

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Larbi tebessi- Tebessa
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Spécialité : Sécurité Alimentaire et Assurance Qualité



Mémoire
En vue de l'obtention du Diplôme de Master en Science Alimentaire
Spécialité : Sécurité Alimentaire et Assurance Qualité

Intitulé

Valorisation du lactosérum: cas des boissons

Présenté par:

AGGOUN Laid et LABIDI Mohamed

Devant le jury :

Présidente : Mme ZEGHIB Assia	M.C.A (Univ. De TEBESSA).
Examineur : Mr. ZOUAOUI Nassim	M.C.B (Univ. De TEBESSA).
Promotrice : Mme SENOUSSE Asma	M.A.A (Univ. De TEBESSA).

Année universitaire : 2021/2022

Dédicace

Je dédie ce travail

*A mes parents; de m'avoir donné
l'opportunité de connaître ce qu'est l'amour
parental, je vous serai toujours reconnaissant.*

*A mes frères et sœurs, je vous aime
et vous souhaite beaucoup de bonheurs.*

*A tous mes ami (e) s, vous êtes précieux pour
Moi.*

*A Dieu tout puissant pour la grâce de m'avoir
accordé la bonne santé sans
lesquelles je ne peux rien.*

Imad

Je dédie ce travail

*A mes parents; de m'avoir donné
l'opportunité de connaître ce qu'est l'amour
parental, je vous serai toujours reconnaissant.*

*A mes frères et sœurs, je vous aime
et vous souhaite beaucoup de bonheurs.*

*A tous mes ami (e) s, vous êtes précieux pour
Moi.*

*A Dieu tout puissant pour la grâce de m'avoir
accordé la bonne santé sans
lesquelles je ne peux rien.*

Mohamed

Remerciements

*En premier lieu nous remercions le Bon Dieu pour sa
Bienveillance.*

*Au terme de ce modeste travail, nous tenons à remercier
vivement :*

***Mme SENOUSSI A.** pour avoir accepté de nous
encadrer ainsi que pour ses conseils, sa disponibilité, son
suivi et sa gentillesse.*

***Mme ZEGHID A.** pour l'honneur qu'il nous fait de
présider le jury et d'évaluer ce travail.*

***Mr. ZOUIAOUI N.** pour avoir accepté d'examiner ce
travail.*

*Toutes les personnes qui nous ont aidés à la réalisation
de ce travail.*

Liste des abréviations

BL: Bactéries lactiques.

GMP: Glycomacropéptide.

DBO: Demande biochimique en oxygène.

DCO: Demande chimique en oxygène.

BLF: lactoferrine bovine.

GMP: glycomacropéptide.

β -lg: β -lactoglobuline.

α -La: α -lactalbumine.

Ig : Immunoglobuline.

LF: Lactoferrine.

LP: Lactoperoxydase.

BSA: Bovin serum albumin.

PL : Poudre de lactosérum.

AA: Acide aminé.

INRA: Institut National de la Recherche.

NaCl : Chlorure de sodium.

KCl : Chlorure de potassium.

PH : Potentiel hydrogène.

mg : Milligramme.

g/l : Gramme par litre.

g: Gramme.

FAO: Food and Agriculture Organization.

Kg: Kilogramme.

mg/L: Milligramme par litre.

L: Litre.

%: Pourcentage.

UV: Ultraviolets.

PLC: Poudres de lactosérum concentré.

USA: United States of America.

g/(L·h): Litre par heure mais en grammes.

PPM : Partie par million.

CPL : Concentré de protéines de lactosérum.

IPL : Protéines de lactosérum.

Liste des figures

Figure 1.	Voies technologiques permettant l'obtention de principaux types de lactosérum issus de la première transformation du lait	5
Figure 2.	Les produits finis résultants des différents procédés industriels appliqués au lactosérum	22
Figure 3.	Schéma représentatif du procédé de préparation de la boisson à base de lactosérum WBBH	31

Liste des tableaux

Tableau 01	Composition du lactosérum doux et du lactosérum acide	6
Tableau 02	Teneur en sels minéraux du lactosérum	9
Tableau 03	Teneur en vitamines du lactosérum	10
Tableau 04	Applications de protéines du lactosérum dans la transformation des aliments	13
Tableau 05	Propriétés biologiques des protéines de lactosérum.	14
Tableau 06	Application des protéines de lactosérum	24

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Sommaire

Introduction..... 1

Chapitre I: Le lactosérum

1. Définition et caractéristiques du lactosérum.....	4
1.1. Définition.....	4
1.2. Caractéristiques.....	4
2. Sources industrielles du lactosérum.....	4
2.1. Fromagerie.....	4
2.2. Beurrier.....	5
3. Différents types du lactosérum.....	5
3.1. Lactosérum acide.....	6
3.2. Lactosérum doux.....	6
4. Composition biochimique du lactosérum.....	7
4.1. Lactose.....	7
4.2. Protéines du lactosérum.....	8
4.3. Matière grasse.....	9
4.4. Sels minéraux et vitamine.....	9
5. Qualité microbiologique.....	10
5.1. Bactéries lactiques.....	10
5.2. Levures.....	10

Chapitre II: Valorisation du lactosérum

1. Introduction.....	11
2. Nécessité de valorisation du lactosérum.....	11

2.1. Lactosérum agent polluant.....	11
2.2. Lactosérum produit noble.....	11
3. Valeur nutritionnelle.....	12
3.1. Lactose.....	12
3.2. Protéines.....	12
4. Propriétés fonctionnelles.....	12
4.1. Lactose.....	12
4.2. Protéines.....	13
5. propriétés biologiques.....	13
6. Utilisations du lactosérum.....	15
6.1. Alimentation animale.....	15
6.2. Alimentation humaine.....	16
6.3. Biotechnologie.....	18
6.3.1. Comme substrat de fermentation.....	18
6.3.2. Dans la production des enzymes et des vitamines.....	19
6.4. Utilisation du lactosérum traité.....	20
6.4.1. Utilisations du lactose.....	20
6.4.2. Utilisations des protéines.....	23
7. Différentes formes d'utilisation du lactosérum.....	24
7.1. Poudre de lactosérum douce.....	24
7.2. Poudre de lactosérum acide.....	25
7.3. Poudre de lactosérum déminéralisé.....	25
7.4. Poudre de lactosérum sans lactose.....	25
7.5. Concentré de protéines sériques.....	25

Chapitre III: Les boissons au lactosérum

1. Généralité.....	26
2. Différentes boissons à base de lactosérum.....	26
2.1. Boissons au lactosérum à base de jus de fruits.....	26
2.1.1. Problèmes rencontrés dans l'incorporation du lactosérum dans les	

boissons à base de jus de fruits.....	28
2.1.2. Raisons d'utilisation du lactosérum dans les boissons.....	28
2.1.3. Exemple d'une procédure de préparation du boisson à base de lactosérum.....	29
2.2. Boissons lactière fermenté à base de lactosérum.....	32
2.3. Boissons gazeuses désaltérantes à base de lactosérum.....	33
2.4. Boissons énergétiques.....	33
2.5. Boisson alcoolisées.....	34
3. Altérations des boissons.....	35
3.1. Altérations de la qualité microbiologique.....	35
3.2. Altérations de la qualité organoleptique.....	35
Conclusion.....	37
Références bibliographiques.....	38

Introduction

Introduction

Introduction

Le monde a connu un développement très important dans le secteur industriel tandis qu'il y a toujours des risques et des conséquences néfastes sur l'environnement et la santé publique. Pour cela, les écologistes et les biologistes se sont intéressés depuis longtemps aux procédés et techniques qui servent à limiter la pollution engendrée par les industries .

Parmi ces dernières, l'industrie laitière est l'une des plus polluantes par le rejet de quantités importantes de lactosérum (**Smither, 2008**). La production mondiale de lactosérum dépasse les 160 millions tonnes par an (estimées à 9 fois la production de fromage), montrant un taux de croissance annuel de 1 à 2 % (**Guimarães et al., 2010**). **Božanić et al. (2014)** ont rapporté que environ 70 % du lactosérum est transformés en différents produits, et environ 30 % du lactosérum est encore utilisé pour l'alimentation des élevages, répandu sur les terres agricoles comme engrais ou même déversés dans les rivières ou la mer. Le lactosérum est envisagé l'un des flux de sous-produits alimentaires les plus polluants puisque sa demande biochimique en oxygène (DBO) > 35 000 ppm et sa demande chimique en oxygène (DCO) > 60 000 ppm (**Smither, 2008**). **Onwulata et Huth (2009)** ont estimé que 4000 L de lactosérum pourraient causer des dommages environnementaux élevés équivalents à celle causée par les déchets fécaux produits par 1900 humains. Ces rejets constituent une menace réelle sur l'environnement, car le lactosérum est riche en matière organique, il contient généralement environ 50 % de constituants du lait, le lactose (~70 %) (**Juliano et Clarke, 2013; Božanić et al., 2014**). Dans ces conditions, il est devenu indispensable de le recycler pour éviter la menace polluante. Encore il faut que son traitement soit économiquement acceptable.

Le lactosérum est un liquide jaune pâle issu de la coagulation du lait lors de la fabrication du fromage ou de la caséine (**Ouahioune et Louli, 2016**). Sa principale caractéristique est qu'il contient beaucoup de lactose, ce sucre représente une principale source de carbone pour les microorganismes qui intéressent l'industrie agroalimentaire .

Le lactosérum contient également des protéines solubles ou protéines sériques qui restent en solution quand on précipite le lait, avec en plus des substances azotées non protéiques résultant de l'action des enzymes coagulantes ou du métabolisme des

Introduction

bactéries qui se développent dans le lait ou dans le coagulant. Aussi il contient des sels minéraux tels que : Ca^{2+} , P, Na^+ , Cl^- , K^+ (**Liutkevičius et al., 2016**).

Vue de sa richesse en nutriments, il est utilisé dans différents domaines tels que l'alimentation humaine, l'alimentation animale et éventuellement dans le domaine de la biotechnologie afin de produire des protéines d'organismes unicellulaires (P.O.U.), des enzymes, des vitamines, d'alcool et des acides organiques (**Božanić et al., 2014; Papademas et Kotsaki, 2019**).

Les recherches scientifiques effectuées par la plupart des pays laitiers ont mis en évidence sa valeur nutritionnelle, ainsi que les possibilités de son utilisation en alimentation de bétail, comme engrais, comme milieu de fermentation pour la production par voie microbienne de l'acide lactique, des vitamines (B2, B12), d'enzymes et de matière grasse (**Luquet et Boudier, 1984; Spalatelu, 2012**).

Une quantité considérable de lactosérum est utilisée dans l'alimentation animale. De plus, il est utilisé pour enrichir les aliments ou les régimes pauvres en protéines (**Božanić et al., 2014**).

En pathologie, il est utilisé pour l'alimentation des malades et diabétiques ou des sujets souffrant de mal nutrition, et en alimentation de soutien, pour les sportifs les personnes âgées (**Dryer, 2001**).

Actuellement, les scientifiques évaluent les effets bénéfiques des fractions de protéines de lactosérum. L'utilisation de ces fractions est efficace contre les maladies du cœur (réduction du cholestérol et de la tension artérielle), les ulcères et les cancers, etc. (**Berry, 2000**).

En biotechnologie, le lactosérum par sa composition biochimique possède des intéressantes propriétés comme milieu de fermentation pour plusieurs microorganismes assimilant le lactose comme source de carbone et d'énergies. Il s'agit des levures telles que *Saccharomyces cerevisiae*, *Candida kefir* et *Kluyveromyces fragilis*, cette dernière est cultivée sur le lactosérum doux déprotéiné et enrichi par des facteurs de croissance de la biomasse (**Gana et Touzi, 2001; Spalatelu, 2012**).

Le développement de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum est nécessaire, surtout que les quantités produites ne cessent d'augmenter (**Trivino**

Introduction

Arevalo, 2017). Dans ce contexte, notre travail s'inscrit dans le cadre d'une recherche bibliographique décrivant l'importance de la valorisation du lactosérum dont l'objectif d'une part de lutter contre la pollution engendrée par l'oxydation de sa matière organique et d'autre part pour la récupération de ses nutriments de haute qualité.

Notre manuscrit comporte trois parties présentant les caractéristiques du lactosérum et ses différentes utilisations dans l'industrie alimentaire ainsi que des généralités sur l'incorporation du lactosérum dans les boissons. Suivi d'une conclusion.

Chapitre I

Le lactosérum

1. Définition et caractéristiques du lactosérum

1.1. Définition

Le lactosérum est un sous-produit issu de la fabrication du fromage. En général, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé (**Guimarães *et al.*, 2010; Lapointe-Vignola ., 2002**). Il a été considéré comme un déchet laitier majeur pendant des décennies en raison des problèmes d'élimination liés à sa forte demande biologique en oxygène et forte teneur en matière organique (**Ahn *et al.*, 2001**).

1.2. Caractéristiques

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre , représente 85 à 95 % du volume de lait, il a une haute valeur nutritionnelle car il retient environ 55 % des éléments nutritifs du lait et environ 20 % de la teneur totale en protéines (**Pires *et al.*, 2021**), contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/l) et riche en éléments nutritifs (**Muller *et al.*, 2003; Ilker *et al.*, 2006**).

Le lactosérum est un co-produit laitier hypocalorique obtenu lors de la fabrication du fromage. La composition et les propriétés du lactosérum dépendent du type de procédé de fabrication du fromage, du type et de la qualité du lait utilisé. Le lactosérum se compose principalement de lactose, de protéines, de vitamines, de minéraux, d'enzymes, d'hormones et de facteurs de croissance. Les rôles fonctionnels et nutritionnels des composants du lactosérum répondent aux exigences des aliments diététiques (**Blažić *et al.*, 2018**).

2. Sources industrielles du lactosérum

Les deux principales voies industrielles de transformation du lait nature aboutissant au lactosérum, sont la beurrerie et la fromagerie (**Laplanche, 2004**).

2.1. Fromagerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication des fromages à partir du lait nature. Ce dernier subit les processus de coagulation et de synérèse, aboutissant d'une part à une phase solide le « fromage », d'une autre part à une phase liquide « lactosérum » (**Laplanche, 2004**).

2.2. Beurrerie

C'est l'ensemble des procédés qui conduisent à la fabrication du beurre à partir du lait nature. Après écrémage de ce dernier suivi d'une extraction de la caséine par précipitation, on obtient du « lactosérum écrémé » (Laplanche, 2004).

