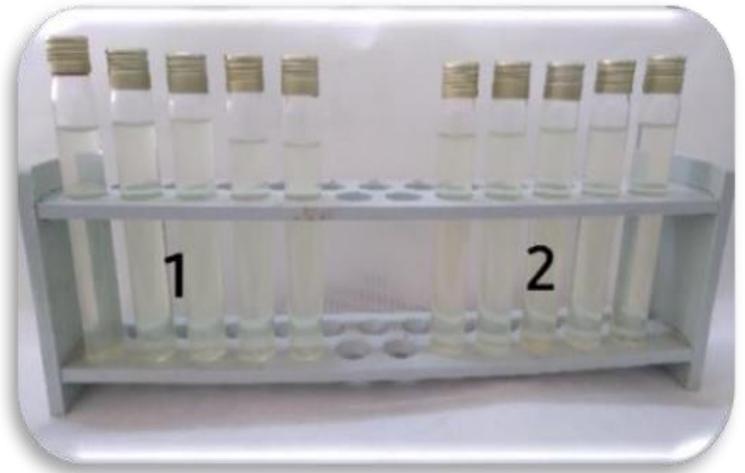


Lactosérums doux traités à 60°C

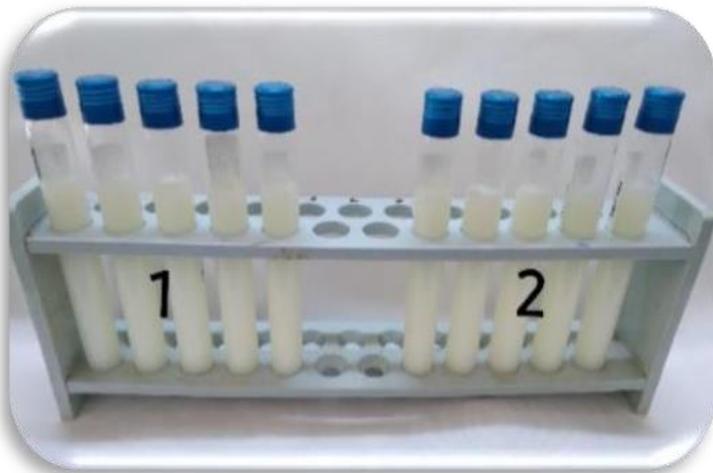
Après le traité



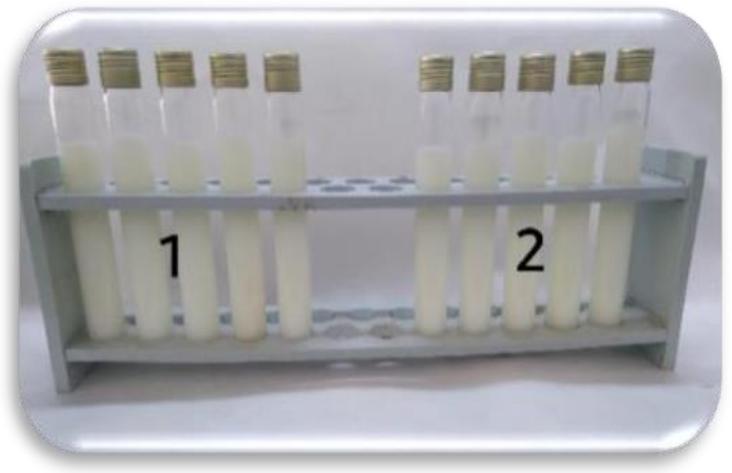
Lactosérums acide traités à 40°C



Lactosérums acide traités à 60°C



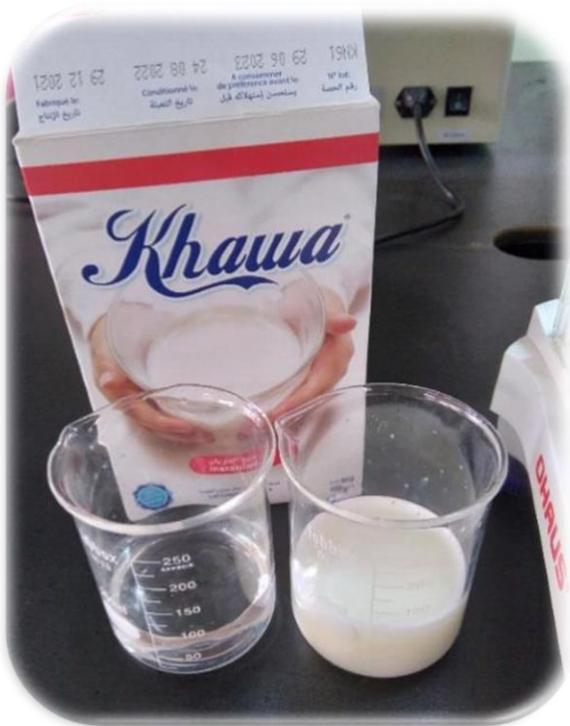
Lactosérums doux traités à 40°C



Lactosérums doux traités à 60°C