3. Différents Types du lactosérum

Selon la méthode de fabrication et le type de fromage, deux principaux types de lactosérum peuvent être obtenus : le lactosérum doux et le lactosérum acide.

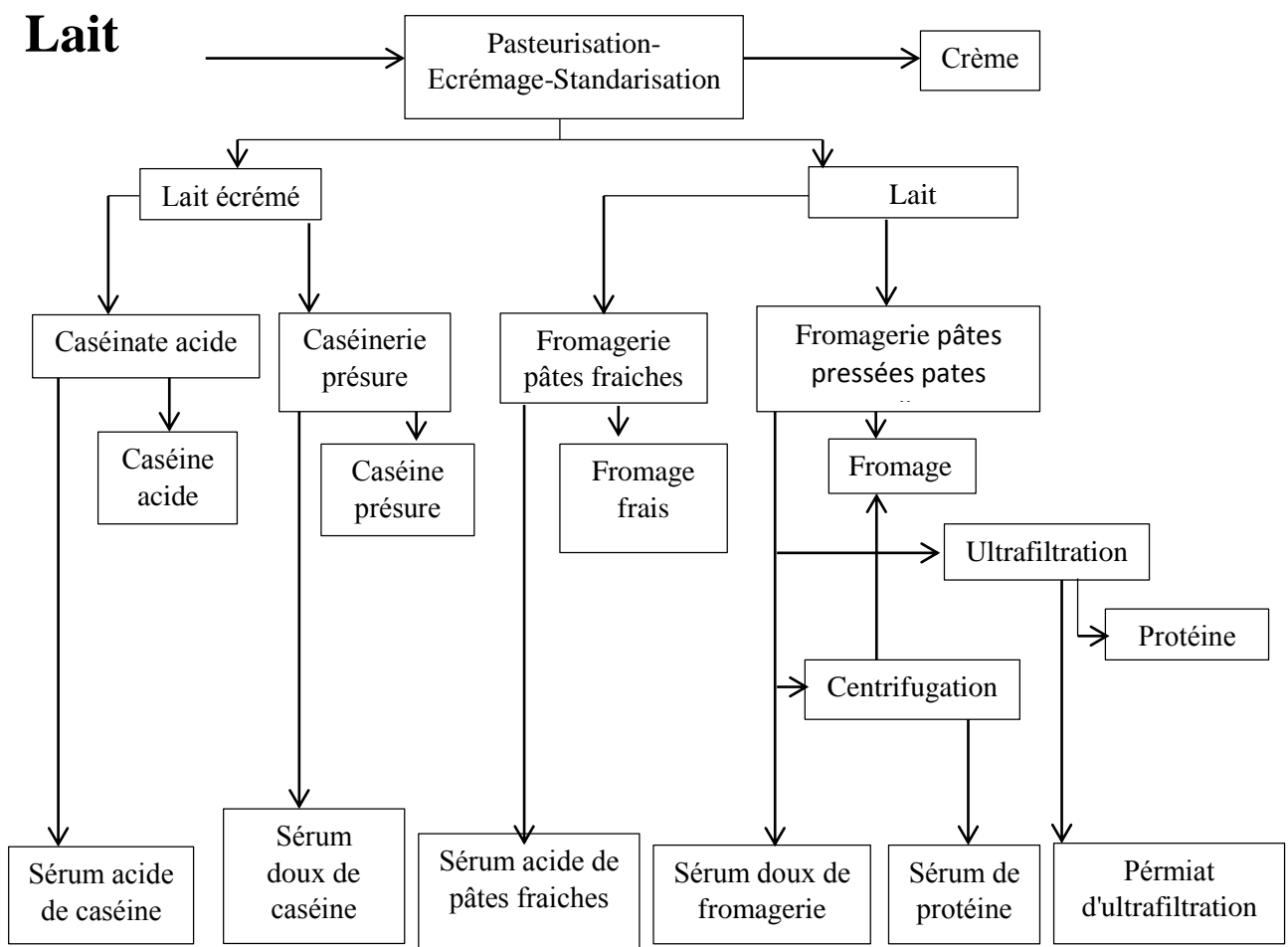


Figure 1. Voies technologiques permettant l'obtention de principaux types de lactosérum issus de la première transformation du lait (Alais, 1984; Luquet et François, 1990).

3.1. Lactosérum doux

Le lactosérum doux est obtenu par coagulation enzymatique du lait ou des caséines à un pH d'environ 6,5 (Yadav *et al.*, 2015). Le lactosérum doux est moins minéralisé, car lors de la production fromagère, plus de la moitié du phosphore et des cations divalents sont retenus dans le caillé (Bozanic *et al.*, 2014; St-Gelais *et al.*, 2010).

3.2. Lactosérum acide

Le lactosérum acide (pH inférieur à 5) est obtenu par la coagulation du lait par ajout d'acides forts (phosphorique, hydrochlorique, sulfurique, etc.) ou organiques (lactique, citrique). (Yadav *et al.*, 2015). Au contraire, lors d'une coagulation acide, la plupart des minéraux colloïdaux (calcium, phosphate, citrate de calcium et magnésium) se solubilisent et se retrouvent dans le lactosérum acide (Bozanic *et al.*, 2014; St-Gelais *et al.*, 2010).

Comparé au lactosérum doux, le lactosérum acide a une plus faible teneur en lactose en raison du procédé de fabrication qui implique une fermentation avant coagulation au cours de laquelle une partie du lactose est converti en acide lactique. Cependant, le lactosérum doux a une fraction protéique plus élevée que le lactosérum acide. (Bozanic *et al.*, 2014; St-Gelais *et al.*, 2010).

Tableau 01. Composition du lactosérum doux et du lactosérum acide (Yadav *et al.*, 2015)

Constituants	Lactosérum doux (g/L)	Lactosérum acide (g/L)
Solide totaux	63.0-70	63.0-70.0
Lactose	46.0-52.0	44.0-46.0
Protéines	6.0-10.0	6.0-8.0
Lipides	5.0	0.4
Lactate	2.0	6.4
Cendres	5.0	8.0
Calcium	0.4-0.6	1.2-1.6
Phosphate	1.0-3.0	2.0-4.5
Chlorures	1.1	1.1
PH	6.5	4.5

4. Composition biochimique du lactosérum

La composition et les caractéristiques du lactosérum peuvent varier selon le type de bétail, le régime alimentaire de l'animal, le lait dont il est issu, les techniques de traitement utilisées et d'autres facteurs environnementaux (**Park et al., 2007**).

D'après **Morr et Ha (1993)**, le lactosérum est riche en lactose et en potassium. Dans le lactosérum acide une partie du lactose a été transformé en acide lactique; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium. **Minj et Anand (2020)** ont rapporté que le lactosérum liquide frais issu de la fabrication du fromage est composé de 94,2% d'eau et de 50% de matières sèches totales dont 0,8% de protéines de lactosérum, 0,5% de minéraux, 0,1% de matières grasses et 4,3% de lactose, qui est le principal constituant.

4.1. Lactose

Ce disaccharide est le sucre principal du lait et par conséquent du lactosérum. Il est formé par l'union de deux monosaccharides (le D-glucose et le D-galactose) par un lien glycosidique C1(β)-C4 (**Amiot et al., 2010**). Lors d'une fermentation, le lactose est le seul glucide fermentescible et, sous la dépendance des bactéries lactiques (BL). Ces BL possèdent une enzyme (β -galactosidase), qui est capable d'hydrolyser le lactose en glucose et galactose. Ces deux monosaccharides sont par la suite transformés en acide lactique, ce qui entraîne une baisse du pH. En fonction des BL utilisées, d'autres produits peuvent être aussi obtenus dont l'acide acétique, l'éthanol et le gaz carbonique (**Vuillemard, 2013**).

Certains de ces métabolites jouent un rôle important au niveau de la saveur et de l'arôme typiques des produits laitiers fermentés. Sous forme purifiée et cristallisée, le lactose est utilisé dans de nombreux produits de confiserie, de boulangerie, dans les formulations pour enfants, boissons, etc. De même, il peut être utilisé pour diminuer la saveur sucrée de certains aliments. En industrie pharmaceutique, il est utilisé comme transporteur ou support pour la fabrication des comprimés (**Huffman et al., 2011**).

4.2. Protéines du lactosérum

Les protéines de lactosérum sont une forme de protéines globulaires, contenant un nombre considérable de modèles d'hélices α avec des acides aminés hydrophiles et hydrophobes avec des acides aminés ainsi qu'acides et basiques le long de leur chaîne polypeptidique (Minj *et Anand*, 2020).

Les principaux constituants des protéines de lactosérum comprennent l' α -lactalbumine (α -LA), la β -lactoglobuline (β -LG), l'albumine sérique (BSA), immunoglobulines (IG), lactoferrine bovine (BLF), lactoperoxydase bovine (LP), et des quantités mineures de glycomacropéptide (GMP), ils représentent environ 17% de l'azote protéique du lait (Vuilleumard, 2013). Cependant, la composition en protéines de lactosérum varie en fonction du type de lactosérum, c'est-à-dire du lactosérum doux ou lactosérum acide; le type de lait (bovin, ovin ou caprin) ; le type d'alimentation du bétail; stade de lactation; et le type de traitement (Minj *et Anand*, 2020; Carter *et al.*, 2021).

Les protéines majoritairement retrouvées dans le lactosérum sont la β -lactoglobuline et l' α -lactalbumine. Ces dernières représentent donc entre 65 et 80% des protéines du lactosérum.

β -lactoglobuline, absente dans le lait humain, possède tous les acides aminés naturels et comporte 58% d'acides aminés indispensables. Elle présente un dipeptide (Glu-Cys) qui peut servir à la synthèse du glutathion, très impliqué dans les réactions d'oxydoréduction cellulaires, et elle peut aussi servir de transporteur pour la vitamine A et la vitamine D. Du fait de sa forte concentration et de sa composition, elle est la protéine du lactosérum ayant la plus forte valeur nutritive.(Jeewanthi *et al.*, 2015).

α -lactalbumine contient également tous les acides aminés naturels et 57% d'acides aminés indispensables. Une stimulation des défenses immunitaire, des propriétés dites « anticancéreuses » et antivirales ainsi qu'un peptide bactéricide sont caractéristiques de cette protéine. (Maduireira *et al.*, 2007).

Lactoferrine quant à elle, est une métalloprotéine qui peut se lier à deux atomes de fer et permet donc son transport et son absorption. En jouant sur le taux de fer, la lactoferrine bovine peut avoir un rôle antibactérien. (Shugarman, 2016).

De nos jours , les protéines de lactosérum sont reconnue comme une source potentielle de nutriments et sont exploitées pour ses ingrédients bioactifs et sa haute composition nutritionnelle (**Minj et Anand, 2020**)

4.3. Matière grasse

La matière grasse représente que 0,7 % de la matière sèche du lactosérum, la quasi-totalité de la matière grasse du lait étant retenue dans le caillé. La constitution chimique du lactosérum change considérablement en fonction de la provenance du lait, des différents procédés de traitement utilisés pour le transformer en produits consommables et des opérations de fabrication (**Leghlimi, 2004**).

4.4. Sels minéraux et vitamines

La concentration des minéraux contenus dans le lactosérum est une autre façon de valoriser ce sous-produit. Les sels de calcium, et magnésium, potassium et sodium constituent l'essentiel de ces minéraux (> 50% NaCl et KCl, sels de calcium) avec des traces de métaux tels que le zinc et le cuivre (**Ryan et Walsh, 2016**).

Tableau 02. Teneur en sels minéraux du lactosérum (**Linden et Lorient, 1994**).

Les minéraux	Lactosérum doux(%)	Lactosérum acide(%)
Potassium	0.13	0.15
Sodium	0.07	0.06
Calcium	0.05	0.13
Phosphore	0.06	0.09

Le lactosérum comprend également des vitamines fondamentales pour notre organisme et plus spécifiquement les vitamines B2, B5, B12, B6 et C, qui peuvent être utilisées dans l'industrie pharmaceutique ou alimentaire. (**FICK, 2016**).

Tableau 03. Teneur en vitamines du lactosérum (**Linden et Lorient, 1994**).

Vitamines	Concentration (mg/ml)	Besoins quotidiens (mg)
Thiamine (vit. B1)	0.38	1.5
Riboflavine (vit. B2)	1.2	1.5
Acide nicotique (vit. B3)	0.85	10-20
Acide pantothénique (vit. B5)	3.4	10
Pyridoxine (vit. B6)	0.42	1.5
Cobalamine (vit. B12)	0.03	2

5. Qualité microbiologique

Le lactosérum est un liquide riche en microorganisme qui peuvent être entraînés après séparation du caillé. Ces derniers sont représentés par les bactéries lactiques et les levures

5.1. Bactéries lactiques

Elles appartiennent à un groupe de bactéries pour l'homme. Elles ne se réduisent pas à leur importance économique, mais jouent également un rôle important dans l'entretien et l'amélioration de la santé de l'homme (**Dolexres, 2003**). L'auteur signale que la multiplication de ces bactéries dans le lait et dans les fromages assurent deux fonctions essentielles :

- ✓ Abaissement du pH en transformant le lactose en acide lactique ou en acide acétique et en éthanol (Facteur de la coagulation du lait).
- ✓ Libération des systèmes enzymatiques participant dans les principaux phénomènes de l'affinage des caillés, et donc contribuant aux caractères organoleptiques des fromages.

5.2. Levures

Le sérum est un excellent milieu de culture permettant le développement des levures qui utilise le lactose comme source de carbone. Ce sont les souches de *Kluveromycés lactis* qui donnent le meilleur rendement (**Canu et al, 2000**).

Chapitre II

Valorisation du lactosérum

1. Introduction

Dans l'industrie laitière, le lactosérum a été longtemps considéré comme un résidu encombrant, car il est fabriqué en très grande quantité au cours de la fabrication du fromage. En Algérie, l'industrie fromagère rejette quotidiennement 6000 litres de lactosérum par jour, soit 4 à 12 kg pour 1 kg de fromage réalisé (**Gana et Touzi, 2001**). La valorisation du lactosérum se fait en utilisant des produits ayant une valeur économique. Cette valorisation est essentielle pour éviter de payer les coûts de transformation ou d'élimination du lactosérum. Certains des produits dérivés du lactosérum sont le concentré de protéines et de lactose, le phosphate de calcium et le sirop de lactose, le filtrat déprotéiné et délactosé, le beurre de lactosérum. (**Marwaha et al., 1988 ; Pesta et al., 2007**).

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. C'est un sous-produit de l'industrie fromagère, son rejet dans les effluents entraînerait une pollution s'il n'était pas valorisé, cependant c'est un produit très riche en protéines, lactose et vitamines donc son rejet représente une grosse perte économique (**Khodja et Yousfi, 2020**).

2. Nécessité de valorisation du lactosérum

2.1. Lactosérum agent polluant

Pendant de très nombreuses années, le lactosérum était considéré comme un déchet organique de l'industrie agroalimentaire. Il n'était pas bien exploité mais il était généralement épandu dans les champs ou déversé dans les rivières et les cours d'eau (**Essadaoui, 2012**). Ainsi, il représentait un sérieux problème environnemental à cause de:

- ✓ Sa demande biologique en oxygène (DBO) et sa DCO élevées DBO de 40 000 à 60 000 mg/L, DCO de 50 000 à 80 000 mg/L, c'est-à-dire qu'un litre de lactosérum nécessite environ 60 g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne (**Papademas et Kotsaki, 2019**).
- ✓ Ses volumes abondants générés: Pour produire 1 kg de fromage, on obtient environ 9 L de lactosérum à partir de 10 L de lait (**Essadaoui, 2012**). En effet, l'industrie fromagère produit environ 115 millions de tonnes de lactosérum par an et 47 % de celui-ci est directement évacué dans les égouts (**Papademas et Kotsaki, 2019**).

2.2. Lactosérum produit noble

Le rejet du lactosérum dans les cours d'eau s'il est regrettable constitue surtout un manque à gagner pour les industriels, car ce dernier est avant tout une matière noble et riche. Il a été relevé que les 4,2 milliards de litres sérum représentent 290.000 tonnes de matières sèches dont environ 38.000 tonnes de protéines et 218.000 tonnes de lactose. Il convient aussi

d'ajouter à ces tonnages les vitamines et certains sels minéraux qui sont utiles en alimentation (Apria, 1973). Lupin (1998) signale à la fois que la valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum sont liées au lactose et aux protéines.

3. Valeur nutritionnelle

3.1. Lactose

Le lactose est un disaccharide, composé d'une molécule de glucose et une autre de galactose, ce dernier est un constituant essentiel des cérébrosides composant les tissus nerveux (Gerard *et* Debri, 2001). Il contribue à stabiliser le pH intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et du phosphore ; cet abaissement du pH évite l'installation de flores purifiantes (Sottiez, 1998). Il représente un intérêt diététique fondamental puisqu'il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'Homme (Sottiez, 1985 ; Lupin, 1998).

Cependant, il peut représenter une intolérance physiologique chez certains individus déficients en lactase (Sottiez, 1985). Pour remédier à ce problème, plusieurs auteurs suggèrent l'emploi du lait et ses dérivés à lactose hydrolysé (Lorient, 1998).

3.2. Protéines

Les protéines du lactosérum ont une meilleure valeur nutritive que la caséine, du fait qu'elles constituent une source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides aminés soufrés et en tryptophane tandis que la caséine présente un léger déficit en ces acides aminés (Linden *et* Lorient, 1994).

D'après Sottiez, (1985) les protéines de lactosérum sont neutres au niveau du goût donc beaucoup plus agréables pour la consommation que les caséines et caseinâtes.

Ce même auteur considère que ces protéines sont même supérieures aux protéines du blanc d'œuf qui sont prises comme protéines de références.

En outre, ces protéines possèdent une grande valeur biologique du fait qu'elles sont solubles et franchissent l'estomac sans coagulation ce qui rend les acides aminés plus rapidement disponibles que ceux de la caséine (Goursaud, 2000).

4. Propriétés fonctionnelles

4.1. Lactose

Le lactose constitue la base de tous les produits destinés à remplacer le lait maternel (Sottier, 1985). Alais *et al.* (2008) signalent que l'hydrolyse du lactose présente un intérêt technologique. Elle permet l'amélioration du pouvoir sucrant, l'augmentation de la solubilité qui se traduit par la facilité de la conservation ainsi que la simplification des techniques de

concentration et de séchage, puisqu' il n'a plus à contrôler une éventuelle cristallisation du lactose.

C'est un facteur favorable aux réactions de caramélisation et réaction de Maillard, ainsi qu'il est un très bon support d'arôme et un bon substrat de culture pour les ferments de maturation (**Sottiez, 1985**).

4.2. Protéines

D'après **Sottiez (1985)**, elles ont des propriétés fonctionnelles très intéressantes :

- Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse ;
- Pouvoir gélifiant par coagulation à la chaleur ;
- Pouvoir moussant.

Leur richesse en acides aminés essentiels et leur solubilité à toute échelle du pH leur confèrent une large utilisation en alimentation infantile et dans bien d'autres opérations de l'industrie agroalimentaire (**Lupin, 1998**). Les différentes applications des protéines du lactosérum dans la transformation des aliments sont indiquées dans le tableau 04.

Tableau 04: Applications de protéines du lactosérum dans la transformation des aliments
(**Woo, 2002**).

Propriétés fonctionnelles	Mode d'action	Aliments
Pouvoir hydratant	Rétention d'eau	Viandes, boisson, pain, saucisses
Pouvoir gélifiant/ viscosité	Epaississement	Vinaigrettes, soupes, fromages
Pouvoir émulsifiant	Stabilisation des émulsions de la matière grasse	Saucisses, aliments pour enfants.
Pouvoir moussant	Formation d'une pellicule stable	Gâteaux, garnitures, barètes, desserts
Brunissement/ couleur/ saveur	Réaction de caramélisation	Confiseries, viandes au four, soupes, aliments faits au four

5. Propriétés biologiques

Les fonctions biologiques spécifiques des composants de la protéine de lactosérum sont données dans le tableau 05. Selon la concentration et les caractéristiques des protéines, les protéines de lactosérum sont commercialisées sous des formes de concentrés, d'isolats et d'hydrolysats de protéines de lactosérum (partiellement dégradés par digestion) (**Barth et al., 1997**). Ces dérivés ont un large éventail de fonctions biologiques, y compris la réduction du stress oxydatif, favorisant la croissance et la synthèse musculaires, supprimant l'appétit, l'hypoglycémie, la réduction des risques liés aux maladies cardiovasculaires et la protection contre les ultraviolets (UV) dommages causés par les radiations (**Sousa et al., 2012**).

Tableau 05: Propriétés biologiques des protéines de lactosérum.

Protéines	Activités biologiques	Références
<i>β-Lg</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Source de peptides bioactifs. - Liaison et transport de substances hydrophobes (vitamine A et E, AG libres) - Source d'aa essentiels et à chaînes ramifiées. - Facilite la digestion. - Stimulation de la lipolyse. - Activité antioxydante. - Effets antibactériens et antiviraux. - Effets hypocholestérolémiques. 	<p>(Jauregi <i>et Welderufael</i>, 2010)</p> <p>(Marshall, 2004)</p> <p>(Woo, 2002)</p> <p>(Fox <i>et al.</i>, 2015)</p> <p>(Guo, 2019)</p>
GMP	<ul style="list-style-type: none"> - Effet antiadhésif contre les bactéries pathogènes. - Source d'aa à chaînes ramifiées. - Source rare d'aa que les patients atteints de phénylcétonurie peuvent tolérer, car il ne contient pas de phénylalanine. - Favorisent la croissance bifidobactérienne et modulent le système immunitaire. - Facilite la digestion. 	<p>(Jauregi <i>et Welderufael</i>, 2010)</p> <p>(Papademas <i>et Kotsaki</i>, 2019).</p> <p>(Woo, 2002).</p>
<i>α-La</i>	<ul style="list-style-type: none"> - Effet antiadhésif contre les bactéries pathogènes. - Source d'aa essentiels à chaînes ramifiée. - Réduit le stress oxydatif grâce à ses propriétés de chélation du fer. - Anticancérigène. - Régule la biosynthèse du lactose; porteur de calcium; immunomodulateur. - Favorise l'absorption de minéraux. 	<p>(Jauregi <i>et Welderufael</i>, 2010)</p> <p>(Marshall, 2004)</p> <p>(Woo, 2002)</p> <p>(Fox <i>et al.</i>, 2015)</p>
Ig	<ul style="list-style-type: none"> - Prestations immunitaires modulantes. 	(Marshall, 2004)
LF	<ul style="list-style-type: none"> - Activité antimicrobienne (propriétés de fixation du fer). - Activité antioxydante. - Favorise la croissance des bactéries bénéfiques. - Antinflammatoire. 	<p>(Jauregi <i>et Welderufael</i>, 2010)</p> <p>(Marshall, 2004)</p> <p>(Woo, 2002)</p>

	<ul style="list-style-type: none"> - Immunomodulateur, anticancérogène ;antimétastatique. - Activité antivirale et agit comme facteur de croissance des cellules. 	(Fox <i>et al.</i> , 2015)
LP	<ul style="list-style-type: none"> - Activité antimicrobienne (élimination des peroxydes). 	(Jaureg <i>et Welderufael</i> , 2010)
BSA	<ul style="list-style-type: none"> - Propriétés anticancéreuses. - Source d'aa essentiels. - Contrôle la pression osmotique du sang. - Transporte : les hormones, les acides gras, de la bilirubine, et divers ions métalliques. - Fixe le calcium et tamponne le pH. - Activité antioxydante. 	(Jauregi <i>et Welderufael</i> , 2010) (Marshall, 2004) (Fox <i>et al.</i> , 2015) (Guo, 2019)

6. Utilisations de lactosérum

Le lactosérum est une source riche de composants nutritifs et ses composants biologiques ont prouvé leurs effets dans le traitement de plusieurs maladies chroniques telles que le cancer, les maladies cardiovasculaires, le VIH, etc. Comme il est trop riche sur le plan nutritionnel, il peut également être utilisé dans les aliments pour nourrissons, gériatriques et sportifs (Macwan *et al.*, 2016).

6.1. Dans l'alimentation animale

Le débouché principal des lactosérums est l'alimentation des veaux et de façon plus fluctuante l'alimentation animale dans son ensemble (Alonso-Fauste *et al.*, 2012). C'est sur cette utilisation croissante que se sont penchées de nombreuses équipes de recherches spécialisées dans ce domaine, pour améliorer cette alimentation et diminuer les troubles gastro-intestinaux, ainsi :

L'utilisation du lactosérum fermenté avec *Lactobacillus acidophilus* pour l'alimentation des veaux, les volailles et les porcs a montré une meilleure croissance sans aucun désordre gastro-intestinal (Bernardeau *et al.*, 2009).

L'enrichissement des préparations par des protéines de lactosérum pour l'alimentation de boeufs et de vaches laitières (Linden et Lorient, 1994).

De nombreux travaux ont signalé le développement réussi d'un ensilage de paille avec le lactosérum pour l'alimentation des ruminants (**Bardy *et al.*, 2016**).

6.2. Alimentation humaine

Le lactosérum peut être utilisé pour fabriquer des produits alimentaires humains tels que le fromage et les boissons au lactosérum. Les boissons de lactosérum les plus courantes sont les jus de fruits mélangés au petit-lait (**Ryan *et Walsh*, 2016**). La qualité nutritive du lactosérum tient à la fois à la présence du lactose et des protéines sériques. La richesse en lactose en fait un auxiliaire actif dans le brunissement enzymatique ou réaction de Maillard apprécié en boulangerie, biscuiterie...etc.

Les sérums concentrés et en poudre ont des applications dans les produits à base de céréales, où ils agissent à la fois comme renforçateur des farines et améliorateur de goût et de couleur (**Lupien, 1998**). La poudre de lactosérum déminéralisé est utilisée dans les formules pour nourrissons nutritionnelles (richesse en acides aminés essentiels), dans les aliments diététiques, en confiserie, pâtisserie et peut partiellement remplacer la poudre de lait écrémé dans la crème glacée (**Linden *et Lorient*, 1994**).

Les propriétés fonctionnelles liées aux protéines sériques en font des produits intéressants, Elles sont employées dans l'industrie agro-alimentaire pour la fabrication des potages en poudre, des fromages fondus...etc. (**Lupien, 1998**). Les concentrés de protéines de lactosérum dont le lactose a été hydrolysé peuvent être utilisés comme agents édulcorants et stabilisants dans les desserts congelés.

A. Industrie de boisson

La solubilité unique des poudres de lactosérum concentré leur permet d'être utilisés dans les boissons, jus de fruits, sodas, vins, apéritifs etc. Les protéines de lactosérum concentré sont solubles à faible pH, ce qui ouvre la portes à l'utilisation du PLC comme source de protéines dans les produits tels que confitures de fruits, gelées, boissons gazeuses, jus de fruits. Les produits à base de fruits enrichis en LPC sont très nutritifs. Les concentrés de protéines de lactosérum fonctionnent comme stabilisant et émulsifiant (**Perez-Gago *et al.*, 2005**). Les Jus de fruits et légumes enrichie en lactosérum pourrait servir comme thérapeutique et boisson d'athlétique favorisant la valeur ajoutée. (**Rajoria *et al.*, 2011**).

B. Industrie laitière

La poudre de lactosérum (PL) est aussi utilisée dans plusieurs produits laitiers tels que la crème glacée, les desserts congelés et les préparations de fromage fondu (**Vuillemand, 2015**). Avec une augmentation continue dans le prix du lait écrémé en poudre, les fabricants

de produits laitiers ont commencé à rechercher des substituts solides du lait non gras moins chers et les protéines de lactosérum sont la réponse appropriée (**Taylor et Walsh, 2002**).

C. Glaces et crèmes glacées

Le concentré de protéines de lactosérum a été utilisé pour remplacer les solides du lait non gras dans une variété de formulations de mélanges de crème glacée (**Yilsay et al., 2006**).

D. Confiserie

Le lactosérum remplace le lait car il est moins coûteux que les produits laitiers utilisés en confiserie. Il doit avoir un goût lacté sucré franc, ainsi qu'une perception saline modérée (**MARION, 2006**).