- ❖ 1 : 5 minutes.
- ❖ 2 : 25 minutes.

Annexe 04 : photos de quelques méthodes de travail.



**Poudre de lait 0% matière grasse (khawa)**



**PH-mètre**

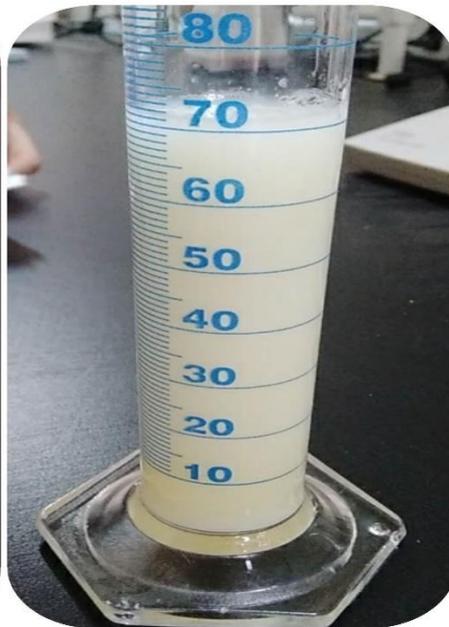
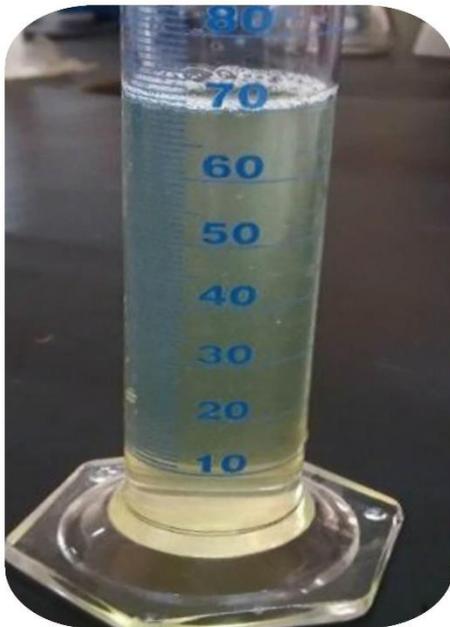
**Annexe 05** : capacités moussantes de lactosérum (acide et doux) brute non traitées.