E. Les Protéines de lactosérum dans les pelliculages:

Au cours des dernières décennies, un intérêt accru s'est porté sur l'application de films à base de protéines dans la protection des aliments et d'autres produits nutritifs. Ces films sont conçus comme des enrobages comestibles, capables d'être digérés dans le tractus gastro-intestinal humain et biodégradable dans la nature. Avec le type actuel de films, l'utilisation extensive de films synthétiques les matériaux d'emballage non biodégradables peuvent être évités. Protéines de lactosérum natives et modifiées comme matériaux de pelliculage pour les formes posologiques pharmaceutiques solides et leur applicabilité dans les procédés de pelliculage pharmaceutique n'ont pas été décrits dans l'art. A ce jour, l'utilisation des protéines de lactosérum dans un aliment film principalement ciblé comme support d'agent antimicrobien (**Molayi et al., 2018 ; Aguilar et al., 2017 ; Pérez-Gago et Krochta, 2012 ; Gadang et Hettiarachchy, 2008 ; Seydim, et al., 2006 ; Anker et al., 2002**) et comme barrière protectrice pour améliorer la durée de conservation des aliments (**Schmid et al., 2012 ; Di Pierro, et al., 2011**). Les protéines de lactosérum natives conventionnelles sont considérées comme de bonnes barrières contre l'oxygène à basse et intermédiaire humidité relative et avoir de bonnes propriétés mécaniques, mais leur barrière contre la vapeur d'eau peut être remise en cause en raison de leur caractère hydrophile (**Cisneros Zevallos et al., 2003 ; Anker et al., 2002**).

F. Boulangerie

Les produits de boulangerie à base de lactosérum ont été développés ces dernières années par l'utilisation des protéines de lactosérum comme substituant d'œuf et/ou lait écrémé en poudre. C'est considéré comme ingrédient potentiel pour l'industrie de la boulangerie

compte tenu de leurs caractéristiques fonctionnelles souhaitables et leur valeur nutritive. (Kumar *et al*; 2018).

G. Alimentation infantile

Le lactosérum permet en effet de retrouver l'équilibre protéique (rapport caséines/ protéines sériques) du lait maternel, ainsi que les taux des minéraux et de lactose présents dans ce dernier (Belhout *et Belkaid*, 2015).

H. Conserves alimentaires

Leroy(1997) a démontré que le lactosérum acidifié par fermentation à 2.6% d'acide lactique, peut être utilisé comme conservateur des conserves alimentaires, concombres, et betteraves rouges, légumes, verts... conservant leur coloration qu'ils possèdent à l'état frais, ainsi que leur fermeté et leur goût.

6.3. En biotechnologie

6.3.1. Comme substrat de fermentation

Les procédés de fermentation microbienne sont considérés comme les alternatives les plus profitables pour la valorisation du surplus de perméat du lactosérum (Panesar *et Kennedy*, 2012; Siso, 1996). En effet, beaucoup de technologies ont été développées en se basant sur l'utilisation du perméat C'est quoi comme substrat pour la culture et la production de plusieurs souches microbiennes ainsi que leurs bioproduits. En effet, son contenu en lactose représente une source de carbone de choix pour les microorganismes capables de l'assimiler. De même, son contenu en minéraux et en vitamines est susceptible de soutenir la croissance de plusieurs microorganismes. Il est très courant qu'une supplémentation du perméat en sources d'azote, en facteurs de croissance ou en éléments traces soit requis afin d'empêcher tout risque de limitation pouvant engendrer des rendements et des productivités non optimales, avec des répercussions économiques conséquentes (Ugalde *et Castrillo*, 2002).

- **Bioéthanol**

Le bioéthanol s'est imposé comme une alternative potentielle et carburant d'avenir respectueux de l'environnement (carburant vert). Depuis il ne produit aucune émission toxique à la combustion, le bioéthanol s'avère efficace pour diminuer la pollution de l'air et réduire le réchauffement climatique. Par conséquent, sa production est renforcée par des incitations législatives partout dans le monde. En 2007, plus de 95 % d'éthanol acquis aux USA ont été

produits du maïs, et les 5 % excédentaires provenaient du blé et de l'orge ou des déchets agro-industriels (sérum de fromage et certaines restes des boissons) (Sharma *et al.*, 2018). Pour prévenir le manque de cultures vivrières ou d'atouts ruraux, tout comme pour atténuer l'impact environnemental des activités industrielles et déchets agricoles, diverses stratégies de production de bioéthanol ont été développées basées sur la mise en œuvre de cultures agricoles et divers déchets agro-industriels. Parmi ces déchets, le lactosérum s'est imposé comme un substrat approprié pour production de bioéthanol en raison de sa forte charge organique et de son fort potentiel polluant. Bien que la conversion du lactose et d'autres constituants du lactosérum en bioéthanol est à peine compétitif par rapport aux technologies actuelles utilisant la canne à sucre, le maïs l'amidon ou utilisant la biomasse lignocellulosique comme matière première, la bioconversion du lactosérum en éthanol attire l'attention. La fermentation directe du lactosérum n'est pas économiquement raisonnable en raison de la faible teneur en lactose et faible rendement en bioéthanol (2–3 %), leader à des investissements en capital élevés dans la distillerie. le meilleur rendement peut être obtenu en fermentant le lactosérum avec une teneur élevée en lactose, c'est-à-dire un lactosérum concentré par ultrafiltration et/ ou osmose inverse. La souche industrielle conventionnelle de *Saccharomyces cerevisiae* est dépourvue d'enzymes de dégradation du lactose. le lactose doit être hydrolysé enzymatiquement avant la fermentation alcoolique par *Saccharomyces cerevisiae* (Sharma *et al.*, 2018). En revanche, les souches de *Kluyveromyces marxianus* ont la capacité de métaboliser le lactose et sont des souches de levure couramment utilisées pour la fermentation du lactose en bioéthanol (Gabardo *et al.*, 2014)

Gabardo *et al.* (2014) a déclaré que la fermentation continue, lorsque les cellules de *K. marxianus* sont immobilisées dans l'alginate de calcium, améliore le rendement d'éthanol, atteignant une productivité de 6,97 g/(L·h). Sampaio *et al.* a étudié la capacité de *K. lactis* à fermenter le lactosérum de fromage et obtenu 15,0 g/L d'éthanol, rendement de 0,47 g/g sur consommation lactose et productivité de 0,31 g/(L·h), correspondant à 87,4 % efficacité fermentaire.

6.3.2. Dans la production des enzymes et des vitamines

Plusieurs acides organiques utilisés en alimentaires (lactique, acétique, propionique, citrique, gluconique), des vitamines (riboflavine et cobalamine), des AA (glutamique, lysine, thréonine) ou encore des enzymes sont produits par fermentation du lactosérum par différents types de microorganismes :

L'acide lactique est produit par conversion du lactose sous l'action de bactéries lactiques telles que *Lactobacillus bulgaricus*.

- ✓ L'acide citrique est en général produit par le champignon *Aspergillus niger* cultivé sur le perméat enrichi en lactose afin de maximiser les rendements de production.
- ✓ La cobalamine (vitamine B12) a été produite par *Propionibacterium shermanii* cultivée sur le lactosérum.
- ✓ L'enzyme la plus produite sur le lactosérum est la β -galactosidase des levures du genre *Kluyveromyces* sp.
- ✓ D'autres procédés ont utilisé le lactosérum comme substrat pour la production de protéases, d'amylases et de polygalacturonases (**Panesar et Kennedy, 2012**).

À partir du lactose, il peut également y avoir obtention d'acide succinique ($C_4H_6O_4$). Il est actuellement majoritairement produit par l'industrie pétrochimique mais il est, de plus en plus, produit par des procédés biotechnologiques, notamment par la fermentation bactérienne du lactose. Actuellement, les deux meilleures souches bactériennes productrices d'acide succinique sont *Actinobacillus succinogenes* et *Mannheimia succiniciproducens* (**Bardy et al., 2016**).

Le procédé peut être séparé en plusieurs étapes. Tout d'abord, la fermentation en elle-même puis la récupération de la molécule d'intérêt, sa concentration et sa purification. Pour cela, il existe plusieurs méthodes telles que l'électrodialyse, la précipitation sous forme de sels (suivi d'une filtration) et l'extraction à base d'amines tertiaires hydrophobes. L'acide succinique est utilisé particulièrement dans l'industrie alimentaire, pharmaceutique, additifs pour stimuler la croissance des animaux et plantes (**Bardy et al., 2016**).

6.4. Utilisations du lactosérum traité

L'un des développements les plus significatifs de l'industrie laitière concerne la transformation du lactosérum en des nombreux dérivés, dont les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles intéressent différents secteurs de l'industrie agroalimentaire, en dermatologie et en cosmétologie. Le diagramme illustré dans la figure 2 résume les différents procédés utilisés dans le traitement du lactosérum et montre les produits finis obtenus.

6.4.1. Utilisations du lactose

- ✓ *Industries chimiques* : l'utilisation du lactose par ces industries a été mise au point dans les années 70, où un procédé original de fabrication d'écumes de polyuréthane a

connu une réussite importante. Ces écumes sont largement utilisées dans la construction, l'isolation thermique et phonique et la fabrication des emballages (**Bardy et al., 2016**).

- ✓ *Industrie pharmaceutique* : elle utilise de grandes quantités de lactose raffiné comme charge dans la préparation de nombreux médicaments. En effet le lactose est considéré comme l'un des glucides les mieux adaptés à la préparation des milieux de fermentation destinés au développement des moisissures dans la fabrication des antibiotiques (**Harper, 1992**).
- ✓ *Industries alimentaires* : les industriels diversifient de plus en plus les débouchés du lactose en industrie alimentaire, notamment en charcuterie, confiserie, boulangerie, biscuiterie et pâtisserie ; dans la fabrication des chips et des pommes de terre frites pour favoriser les réactions de brunissement et de caramélisation (**Hoppe et Higgins, 1992; Sottiez, 1990**).
- ✓ *Autres utilisations* : le lactose peut être utilisé en aliment pour enfant et destiné à remplacer le lait maternel.

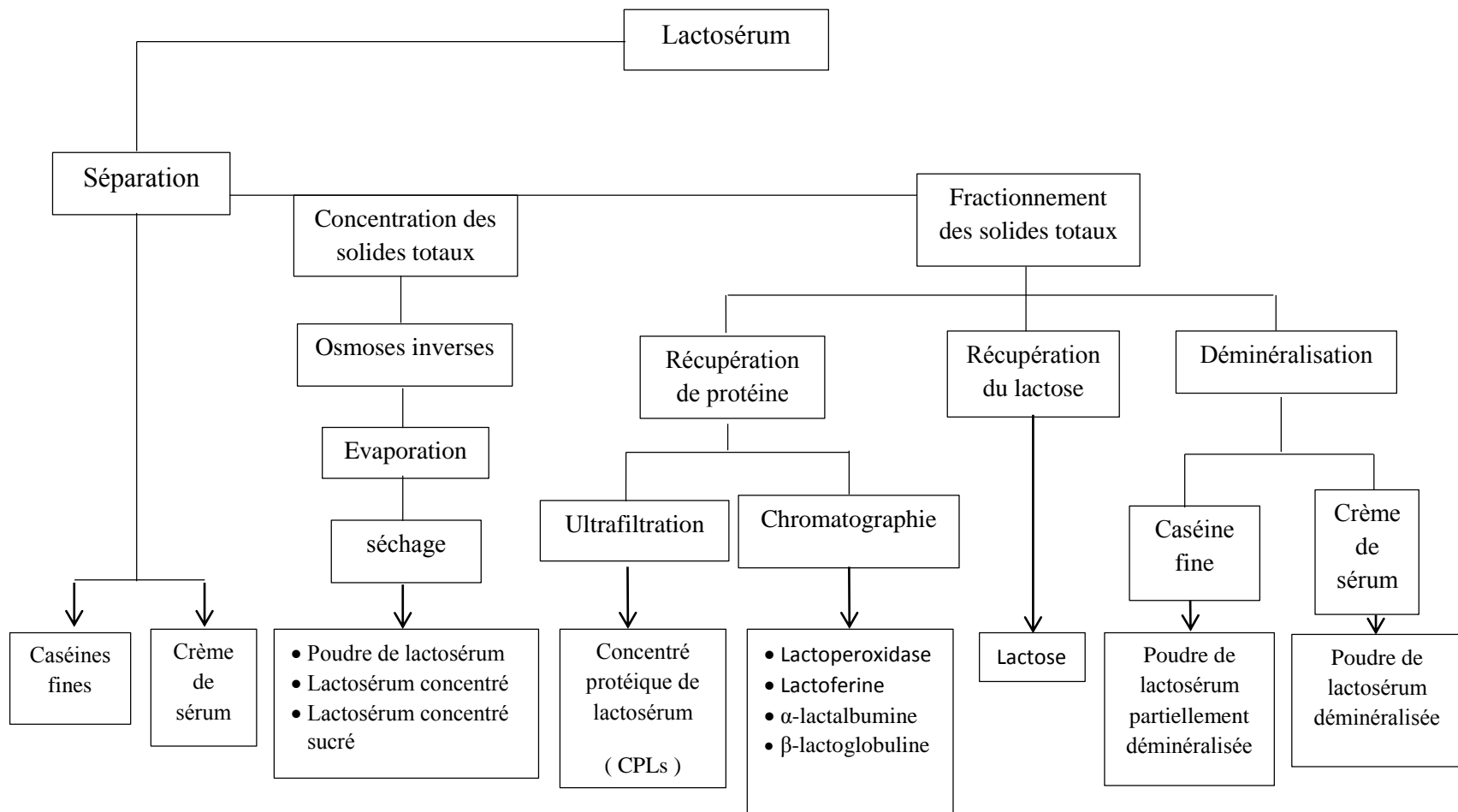


Figure 2. les produits finis résultants des différents procédés industriels appliqués au lactosérum (**Dairy processing handbook,1995**)

6.4.2. Utilisations des protéines

En industrie pharmaceutique, la lactoferrine et la lactoperoxidase, possédant des propriétés antibactériennes, sont utilisées pour fabriquer différents produits de désinfection utilisés en oto-rhino-laryngologie, comme les solutions pour bain de bouche, les pastilles pour la gorge et les dentifrices (**Bardy et al., 2016**).

La β -lactoglobuline peut remplacer le sérum de veau fœtal dans la culture de cellules d'hybridomes de souris avec des résultats satisfaisants tant en croissance qu'en production d'anticorps, avec un prix de revient beaucoup moins cher (**Capiaumont et al., 1994**).

L α -lactalbumine possède la propriété de lutter contre la déficience hormonale en sérotonine, puisqu'elle contient dans sa chaîne, en 4 exemplaires, un acide aminé rare, le tryptophane, qui rentre dans la composition de la sérotonine (**Cosenza et al., 2003**) ou généralement pour tous ceux qui pour une raison quelconque (ablation partielle de l'intestin, maladie immunodéficiente, syndromes allergiques...) ne peuvent s'alimenter normalement, l'INRA (France) a mis au point, à partir du lactosérum, une solution nutritive composée uniquement de petits fragments protéiques, directement assimilables par l'organisme pour synthétiser les protéines dont il a besoin (**Maubois, 1984**). Les protéines du lactosérum sont utilisées dans les laits infantiles pour augmenter le taux des protéines sériques (plus élevé dans le lait maternel que dans le lait de vache) (**Fukumoto et al., 1994**). Elles sont utilisées dans le monde du conditionnement physique et "bodybuilding", car ces protéines jouent un grand rôle dans la construction des fibres musculaires qui ont subi des micro-déchirures lors de l'entraînement (**FAO, 1995**).

En industrie alimentaire Les propriétés nutritionnelles et fonctionnelles des protéines du lactosérum ont rendu son utilisation possible dans de nombreux domaines de l'industrie agroalimentaire, (Tableau07) en particulier en tant que texturant, foisonnant ou ingrédient nutritionnel (**Damodaran, 1997; Moletta, 2002**).

Tableau 06: Application des protéines de lactosérum (**Linden and Lorient-Biochimie agro-industrielle, 1994**).

Produits	Fonctions
Produits de boulangerie-biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec gluten)
Pâtes alimentaires	Apport protéique, texture
Pâtisserie (meringue, génoise)	Emulsifiant, moussant, rétention d'eau, Gélifiant
Confiserie (caramel, nougats ...= Chocolat au lait	Emulsifiant, arôme, texture, dispersibilité
Potages, sauces	Epaississant (interaction avec amidon), Emulsifiant
Plats cuisinés	Epaississant, émulsifiant, rétention d'eau
Farines lactées	Apport protéique, solubilité
Boissons lactées ou fruitées	Soluble à chaud ou / et pH acide Epaississant
Aliments diététiques et infantiles (alimentation entérale)	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondus	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
« imitationcheese,dip » , pâtes à tartiner, coffee whitener, crèmes glacées	Emulsifiant, épaississant
Crèmes desserts, flans, yaourts	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
Produits carnés (saucisse, pâtes, hamburgers)	Emulsifiant, épaississant, liant, gélifiant, rétention d'eau et de matières grasses

7. Différentes formes d'utilisation du lactosérum

7.1. Poudre de lactosérum douce

Elle est fabriquée en faisant sécher le lactosérum frais sans la matière grasse du lait pendant la préparation du cheddar, de la mozzarella, ou des autres fromages fabriqués principalement avec des enzymes de présure (**Nasrallah, 2005**).

7.2. Poudre de lactosérum acide

Elle est fabriquée en faisant sécher le lactosérum frais obtenu à partir du cottage, de la ricotta ou des autres fromages frais fabriqués principalement par la coagulation acide. Elle adonc un goût plus acide que la poudre douce (Nasrallah, 2005).

7.3. Poudre de lactosérum déminéralisé

Elle est faite à partir de lactosérum dont on a enlevé de façon sélective la plupart des minéraux (30 à 90 %) (Nasrallah, 2005).

7.4. Poudre de lactosérum sans lactose

Elle est faite à partir de lactosérum dont la majorité du lactose a été retiré par cristallisation, en laissant la matière première (Nasrallah, 2005).

7.5. Concentré de protéines sériques

Elle est la partie sèche du petit-lait obtenu par l'élimination des constituants non protéiques suffisants à partir de lactosérum de sorte que le produit sec ne contient pas moins de 25% de protéines (Nasrallah, 2005).

Selon le même auteur, on utilise principalement la poudre de lactosérum dans les produits de boulangerie, les aliments et les pâtes de fromage fondu, les desserts congelés, les sauces, les viandes émulsifiées, les vinaigrettes, les confiseries, les sauces au jus de rôti, les grignotines et les boissons, moins coûteuse que la poudre de lait, elle tend à la remplacer au moins en partie

Chapitre III

Boisson au lactosérum

1. Généralité

Depuis la Grèce antique, le lactosérum a été consommé pour ses effets thérapeutiques et bénéfiques dans la prévention de maladies comme l'arthrite, l'anémie et les problèmes de foie (**Prendergast, 1985**). Dans le domaine des boissons, l'utilisation du lactosérum a été largement exploitée. Par exemple, le lactosérum a été ajouté à des boissons à base d'alcool, comme la bière ou le vin, Mais aussi à des boissons sans alcool (gazeuses ou non) comme les jus aromatisés ou les boissons aux fruits. Bien que le lactosérum soit reconnu pour son pouvoir désaltérant, son Addition à des boissons vise généralement un objectif nutritionnel. En effet, le lactosérum Contient des protéines d'excellente qualité nutritive et il est riche en certains minéraux et vitamines. La présence de ces éléments dans le lactosérum en fait donc un produit hautement nutritif (**Jelen et al., 1987**).

Dans les boissons, le lactosérum est additionné sous différentes formes selon les traitements appliqués au produit: lactosérum brut, en poudre, déprotéiné ou déminéralisé, concentrés de protéines ou ingrédients hydrolysé (**Swartz, 1995**).

2. Différentes boissons à base de lactosérum

D'après **Rolland(1999)**, la consommation de boissons à base de lactosérum est en forte croissance dans certains pays d'Europe, notamment en Suisse, en Allemagne, aux Pays-Bas et en Autriche. De façon générale, ces boissons contiennent des proportions de lactosérum brut variant de 33% à 80%.

2.1. Boissons au lactosérum à base de jus de fruits

Mélanges de jus de fruits et de lactosérum brute ou déprotéiné ou des perméats (Ultra Filtré) sont les types de boissons au lactosérum les plus fabriquées.

Les deux principaux ingrédients de base sont généralement le lactosérum liquide et jus de fruit liquide ou, plus probablement, concentré de jus de fruit. Les arômes utilisés dans ces boissons comprennent le plus souvent des agrumes (principalement orange, suivi par le citron, rarement le pamplemousse), ainsi que la mangue, le fruit de la passion, la poire, la pomme, combinaisons de fraises, de framboises ou de jus de fruits avec descriptif exotique puisqu'ils ont fait leurs preuves d'être très efficace pour masquer

l'odeur indésirable du lait cuit et saveur aigre-salée du lactosérum frais (**Duric et al., 2004**). Le lactosérum acide est recommandé, car il est compatible avec la nature et la saveur acide des fruits (**Ozer et al., 2010**). Ces boissons peuvent être des alternatives aux jus de fruits sains en raison de leurs propriétés de bonne source de vitamines ou de minéraux (**Jelen, 2010**). Les ajouts de baies connus comme une bonne source de fer et les antioxydants se sont avérés très utiles. Le meilleur exemple est une boisson au lactosérum aromatisée par addition de concentré de fraise et enrichi de bisglycinate ferreux. La consommation à long terme de cette boisson a permis de réduire la prévalence de l'anémie chez les enfants et les adolescents (**Miglioranza et al., 2003**).

Les boissons à base de poires avaient une tendance à sédimenter. Pour surmonter le problème de sédimentation, une autre étude a démontré qu'il était possible de stabiliser un mélange de lactosérum (chauffé) et de jus de poire par ajout de sucre et de pectine hautement méthylée (**Baccouche et al., 2013**). **Gad et al. (2013)** ont obtenu une boisson à base de lactosérum, mangue, huile de lin et pectine montrant très peu de sédimentation, avec d'excellentes qualités organoleptiques, une faible viscosité et une richesse en omega-3. Cependant, d'autres types de boissons, comme dans le cas de boissons obtenues avec du lactosérum et du cassis (*Ribes nigrum*) ont montré des problèmes de goût et d'odeur (**Jaworska et al., 2011**) et que le cassis n'était pas capable de masquer les saveurs non désirées des boissons de lactosérum. **Djurić et al. (2004)** rapportent que, selon la littérature, les saveurs d'orange et d'agrumes sont des concentrés / fruits à favoriser. Selon une autre étude, le lactosérum a été utilisé avec succès pour développer une boisson aux fruits à base d'orange avec du sucre. Cette boisson présentait des qualités sensorielles et propriétés nutritionnelles et bonne stabilité au stockage (**Chatterjee et al., 2015**). Un substrat à base de plantes pour les probiotiques des boissons non lactières a été préparé à partir de feuilles de pilon (*Moringa oelfera*) et jus de betterave fermenté par *Lactobacillus plantarum* et *Enterococcus hirae*. La nouvelle boisson combinait l'activité antibactérienne des feuilles de *Moringa* avec l'activité antioxydante de jus de betterave (**Vanajakshi et al., 2015**)

2.1.1. Problèmes rencontrés dans l'incorporation du lactosérum dans les boissons à base de jus de fruits

Chavan *et al.* (2016) ont rapporté que les problèmes majeurs rencontrés généralement durant l'incorporation du lactosérum dans les boissons à base de jus de fruits sont :

1. Cristallisation du lactose lors du stockage à température de réfrigération;
2. Coagulation des protéines de lactosérum durant le traitement thermique;
3. Une viscosité plus élevée des concentrés affecte l'efficacité du traitement thermique;
4. Durée de conservation courte à température ambiante;
5. La teneur élevée en minéraux du lactosérum est responsable d'effets indésirables saveur aigre-salée du lactosérum.

2.1.2. Raisons d'utilisation du lactosérum dans les boissons

Chavan *et al.* (2016) ont rapporté que malgré les limites de l'utilisation du lactosérum dans la fabrication des boissons, le lactosérum est utilisé en plus grandes quantités pour les raisons suivantes :

- Le lactosérum a une large gamme de solubilité, c'est-à-dire de pH 3 à 8
- Il peut agir comme support pour les composés aromatiques.
- Pouvoir tampon du lactosérum peut être explorée pour la survie des probiotiques bactéries dans le tractus gastro-intestinal.
- L'ajout du lactosérum améliore la "sensation en bouche" de la boisson en augmentant la viscosité de la boisson.
- Le lactosérum peut également être utilisé pour résoudre les problèmes liés au trouble des jus de fruits tropicaux et produire un jus stable.

2.1.3. Exemple d'une procédure de préparation du boisson à base de lactosérum

Une étude a été réalisée en 2010. Les matières premières telles que le lait bicolore (marque Vita), la banane, la *Mentha arvensis* (feuilles vertes) et le sucre ont été achetés sur le marché local (**Ritika et al.,2010**).

A. Préparation du jus de fruit

Les fruits mûres subissent des différents nettoyages tels que: lavage, pelage et le dépulpage puis un préchauffage à 65°C pendant 30 min (**Roy et al., 1991**). La pulpe a été pressée à travers un tissu de mousseline pour en extraire le jus. Le jus de fruit (banane) a été conservé à une température de réfrigération ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) jusqu'à son utilisation. (**Ritika et al.,2010**)

B. Préparation d'extrait de lactosérum et de menthe

Le lait a été chauffé à 84°C. Le lait chaud a été acidifié par l'ajout d'acide citrique (2 %) suivi d'une agitation continue entraînant une coagulation complète des protéines du lait (caséine). Le liquide (lactosérum) a été filtré à l'aide d'un tissu de mousseline. L'extrait de *Mentha* a été préparé à partir de feuilles fraîches. Les feuilles ont été lavées, broyées dans un broyeur mélangeur et filtrées à l'aide d'un tissu de mousseline. (**Ritika et al.,2010**)

C. Préparation de boissons WBBH

Des boissons à base de bananes et d'herbes de lactosérum (WBBH) ont été préparées avec l'ajout d'extrait de *Mentha* selon la méthode suivie par **Sirohi et al. (2005)**. Pour la préparation de 100 ml de boisson à base de plantes, une quantité de lactosérum a été ajoutée à 10 ml de jus de banane et 0 à 4 % d'extrait de *Mentha*. Le lactosérum, le jus de banane et le sucre ont été mélangés dans les quantités précédemment données, préchauffés à 45°C avant de mélanger l'extrait de *Mentha* (Fig. 3) (**Ritika et al., 2010**).

D. conditionnement

Les boissons obtenues ont été filtrées et versées dans des bouteilles en verre pré stérilisées (200 ml) et scellées (**Ritika et al., 2010**).

E. La pasteurisation

La pasteurisation des bouteilles remplies a été effectuée dans de l'eau bouillante pendant 30 min (**Lal et al., 1998**) et refroidie à température ambiante.