**Lactosérum acide**



**Lactosérum doux**



**Volume de lactosérum acide et doux brut**

**Annexe 06 :** Capacité moussante de lactosérum (acide et doux) traitées par chauffage au bain-marie (40°C).



**Lactosérum acide 5 min**



**Lactosérum doux 5 min**

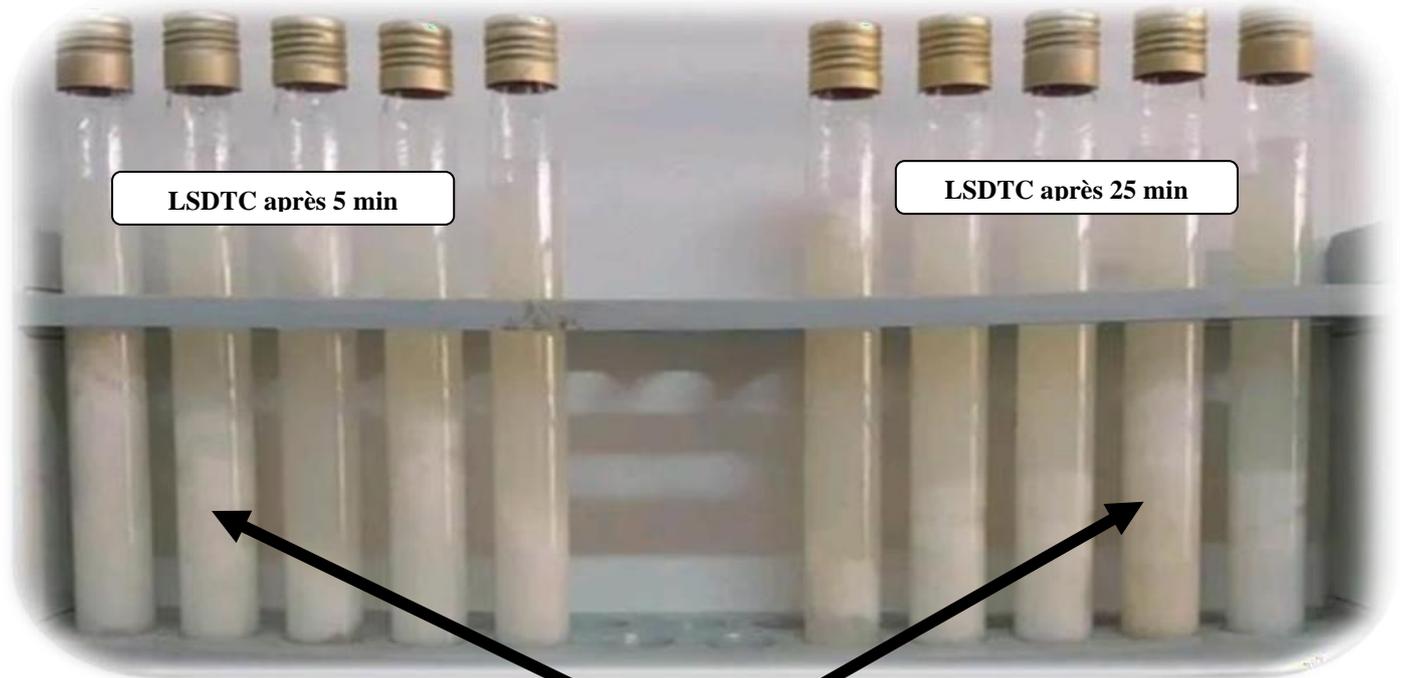


**Lactosérum acide 25 min**

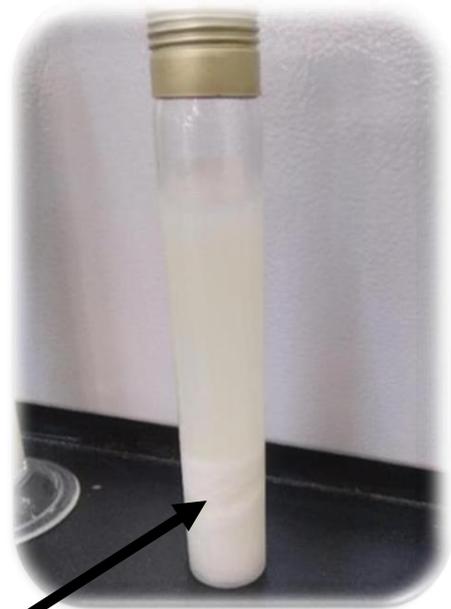
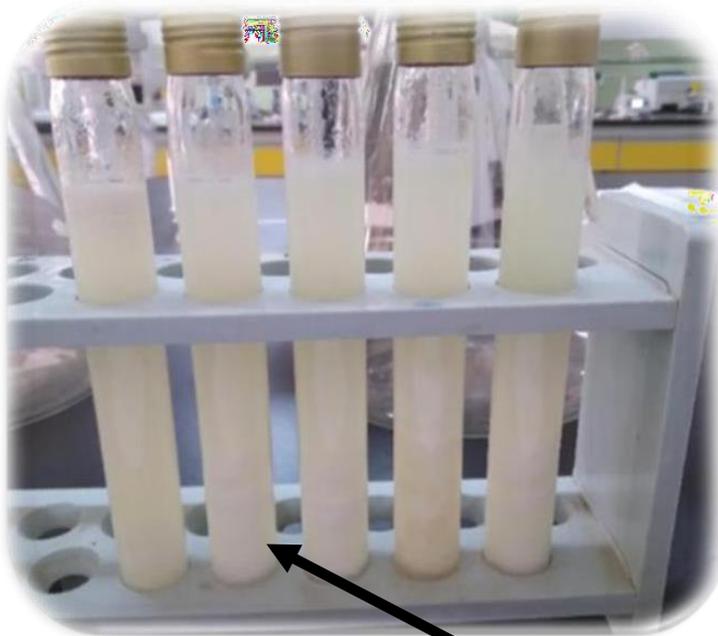


**Lactosérum doux 25 min**

**Annexe07** : Modification des lactosérums après une température 95°C pendant 5 min /25 min.



**Précipitation des lactosérums acide**



**Précipitation des lactosérum doux**

*Résumé*

## **Résumé**

Le lactosérum est un exemple typique de déchet qui est un problème coûteux et exigeant sur un grand niveau environnemental, ce dernier est riche en matière organique, cela permet d'être investi dans plusieurs industries pour en tirer profit.

Le but de notre étude est l'étude de l'effet d'un traitement thermique au bain-marie sur les propriétés physico-chimiques et biochimiques du lactosérum.

Notre étude expérimentale comportait deux parties :

L'étude des propriétés physico-chimiques du lactosérum de lait cru écrémé et le traitement thermique au bain-marie et le développement des propriétés moussante (capacité moussante, stabilité de la mousse, diamètre de la mousse)