F. stockage

Dans des bouteilles contenant la boisson sont stockées à température de réfrigération ($7\pm 1^{\circ}\text{C}$) (**Ritika et al., 2010**)

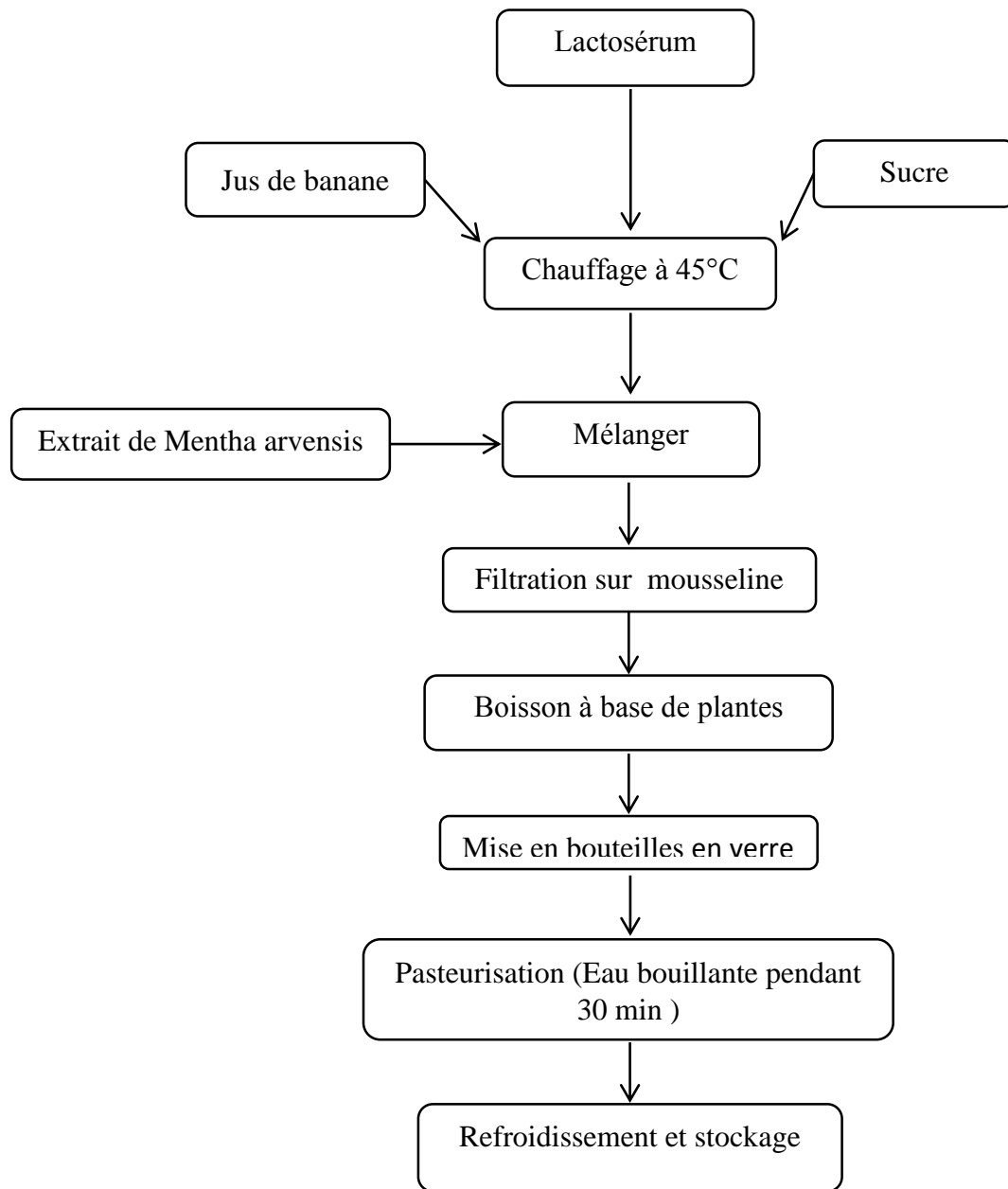


Figure 3 : Schéma représentatif du procédé de préparation de la boisson à base de lactosérum WBBH (Ritika *et al.*, 2010)

2.2. Boissons laitière fermenté à base de lactosérum

Les boissons laitières fermentées sont considérées comme bonnes pour la santé en raison de leur haute valeur nutritionnelle et de leur faible valeur énergétique. Il y a une tendance croissante pour ce groupe de produits en particulier en Europe, en Amérique du Nord et dans les pays d'Asie-pacifique et les consommateurs sont conscients de la nécessité d'adopter des modes de vie plus sains (**Gallardo-Escamilla et al., 2005; Liutkevičius et al., 2016**).

L'étude réalisée par **FORKWA (2017)** a permis le développement d'une nouvelle boisson laitière fermentée à base de lactosérum aux propriétés organoleptiques attrayantes. D'autres caractéristiques recherchées pour ces boissons étaient une concentration élevée en protéines, une haute teneur en probiotiques et sans additif (ni sucre, ni polysaccharides, ni colorants, ni arômes artificiels). Ces boissons auraient donc un effet bénéfique potentiel sur la santé cardiovasculaire, le poids corporel et le bien-être des consommateurs. Des boissons contenant 10% de protéines de lactosérum ont été fabriquées par fermentation de concentré de protéines de lactosérum (CPL) et/ou isolat de protéines de lactosérum (IPL). Dix CPL et deux IPL ont été évalués pour leur aptitude à la fermentation lactique. Sept ferments thermophiles et 2 souches probiotiques ont été utilisés. L'impact et la stabilité des ferments et des probiotiques, la post acidification ainsi que les propriétés organoleptiques ont été évalués. Les conditions de fermentations ont été optimisées afin de générer des produits ayant au moins 1 à 10 milliards de probiotiques par portion. Ce travail a permis de développer des boissons fermentées (de type yogourt à boire) contenant 10% de protéines de lactosérum et 2 milliards de bactéries probiotiques par mL, et ce, uniquement à partir de dérivés de lactosérum. Par portion de 100 mL, ces boissons contiennent 200 milliards de probiotiques et seraient considérées comme les produits les plus riches en probiotiques sur le marché québécois.

2.3. Boissons gazeuses désaltérantes à base de lactosérum

De nos jours, certains auteurs ont suggéré l'ajout de CO₂ combiné avec des fruits ajoutés pour surmonter la saveur indésirable et odeur de lait cuit (**Bylund, 1995**). Le produit représentant ce type de boisson au lactosérum est la « *Rivella* » suisse.

Rivella est une infusion d'herbes alpines pétillante et cristalline, elle est apparue au début en Suisse en 1952 (**Anonyme, 1960**). *Rivella* a été préparé par fermentation de lactosérum déprotéiné avec des bactéries lactiques, filtrer et condenser en un concentré 7:1, avec addition du sucre et des arômes, refiltrer, diluer et carbonater, à la fin, le produit a été mis en bouteille et pasteurisé. La boisson présente les caractéristiques finales suivante 9,7 % matière sèche, 0,125 % azote total et pH était d'environ 3,7 (**Barth, 2001**).

D'autres boissons comme *Bodrost*, une boisson alcoolisée semblable à la bière fabriqué en Russie à partir de lactosérum pasteurisé et clarifié avec l'ajout de sucre et raisins secs (**Len'kov, 1969**). *Tai* du Brésil est une boisson gazeuse enrichie du concentré de protéines de lactosérum pour contenir 1,5% de protéines. D'autres boissons à base de lactosérum déprotéiné) vendues en Europe incluent *Big MR*, *Frusighur* (Allemagne) et *Taksi* (Hollande) (**Chavan et al., 2016**). L'une des dernières variantes du *Rivella* est la boisson « *Rivella-vert* » qui a été développée en utilisant des extraits de plantes de thé vert et qui présente une valeur nutritionnelle améliorée. Un produit similaire a été développé par la grande distribution alimentaire suisse : *le géant Migros* (**Chavan et al., 2016**).

2.4. Boissons énergétiques

Les boissons pour sportifs généralement ne contiennent pas de caféine et peuvent être consommés avant ou pendant l'activité physique, elles procurent une excellente alternative à l'eau pour les athlètes car elles empêchent la déshydratation (**Higgins et al., 2010, Heckman et al., 2010**). La majorité des boissons pour sportifs sont formulé pour fournir des glucides et des électrolytes (tels que sodium, potassium, calcium, magnésium) pour l'absorption des liquides et l'énergie. De plus, certaines boissons pour sportifs peuvent contenir protéines et vitamines et autres nutriments (**Heckman et al., 2010**).

Généralement l'apport en protéines recommandé pour les athlètes est d'environ 1 g (entraînement général) et 2 g (charges d'entraînement intenses, adolescents en une poussée de croissance, renforcement musculaire) de protéines/kg de poids corporel par jour (**Volpi et al., 2003**). De nombreuses boissons pour sportifs contiennent une

combinaison de glucose, polymères de fructose, de saccharose et de maltodextrine/glucose (**Chavan *et al.*, 2015**). De plus, les athlètes consomment les protéines de lactosérum de chaîne ramifiée pour sa riche teneur en acides aminés ; constituants importants pour la synthèse des protéines et la croissance musculaire pendant la période de récupération après exercice d'endurance (**Volpi *et al.*, 2003**).

2.5. Boisson alcoolisées

Le lactosérum pourrait être utilisé pour la production de boissons alcoolisées du fait que son constituant principal du contenu solide est le lactose (~70%). Les boissons alcoolisées à base de lactosérum peuvent être classées en boissons à faible teneur en alcool ($\leq 1,5\%$), bière de lactosérum (**Jeličić *et al.*, 2008**) . Le lactosérum utilisé pour la production de bière peut être combiné avec le moût dans des proportions variables ou peut être fermenté seul (**Jeličić *et al.*, 2008**). Un exemple de bière au lactosérum est la marque anglaise "**The Blue Brew**", dans laquelle une partie du moût est remplacée par lactosérum un dérivé de la production de fromage Stilton (**Jeličić *et al.*, 2008; Chavan *et al.*, 2015**).

Pour les boissons de type vin, le lactosérum déminéralisé et déprotéiné est utilisé (**Kosikowski , 1979**). En particulier, la production de vin au lactosérum peut être rapporté après la déprotéinisation du lactosérum par chauffage à 82°C pendant 5 minutes, environ 22 % de dextrose a été ajoutée, la quantité de sucre dépend de la quantité d'alcool désirée dans le vin, la fermentation a été effectuée pendant sept jours à température ambiante (22-25°C) en utilisant la levure *Saccharomyces cerevisiae* var. ellipsoïde (**Papademas *et Kotsaki.*, 2019**).

3. Altérations des boissons

La qualité des aliments se détériore normalement pendant le stockage. Les changements de la qualité peuvent être le résultat d'effets conjugués de facteurs chimiques, physique et même microbiologiques. La qualité initiale de l'aliment, sa composition, les conditions de stockage (température, lumière, humidité relative etc.) et l'emballage favorisent différentes modifications (**Varsany *et Sompariat.*, 1990**).

3.1. Altérations de la qualité microbiologique

La qualité microbiologique caractérisé un risque pour la santé du consommateur, et présente deux aspects :

- **La qualité hygiénique** : un produit altéré conduit à des intoxications alimentaires plus au moins graves selon la nature et nombre de micro-organismes mis en cause (**Bourgeois et Leveau, 1980**).
- **La qualité marchande** : une altération de la qualité commerciale modifie les caractéristiques organoleptiques du produit. Cette altération se produit généralement plus lentement au cours du stockage et rend le produit non commercial (**Bourgeois et Leveau,1980**)

3.2. Altérations de la qualité organoleptique

Les propriétés organoleptiques ou sensorielles d'un produit peuvent être définies comme l'ensemble de ses caractéristiques perçues et évaluées par les sens d'un consommateur ou d'un expert, qui donne lieu à l'établissement d'un profil sensoriel (**Bathelot, 2016**). Ces caractéristiques se modifient graduellement au cours du temps dans la plupart des cas, suite à des phénomènes d'oxydation ou d'évaporation des constituants volatils (**Costanzo, 2008**). Les principaux éléments contribuant à la qualité organoleptique sont:

- a) **La couleur**, qu'est définie dans un espace à trois dimensions, à savoir la teinte (rouge, bleu, vert, jaune, rose, etc.), la luminosité (clair-foncé) et la saturation (couleur vive ou plutôt terne, grisâtre) (**Bauer et al., 2010**).
- b) **La texture**, qu'est l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de structure d'un produit alimentaire, qui peut être sentie avec les doigts, la langue, le palais, ou les dents (**Vaclavik et al., 2008**).
- c) **L'odeur**, qu'est définit selon **ISO 5492, 2008** comme « la propriété organoleptique perceptible par l'organe olfactif en flairant certaines substances volatiles », ce qui correspond à la voie nasale directe.

d) *La saveur*, définie comme étant la sensation perçue par les papilles de la langue (Delacharlerie *et al.*, 2008), lorsqu'il est stimulé par certaines substances solubles (ISO 5492, 1995), qui sont des molécules chimiques en solution dans la salive.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Aujourd'hui, les sous-produits des industries agro-alimentaires constituent une problématique de pollution majeure ainsi que des pertes économiques élevés.

La valorisation de ces coproduits est devenue une exigence actuelle et ceci pour des raisons économiques et pour un souci de protection de l'environnement. Le lactosérum est un des rejets principal des unités laitières, qui représente le 1/3 des effluents.

Le lactosérum est de plus en plus reconnu dans le monde comme une matière noble et non comme un simple flux de déchets. C'est un substrat abondant, renouvelable et à faible coût, mais qui nécessite une gestion adéquate. Il existe différentes voies de valorisation qui permet l'exploitation de ce sous-produit. Il peut être utilisé dans différents domaines. En effet, les possibilités de mise en valeur du lactosérum semblent nombreuses selon les différents produits dérivés.

Notre recherche bibliographique a permis de montrer l'importance et la nécessité de développer de nouvelles technologies pour la valorisation du lactosérum car il présente des avantages nutritionnels, thérapeutiques et économiques importants du fait de sa richesse en nutriments essentiels (protéines, lactose, minéraux et vitamines). Dans le domaine des boissons, l'enrichissement des boissons par le lactosérum permet de leurs conférer une excellente qualité nutritive et constitue l'une des solutions pour réduire son impact néfaste sur l'environnement.

Références

Références bibliographiques

A

Adrian, R. J. (1991). Particle-imaging techniques for experimental fluid mechanics. *Annual review of fluid mechanics*, 23(1), 261-304.

Agnes N. 1986- Production des protéines à partir de lactosérum brut. Thèse de 3eme cycle, université de Lyon, France

Ahn, W. S., Park, S. J., & Lee, S. Y. (2001). Production of poly (3-hydroxybutyrate) from whey by cell recycle fed-batch culture of recombinant *Escherichia coli*. *Biotechnology letters*, 23(3), 235-240.

ALAIS.C, LINDEN.G, MICLO. L, 2008.Abrégés de biochimie alimentaire 6ème édition, DUNO-Paris. P :260.

Alonso-Fauste, I., Andrés, M., Iturralde, M., Lampreave, F., Gallart, J. et Álava, M.A. (2012). Proteomic characterization by 2-DE in bovine serum and whey from healthy and mastitis affected farm animals. *Journal of proteomics*, 75(10), 3015-3030.

Alvarez-Pérez, O. B., Rodríguez-Herrera, R., Rodríguez-Jasso, R. M., ROJAS, R., AGUILAR-GONZÁLEZ, M. A., & AGUILAR, C. N. (2018). Whey Protein-Based Edible Films: Progress and Prospects. *Research Methodology in Food Sciences: Integrated Theory and Practice*, 245.

Amiot, J., Fournier, S., Lebeuf, Y., Paquin, P., & Simpson, R. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et techniques d'analyse du lait. *Science et technologie du lait*, 1-74.

Anker, M., Berntsen, J., Hermansson, A. M., & Stading, M. (2002). Improved water vapor barrier of whey protein films by addition of an acetylated monoglyceride. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 3(1), 81-92.

Archana, K. (2009). Effect of different temperatures, timings and storage periods on the physico-chemical and nutritional characteristics of whey-guava beverage. *World Journal of Dairy & Food Sciences*, 4(2), 118-122.

Ashutosh Pandey*, **Atul Anand Mishra**, **R.N. Shukla**, **Praveen Kumar Dubey** and **Rahul Kumar Vasant 2019** Development of the Process for Whey Based Pineapple Beverage

B

Bardy, S., Bentz, M., Bussière, T., Chatras, J., Fontaine, L., Gaugler, M., Lechat A., Leugronne, O. & Fick M. (2016). Valorisation du lactosérum. Rapport de projet .Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy, France.

Bardy, S., Bentz, M., Bussière, T., Chatras, J., Fontaine, L., Gaugler, M., Lechat, A. et Lengronne, O. (2016). Valorisation du lactosérum. Rapport de projet. Université de lorraine, ENSAIA, Vandœuvre-lès-Nancy, France.

Barth R (2001) The importance of whey and whey components in food and

Barth, C.A.; Behnke, U. Nutritional physiology of whey and whey components. *Die Nahr.* 1997, 41, 2–12.

Belhout, A., & Belkaid, R. (2015). *Essai de la mise au point d'un yaourt infantile à base du lactosérum* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

Bernardeau M, Gueguen M., Smith DG, Corona-Barrera E., Vernoux JP, (2009).Antagonistic activities of two *Lactobacillus* strains against *Brachyspira*. *Vet Microbiol.* 138(1-2); pp.184-190.

BERRY.D, 2000. Ingredientsfoods. *Dairyfoods.* 101(4), p : 32.

BLAŽIĆ, M., ZAVADLAV, S., KRALJ, E., & ŠARIĆ, G. (2018). Production of whey protein as nutritional valuable foods. *Croatian journal of food science and technology*, 10(2), 255-260..

BOURGEOIS .C-M, LEVEAU.J-V, 1980. Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agroalimentaires. vol 3, le contrôle microbiologique. 2^{ème} édition. Paris : technique et documentation lavoisier. p : 472.

Božanić, R., Barukčić, I., & Lisak, K. (2014). Possibilities of whey utilisation. *Austin Journal of Nutrition and Food Sciences*, 2(7), 7.

C

CANNU. G, JOAO.D.N, CHANIER.A, 2000. Levure industrie alimentaire. Club informatique. Lycée JaufréRudel. P : 1-3. In site : www.perso.wanadoo.fr.

Capiaumont, J., Legrand, C., Dousset, B., Parmentelot, I., Linden, G., Belleville, F., & Nabet, P. (1994). Whey and β -lactoglobulin: 2 milk by-products which can replace fetal calf serum in mouse hybridoma cell culture. *Le Lait*, 74(2), 127-137.

Carter, B. G., Cheng, N., Kapoor, R., Meletharayil, G. H., & Drake, M. A. (2021). Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2465-2479.

Carter, B. G., Cheng, N., Kapoor, R., Meletharayil, G. H., & Drake, M. A. (2021). Invited review: Microfiltration-derived casein and whey proteins from milk. *Journal of Dairy Science*, 104(3), 2465-2479.

Çelik, K. (Ed.). (2020). Whey every aspect. Tudás Alapítvány. Onur Z.Y., Çelik K., Baytekin H. (2020). Dairy wastewater and whey (Chapter 2) In *Whey Every Aspect*. Edited by Prof Dr. Çelik .K. 289 p.

Chatterjee, G., De Neve, J., Dutta, A., & Das, S. (2015). Formulation and statistical evaluation of a ready-to-drink whey based orange beverage and its storage stability. *Revista mexicana de ingeniería química*, 14(2), 253-264.

Chavan R, Shraddha R, Kumar A, Nalawade T. Whey based beverage: its functionality, formulations, health benefits and applications. *J Food Process Technol.* 2015;6(10).

Chavan, R. S., Shraddha, R. C., Kumar, A., & Nalawade, T. (2015). Whey based beverage: its functionality, formulations, health benefits and applications. *Journal of Food Processing & Technology*, 6(10), 1.

Cosenza, G., Gallo, D., Illario, R., Di Gregorio, P., Senese, C., Ferrara, L., & Ramunno, L. (2003). A MvaI PCR-RFLP detecting a silent allele at the goat α -lactalbumin locus. *Journal of dairy research*, 70(3), 355-357.

D

Dairy processing handbook . (1995). Ed. Teknotext AB. Publisher, Tetra Pak Processing Systems AB S-221 86 Lind, Sweden. Chap. 6.4, 15.

Damodaran, S. (1997). Protein-stabilized foams and emulsions. *FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-*, 57-110.

De la Fuente, M. (2002). Effects of antioxidants on immune system ageing. *European Journal of Clinical Nutrition*, 56(3), S5-S8.

Debry et Gerard (2001). Lait, Nutrition et santé. Jean-Pierre Poulin « *Représentation sociales du lait* ». Ed : Tec et Doc. Paris. Lavoisier. 498-38.ISBN: 2-7430-0431-2.

Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, C. V. L., & Porta, R. (2011). Chitosan/whey protein film as active coating to extend Ricotta cheese shelf-life. *LWT-Food science and technology*, 44(10), 2324-2327.

DJAIDJA, C., & LEBIDI, S. (2020). *Evaluation des propriétés physico-chimiques et sensorielles de lait UHT aromatisé par le fruit de jujubier sauvage (Zizyphus Lotus (L.) Lam)* (Doctoral dissertation, UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA).

Djouab, A., & Aïder, M. (2019). Whey permeate integral valorisation via in situ conversion of lactose into lactulose in an electro-activation reactor modulated by anion and cation exchange membranes. *International Dairy Journal*, 89, 6-20.

DOLEXRES. Y, 2003. Production en continu de ferments lactiques probiotiques par la technologie des cellules immobilisées. Thèse de grade de philosophie. Université LAVAL, Québec : p :175.

DRYER J. (2001). La grande diversité du lactosérum. *Dairyfoods*. 102(5), p: 35.

E

Essadaoui, M. (2013). Institut Marocain de l'Information Scientifique et Technique (IMIST). *Hegel*, (2), 151-154.

F

FAO. (1995). *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine* (Vol. 28). Food & Agriculture Org..

FAO-ONU (2017), *production alimentaire : fromage (Algérie).* *Organisation des Nations Unies*.

Fleckinger, R. (1983). Au sujet de l'assainissement des laits dits de retour de laiterie destinés à l'alimentation des animaux. *Bulletin de l'Académie Vétérinaire de France*, 136(3), 323-330.

Fox, P. F., Uniacke-Lowe, T., McSweeney, P. L. H., & O'Mahony, J. A. (2015). Chemistry and biochemistry of cheese. In *Dairy chemistry and biochemistry* (pp. 499-546). Springer, Cham.

Fukumoto, L. R., Li-Chan, E., Kwan, L., & Nakai, S. (1994). Isolation of immunoglobulins from cheese whey using ultrafiltration and immobilized metal affinity chromatography. *Food research international*, 27(4), 335-348.

G

Gabardo, S., Rech, R., Rosa, C. A., & Ayub, M. A. Z. (2014). Dynamics of ethanol production from whey and whey permeate by immobilized strains of *Kluyveromyces marxianus* in batch and continuous bioreactors. *Renewable Energy*, 69, 89-96.

Gadang, V. P., Hettiarachchy, N. S., Johnson, M. G., & Owens, C. (2008). Evaluation of antibacterial activity of whey protein isolate coating incorporated with nisin, grape seed extract, malic acid, and EDTA on a turkey frankfurter system. *Journal of Food Science*, 73(8), M389-M394.

Gallardo-Escamilla, F. J., Kelly, A. L., & Delahunty, C. M. (2005). Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. *Journal of Dairy Science*, 88(8), 2689-2699.

Gallardo-Escamilla, F. J., Kelly, A. L., & Delahunty, C. M. (2005). Sensory characteristics and related volatile flavor compound profiles of different types of whey. *Journal of Dairy Science*, 88(8), 2689-2699.0-258.

GANAS ET TOUZI A. (2001). Valorisation du lactosérum pour la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. CDER, *Rev. Energ. Ren.*, p: 51-58.

Gana, S., & Touzi, A. (2001). Valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue. *Rev. Energ. Ren*, 1, 51-58.

GERARD. B et DEBRY. G, 2001. Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP : 44-55.

Germany.

Ghoddusi, H., & Özer, B. (2014). Microbiology of cream, butter, ice cream and related products. *Dairy Microbiology and Biochemistry—Recent Developments; Ozer, B., Akdemir-Evrendilek, G., Eds*, 245-270.

GOURSAUD Jean 2000 Industries alimentaires et agricoles , vol. 117, no12, p. 27-31

Guimarães, P. M., Teixeira, J. A., & Domingues, L. (2010). Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the valorisation of cheese whey. *Biotechnology advances*, 28(3), 375-384.

Guo, M. (Ed.). (2019). *Whey protein production, chemistry, functionality, and applications*. John Wiley & Sons.

H

Harper, W. J. (1992). Lactose and lactose derivatives in: *Whey and lactose processing*/ed. by Zadow JG.

Heckman, M. A., Sherry, K., & De Mejia, E. G. (2010). Energy drinks: an assessment of their market size, consumer demographics, ingredient profile, functionality, and regulations in the United States. *Comprehensive Reviews in food science and food safety*, 9(3), 303-317.

Higgins, J. P., Tuttle, T. D., & Higgins, C. L. (2010, November). Energy beverages: content and safety. In *Mayo clinic proceedings* (Vol. 85, No. 11, pp. 1033-1041). Elsevier.

Hoppe, G. & Higgins, J. (1992). Demineralization. In: *Whey and lactose processing* (JG Zadow, ed), Elsevier, London. <https://doi.org/10.1080/09593330.2019.1604813> ;–41:3210

Huffman, L. M., & de Barros Ferreira, L. (2011). Whey-based ingredients. *Dairy ingredients for food processing*, 1, 179-198.

I

ILKER E., MUSHSIN C., SEBNEM H. 2006- separation of whey Components by using ceramic composite membranes ; desalination 189.

Ingale, MP, Ranveer, RC, Nagargoje, KD (2009). Développement d'une boisson à base de lactosérum à base de pomme cannelle (*Annona Squamosa L.*). *Boissons Monde alimentaire*. 36y: 43-44.

international Dairy Federation 2017/18. 2017. Belgique <https://www.iso.org>

ISO, NF., 5492., (1995). Analyse sensorielle-Vocabulaire. Contrôle de la qualité des produits alimentaires-Analyse sensorielle, pp27-51.

J

Jauregi, P. et Welderufael, F.T. (2010). Produits protéinés à valeur ajoutée issus du lactosérum. *Nutrafoods*, 9 (4), 13-23

Jeewanthi, R. K. C., Lee, N. K., & Paik, H. D. (2015). Improved functional characteristics of whey protein hydrolysates in food industry. *Korean journal for food science of animal resources*, 35(3), 350.

Jelen P. Whey-based functional beverages. In: Press C, editor. *Functional and Speciality Beverage Technology*. New York: Pierre Paquin. 2009;259-96.

Jeličić, I., Božanić, R., & Tratnik, L. (2008). Whey-based beverages-a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*, 58(3), 257-274.

Jeličić, I., Božanić, R., & Tratnik, L. (2008). Whey-based beverages-a new generation of dairy products. *Mljekarstvo*, 58(3), 257-274.

Juliano P, Clarke P. (2013). Whey utilization in Australia. AusAID PSLP. Workshop 1: 26-31 August 2013.

K

Keri Marshall, N. D. (2004). Therapeutic applications of whey protein. *Alternative medicine review*, 9(2), 136-156.

KHODJA, Zeyneb et YOUSFI, Nadjat. *Etude de différentes voies de valorisation du lactosérum dans l'industrie agroalimentaire.* 2020. Thèse de doctorat. UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF-M'SILA

Kosikowski, F. V. (1979). Whey utilization and whey products. *Journal of Dairy Science*, 62(7), 1149-1160.

L

Lal, G., G.S. Siddappa and G.L.Tandon,1998. Presevation of Fruits and Vegetales. Indian Council of Agricultural Research, New Delhi.

LAPLANCHE J. (2004). Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric*, 36(5), 220-224.

Legarova V, Kourimska L. 2010.Sensory quality evaluation of whey based beverages. *Mljekarstvo*.;60(4):280-7.

Leghlimi H.,2004. Optimisation de la production de la cellulase d'*Aspergillus niger* ATCC 16 404 cultivé sur un milieu à base de lactosérum : *étude comparative entre Aspergillus niger* ATCC 16 404 et *Aspergillus niger* O.Z isolée localement. Thèse de Magistère. Université Mentouri. Constantine.

Len'kov NT (1969) Beverage "Bodrost". *Moloch Prom* 30: 25-28.

LINDEN G ET LORIENT D. 1994. Valorisation des coproduits.la biochimie agro-alimentaire ; (valorisation alimentaire de la production agricole). Masson Paris Milan Bar, Noelone. p :183-194.

LINDEN G. et LORIENT D.,(1994). biochimie agro industrielle; valorisation alimentaire de la Production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.1994

Linden, G., & Lorient-Biochimie agro-industrielle, D. (1994). Valorisation alimentaire de la production agricole.

Linden, L., & Lorient, D. (1994). Biochimie agro-industrielle-Valorisation alimentaire de la production agricole.(ED) Masson. *Paris. Milan. Barcelone, 359p.*

Liutkevičius, A., Speičienė, V., Kaminskas, A., Jablonskienė, V., Alenčikienė, G., Miežilienė, A., ... & Garmienė, G. (2016). Development of a functional whey beverage, containing calcium, vitamin D, and prebiotic dietary fiber, and its influence on human health. *CyTA-Journal of Food*, 14(2), 309-316.

LORIENT. D, 1998. Modification biochimique des constituants alimentaire. Technique de l'ingénieur, traité agroalimentaire. F. 3400, p: 1-20.

LUPIN. D, 1998. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. FAO, *Alimentation et nutrition*. p: 25-38.

M

Madureira, A. R., Pereira, C. I., Gomes, A. M., Pintado, M. E., & Malcata, F. X. (2007). Bovine whey proteins—Overview on their main biological properties. *Food Research International*, 40(10), 1197-1211.

MARION C. (2006). www.ensaia.inpl-nancy.fr

Martínez González, J. L. (2021). Caractérisation métataxonomique du microbiote intestinal dans un modèle porcin nourri avec un régime hyperlipidique composé de fromage cheddar et de beurre.

Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988). Whey—pollution problem and potential utilization. *International journal of food science & technology*, 23(4), 323-336.

Maubois, J. L. (1984). Separation, extraction and fractionation of milk protein components. *Le lait*, 64(645-646), 485-495.