Les résultats des analyses ont montré que les valeurs des propriétés physico-chimiques et biochimiques du lactosérum différaient selon les différentes températures en relation avec le chauffage au bain-marie, et elles différaient également selon le lactosérum.

Le lactosérum traité thermique avait une plus grande stabilité et capacité moussante par rapport au lactosérum brut.

## **Mots-clés :**

Lactosérum acide / Lactosérum doux / Chauffage conventionnel / Protéines / pouvoir moussant

## **ملخص**

مصل اللبن هو مثال نموذجي للنفايات التي تمثل مشكلة مكلفة ومتطلبة كثيرا على المستوى البيئي، من خلال تعزيز هذا المنتج الثانوي الغني بالمواد العضوية، لهذا لا بد من استثماره في صناعات متعددة للاستفادة منه.

الهدف من دراستنا هو:

دراسة تأثير المعالجة الحرارية في حمام مائي على الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيوكيميائية لمصل اللبن.

حيث اشتملت دراستنا التجريبية على جزئين:

دراسة الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيوكيميائية لمصل اللبن الخام منزوع الدسم والمعالجة الحرارية بالحمام المائي وتطوير الخصائص الرغوة (سعة الرغوة، ثبات الرغوة، قطر الرغوة).

اظهرت نتائج التحليلات ان قيم الخصائص الفيزيائية والكيميائية والبيو كيميائية لمصل اللبن تختلف باختلاف درجات الحرارة بالنسبة للتسخين بالحمام المائي كما انها تختلف باختلاف مصل اللبن.

يملك مصل اللبن المعالج حراريا باستقرار وقدرة أكبر على الرغوة مقارنة بمصل اللبن الخام.

## **الكلمات المفتاحية**

مصل اللبن الحمضي / مصل اللبن الحلو / التسخين التقليدي / بروتينات / قوة الرغوة.