Miglioranza, L. H., Matsuo, T., Caballero-Córdoba, G. M., Dichi, J. B., Cyrino, E. S., Oliveira, I. B., ... & Dichi, I. (2003). Effect of long-term fortification of whey drink with ferrous bisglycinate on anemia prevalence in children and adolescents from deprived areas in Londrina, Paraná, Brazil. *Nutrition*, 19(5), 419-421.

Miller GD (2009) Research leads the whey. Prepared foods.

Minj, S., & Anand, S. (2020). Whey proteins and its derivatives: Bioactivity, functionality, and current applications. *Dairy*, 1(3), 233-258.

Molayi, R., Ehsani, A., & Yousefi, M. (2018). The antibacterial effect of whey protein—alginate coating incorporated with the lactoperoxidase system on chicken thigh meat. *Food Science & Nutrition*, 6(4), 878-883.

Moletta, R. (2002). Procédés biologiques anaérobies.

Morr, C. V. (1982). Functional properties of milk proteins and their use as food ingredients. *Developments in dairy chemistry*, 1, 375-399.

Morr, C. V., & Ha, E. Y. W. (1993). Whey protein concentrates and isolates: processing and functional properties. *Critical Reviews in Food Science & Nutrition*, 33(6), 431-476.

MULLER A., BERNARD C., UZIERIN., GEORGES D. 2003- prepurification of alpha actalbuminewith UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions .lait 83, p :111-129.

nutrition. Proceedings of the 3rd International Whey Conference, Hamburg,

Onwulata, C., & Huth, P. (Eds.). (2009). *Whey processing, functionality and health benefits* (Vol. 82). John Wiley & Sons.

Ouahioune, D., & Louli, F. (2016). *Standardisation du lait de vache: impact de l'enrichissement sur le rendement fromager et les pertes en matières dans le lactosérum d'un fromage à pate molle type camembert fabriqué à la laiterie STLD de Tizi-Ouzou* (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).

P

Panesar, P. S., & Kennedy, J. F. (2012). Biotechnological approaches for the value addition of whey. *Critical reviews in biotechnology*, 32(4), 327-348.

Papademas, P., & Kotsaki, P. (2019). Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *J Adv Dairy Res*, 7(4), 231.

Papademas, P., & Kotsaki, P. (2019). Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *J Adv Dairy Res*, 7(4), 231.

Papademas, P., & Kotsaki, P. (2019). Technological utilization of whey towards sustainable exploitation. *J Adv Dairy Res*, 7(4), 231.

Park, Y. W., Juárez, M., Ramos, M., & Haenlein, G. F. W. (2007). Physico-chemical characteristics of goat and sheep milk. *Small ruminant research*, 68(1-2), 88-113.

Patel S, . Murthy Z. 2011.Waste valorization: recovery of lactose from partially deproteinated whey by using acetone as antisolvent. *Dairy Sci Technol*;91:53-63.

Perez-Gago, M. B. and Krochta, J. M. (2012). Protein-based films and coatings. Edible coatings and films to improve food quality, (Ed). A Gennadias. CRC Press LLC. Newyork.13-77.

Perez-Gago, M. B., Serra, M., Alonso, M., Mateos, M., & Del Río, M. A. (2005). Effect of whey protein-and hydroxypropyl methylcellulose-based edible composite coatings on color change of fresh-cut apples. *Postharvest Biology and Technology*, 36(1), 77-85.

Perotti, M. C., Bernal, S. M., Meinardi, C. A., Candiotti, M. C., & Zalazar, C. A. (2004). Substitution of natural whey starter by mixed strains of *Lactobacillus helveticus* in the production of Reggianito Argentino cheese. *International journal of dairy technology*, 57(1), 45-51.

Pesta, G., Meyer-Pittroff, R., & Russ, W. (2007). Utilization of whey. Dans V.Oreopoulou & W. Russ (Édit.), *Utilization of by-products and treatment of waste in the food industry* (p. 193-207). New York : Springer

Photis Papademas* and Paschalia Kotsaki 2020 Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation p1

Pires, A. F., Marnotes, N. G., Rubio, O. D., Garcia, A. C., & Pereira, C. D. (2021). Dairy by-products: A review on the valorization of whey and second cheese whey. *Foods*, 10(5), 1067.

R

Rajoria, A., Chauhan, A. K., & Kumar, J. (2011). Formulation of tomato juice enriched whey beverage using response surface methodology. *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences*, 30(1), 1-14.

Ranganathan Kumar*, Sulaxana Kumari Chauhan¹ Gokul Shinde· Vijayalakshmi Subramanian and Shanmugam Nadasabapathi Whey Proteins: A potential ingredient for food industry- A review 287

Rerat, A., Lacroix, M., Nunes, C. S., Vaugelade, P., & Vaissade, P. (1984). Absorption intestinale comparee d'un melange d'hydrolysats menages de proteines laitieres et d'un melange d'acides amines libres de meme composition chez le porc eveille. *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 168(3-4), 385-391.

Rolland, M. (1999). *Mise au point d'un hydrolysats enzymatique de protéines de lactosérum pour la fortification protéique d'un jus d'orange*. National Library of Canada= Bibliothèque nationale du Canada, Ottawa.

Rupnar, P. S., Chavan, K. D., Pawar, B. K., & Bhosale, D. N. (2008). Utilization of kokum juice for preparation of paneer whey beverage. *Journal of Dairying, Foods and Home Sciences*, 27(1), 19-25.

Ryan M, Walsh G,2016. The biotechnological potential of whey. *Rev Environ Sci Biotechnol.*;15(3):479-98

S

Sampaio FC, de Faria JT, da Silva MF, de Souza Oliveira RP, Converti A. .2020 Cheese whey permeate fermentation by *Kluyveromyces lactis*: A combined approach to wastewater treatment and bioethanol production. *EnvironTechnol*

Schmid, M., Dallmann, K., Bugnicourt, E., Cordonni, D., Wild, F., Lazzeri, A., & Noller, K. (2012). Properties of whey-protein-coated films and laminates as novel recyclable food packaging materials with excellent barrier properties. *International Journal of Polymer Science, 2012.*

Seydim, A. C., & Sarikus, G. (2006). Antimicrobial activity of whey protein based edible films incorporated with oregano, rosemary and garlic essential oils. *Food research international, 39(5), 639-644.*

Sharma D, Manzoor M, Yadav P, Sohal JS, Aseri GK, Khare ,. 2018.Bio-valorization of dairy whey for bioethanol by stress-tolerant yeast. In: Gehlot P, Singh J, editors. *Fungi and their role in sustainable development: Current perspectives.* Singapore :Springer;. pp. 349–66.

Shugarman, A. E. (2016). Remarkable whey protein. Retrieved 2016-12-05, 2016, from <http://www.nutritionexpress.com/showarticle.aspx?articleid=307>

Sirohi, D., Patel, S., Choudhary, P. L., & Sahu, C. (2005). Studies on preparation and storage of whey-based mango herbal Pudina (*Mentha arvensis*) beverage. *JOURNAL OF FOOD SCIENCE AND TECHNOLOGY-MYSORE, 42(2), 157-161.*

Siso, M. G. (1996). The biotechnological utilization of cheese whey: a review. *Bioresource technology, 57(1), 1-11.*

Smithers, G. W. (2008). "Whey and whey proteins—from 'gutter-to-gold'." *International Dairy Journal 18(7): 695-704.* ALAIS C.H, 1984. *Science du lait : Principes des techniques laitières.* 4^{ème} édition :Sépaic, Paris. P : 21-23, 814.

Sottiez P. 1990- Produits dérivés des fabrications fromagères in : lait et produits laitiers ;vache, brebis, chèvre, Ed Lavoisier, Paris, p: 633.

Sottiez, P. (1985). Produits dérivés des fabrications fromagères. *Lait et produits laitiers, 2, 357-392.*

Sousa, G.T.; Lira, F.S.; Rosa, J.C.; de Oliveira, E.P.; Oyama, L.M.; Santos, R.V.; Pimentel, G.D. (2012). Dietary whey protein lessens several risk factors for metabolic diseases: A review. *Lipids Health Dis*, 11, 67.

Spalatelu, C. (2012). Biotechnological valorisation of whey. *Innovative Romanian Food Biotechnology*, 10, 1.

Swartz, M. L. (1995). Milk proteins and hydrolysates in nutritional foods. *Food Marketing & Technology*, (4), 4-12.

T

Taylor, B. J., & Walsh, M. K. (2002). Development and sensory analysis of a textured whey protein meatless patty. *Journal of food science*, 67(4), 1555-1558.

TECHNOLOGY-NEW YORK-MARCEL DEKKER-, 57-110.

The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222:171-175

Trivino Arevalo, A. (2017). Étude environnementale comparative des procédés de valorisation du lactosérum.

U

Ugalde, U. O., & Castrillo, J. I. (2002). Single cell proteins from fungi and yeasts. In *Applied mycology and biotechnology* (Vol. 2, pp. 123-149). Elsevier.

V

Vanajakshi, V., Vijayendra, S. V. N., Varadaraj, M. C., Venkateswaran, G., & Agrawal, R. (2015). Optimization of a probiotic beverage based on Moringa leaves and beetroot. *LWT-Food Science and Technology*, 63(2), 1268-1273.

Volpi, E., Kobayashi, H., Sheffield-Moore, M., Mittendorfer, B., & Wolfe, R. R. (2003). Essential amino acids are primarily responsible for the amino acid stimulation of muscle protein anabolism in healthy elderly adults. *The American journal of clinical nutrition*, 78(2), 25

Vuillemard, J. C. (2015). *Science et technologie du lait*. Presses de l'Université Laval.

Vuillemard, J.-C. (2013). Produits laitier STA-2005. course. [Course hand-out]. Québec.

W

Walzem RL, Dillard CJ, German JB. 2002. Whey components: millennia of evolution create functionalities for mammalian nutrition: what we know and what we may be overlooking. *Crit Rev Food Sci Nutr*;42:353-75.

Westergaard, V. (2010). Milk Powder Technology: *Evaporation and Spray Drying*. (G. Niro'sdir.). Copenhagen, Denmark: GEA Process Engineering. Retrieved from <https://books.google.pl/books?id=AwdEPwAACAAJ>.

Woo, A. (2002). La grande diversité du lactosérum. *Agriculture et agroalimentaire, Canada*, 313.

Y

Yadav, J. S. S., Yan, S., Pilli, S., Kumar, L., Tyagi, R. D., & Surampalli, R. Y. (2015). Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides. *Biotechnology advances*, 33(6), 756-774.

Yadav, R. B., Yadav, B. S., & Kalia, N. (2010). Development and storage studies on whey-based banana herbal (*Mentha arvensis*) beverage. *Am J Food Technol*, 5(2), 121-129.

Yilsay, T. Ö., Yilmaz, L., & Bayazit, A. A. (2006). The effect of using a whey protein fat replacer on textural and sensory characteristics of low-fat vanilla ice cream. *European Food Research and Technology*, 222(1), 171-175.

Résumé

Notre recherche bibliographique nous a permis d'évaluer l'importance de la valorisation du lactosérum et son utilisation dans divers domaines et spécifiquement son incorporation dans les boissons dans le but de récupérer les nutriments du lactosérum et de limiter les problèmes de pollution de l'environnement induite par cette matière.

Le lactosérum est un sous-produit issu de la fabrication du fromage. En général, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait résiduel qui reste après la coagulation du lait et la séparation du caillé. Son rejet dans l'effluent serait à l'origine de pollution si n'est pas valoriser, cependant, ce produit possède un contenu nutritionnel élevé et un intérêt zootechnique important pour les éleveurs. Outre l'alimentation du bétail, le lactosérum est également utilisé en industrie pharmaceutique et agroalimentaire pour la fabrication d'aliments destinés aux nourrissons en raison des propriétés fonctionnelles de ses protéines. De plus, divers procédés biotechnologiques ont été mis au point pour utiliser le lactosérum comme substrat pour élaborer des produits industriels importants tels que des enzymes, de la biomasse riche en protéines, de l'éthanol, Etc.

Mots clés : valorisation, incorporation, lactosérum, boisson à base de lactosérum

Summary

Our bibliographic research has allowed us to assess the importance of whey recovery and its use in various fields and specifically its incorporation into beverages with the aim of recovering whey nutrients and limiting environmental pollution problems. induced by this material.

Whey is a by-product of cheese making. In general, it is defined as the part of the residual milk liquid or serum that remains after the milk has coagulated and the curd has separated. Its discharge into the effluent would be the source of pollution if not valorized, however, this product has a high nutritional content and an important zootechnical interest for breeders. In addition to livestock feed, whey is also used in the pharmaceutical and food industry for the manufacture of food for infants due to the functional properties of its proteins. In addition, various biotechnological processes have been developed to use whey as a substrate to develop important industrial products such as enzymes, protein-rich biomass, ethanol, Etc.

Keywords: recovery, incorporation, whey, whey drink

ملخص

سمحت لنا أبحاثنا البيبلوغرافية بتقييم أهمية استرداد مصّل اللبّن واستخدامه في مختلف المجالات وعلى وجه التحديد دمجها في المشروبات بهدف استعادة مغذيات مصّل اللبّن والحد من مشاكل التلوّث البيئي التي تسببها هذه المادة.

مصّل اللبّن هو منتج ثانوي لصنع الجبن. بشكل عام، يتم تعريفه على أنه جزء من سائل الحليب المتبقي أو المصّل الذي يتبقى بعد تخثر الحليب وانفصال الخثارة. يعدّ تصريفه في النفايات السائلة مصدرًا للتلوّث إذا لم يتمّ تقييمه، ومع ذلك، فإن هذا المنتج يمتلك محتوى تغذوي عالٍ ومصّلحة هامة للمربين في تربية الحيوانات. بالإضافة إلى علف الماشية، يستخدم مصّل اللبّن أيضًا في الصناعات الصيدلانية والغذائية لتصنيع غذاء الرضع بسبب الخصائص الوظيفية للبروتينات. بالإضافة إلى ذلك، تم تطوير العديد من عمليات التكنولوجيا الحيوية لاستخدام مصّل اللبّن كركيزة لتطوير منتجات صناعية مهمة مثل الإنزيمات والكتلة الحيوية الغنية بالبروتين والإيثانول ... إلخ.

الكلمات المفتاحية: التقييم، الدمج، مصّل اللبّن، مشروب مصّل اللبّن.