

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche
Scientifique
Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou



Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomique

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Option : Biochimie de La Nutrition

Thème :

**Essai de valorisation de lactosérum brut (acide) dans
une formulation d'une crème végétale au niveau de
l'industrie SARL ISO9_INTERNATIONAL**

Présenté par :

M^r: Hamoudi Abdelghani

M^r : Triki Nassim

Soutenu devant le jury composé de :

Président : M^r MOUALEK I. Maitre de conférence classe (B) à L'UMMTO

Promoteur : M^r SEBBANE H. Maitre assistant classe (A) á L'UMMTO

Examinatrice : M^m IRATNI G. Maitre de conférence classe (B) à L'UMMTO

Année universitaire : 2019-2020

Remerciement

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

*Nous exprimons nos profonds remerciements avec grandeur à notre promoteur, **M^r SEBBANE H** pour l'aide qu'il nous a apporté, sa compétence, sa patience et sa confiance, son encouragement, et son œil critique qui nous a été très précieux pour structurer et élaborer ce travail et pour améliorer la qualité des différentes sections de notre mémoire, nous le remercions vivement.*

Nous remercions vivement et très respectueusement les membres de jury, qui nous ont honorés en acceptant d'examiner notre travail.

*Nous remercions **M^r MOUALEK I** pour l'honneur qu'il nous a fait de présider le jury et **M^{me} IRATNI G** d'avoir accepté d'examiner et de valoriser notre travail.*

Un grand remerciement aux enseignants de l'université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou qui ont contribué à notre formation.

*Ensuite nous tenons à remercier toute l'équipe de l'unité ISO 9_ INTERNATIONAL (Isser) et en particulier **M^r Aboudaou** responsable de service recherche et développement, pour nous avoir autorisé et permis de faire le stage dans de bonnes conditions, ainsi que **M^r Akbi** pour nous avoir fait profiter de ces connaissances pratiques.*

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

H. Abdelghani / T. Nassim

Dédicace

Je dédie ce mémoire

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

*A mes très chers frères **Habib** et **Aghiles** pour leurs encouragements permanents, et leur soutien moral ;*

*A mes chères sœurs **Kahina**, **Thiziri**, **Amel**, **Noura** ;*

*Hommage à mon chère oncle **Ibbari Ahmed** que je n'arriverais jamais à oublier, tu es gravé dans mon cœur, j'aurais aimé que tu sois là, je suis certain que te seras fière de moi ;*

*A mon binôme **Nassim** avec qui j'ai eu l'honneur de réaliser ce travail et à toute sa famille.*

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

Abdelghani

Dédicace

Je dédie ce modeste travail en premier lieu à mes très chers parents qui m'ont apporté leur appui et qui m'ont donné l'amour et le courage durant toutes mes années d'étude. Que dieu leur procure bonne santé et longue vie ;

*A mes très chères sœurs **Ryma, Lysa et Yasmine**, pour leur soutien et leurs encouragements ;*

Hommage à mes grands-parents. J'aurais aimé qu'ils soient là, mais je suis certain qu'ils seront fières de moi, je vous oublierai jamais ;

*A mon cher binôme **Abdelghani** avec qui j'ai eu l'honneur et le plaisir de réaliser ce mémoire ainssi que toute sa famille ;*

Et à mes amis et tous ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin pour que ce travail soit accompli.

Nassim

Table des matières

| | |
|--|----|
| Remerciement..... | |
| Dédicace..... | |
| Liste des abréviations..... | |
| Liste des tableaux..... | |
| Liste des figures..... | |
| Introduction..... | 1 |
| <i>Etude bibliographique</i> | |
| Chapitre I. Le lactosérum | |
| I.1. Définition et caractéristiques du lactosérum..... | 3 |
| I.2. Différents types de lactosérum..... | 3 |
| I.2.1. Lactosérum doux..... | 3 |
| I.2.2. Lactosérum acide..... | 4 |
| I.3. Sources industrielles de lactosérum..... | 4 |
| I.3.1. La fromagerie..... | 4 |
| I.3.2. La beurrerie..... | 4 |
| I.4. La composition de lactosérum..... | 5 |
| I.4.1. Le lactose..... | 6 |
| I.4.2. Les minéraux..... | 6 |
| I.4.3. Les vitamines..... | 7 |
| I.4.4. La matière grasse..... | 7 |
| I.4.5. Les protéines du lactosérum..... | 7 |
| I.4.5.1. β -lactoglobuline (β -LG)..... | 8 |
| I.4.5.2. α -lactalbumine (α -LA)..... | 8 |
| I.4.5.3. Sérum albumine bovine (BSA)..... | 8 |
| I.4.5.4. Immunoglobuline (Ig)..... | 9 |
| I.5. La valeur nutritionnelle..... | 9 |
| I.6. Valorisation du lactosérum..... | 10 |

| | |
|--|----|
| I.6.1. Dans l'alimentation animale..... | 10 |
| I.6.2. Dans l'alimentation humaine..... | 10 |
| I.6.2.1. Industrie de boisson..... | 10 |
| I.6.2.2. Industrie laitière..... | 10 |
| I.6.2.3. Dans les glaces et les crèmes glacées..... | 10 |
| I.6.2.4. Dans la confiserie..... | 11 |
| I.6.2.5. En boulangerie..... | 11 |
| I.6.3. Dans la biotechnologie..... | 11 |
| I.6.3.1. Comme substrat de fermentation..... | 11 |
| I.6.3.2. Dans la production des enzymes et des vitamines..... | 11 |
| I.7. Pouvoir polluant du lactosérum..... | 11 |
| I.8. Concentration/déshydratation du lactosérum..... | 12 |
| Chapitre II. Les crèmes végétale | |
| II.1. Généralité..... | 13 |
| II.2. Définitions..... | 13 |
| II.2.1. Les crèmes fraîches laitières..... | 13 |
| II.2.2. Les crèmes végétales..... | 14 |
| II.3. Classification des crèmes végétales | 15 |
| II.3.1. Selon le traitement thermique..... | 15 |
| II.3.2. Selon la teneur en matière grasse..... | 15 |
| II.3.3. Selon le procédé de fabrication et l'utilisation finale..... | 16 |
| • Crème à fouetter végétale..... | 16 |
| • Crème culinaire végétale..... | 17 |
| • Crème café végétale..... | 17 |
| • Crème sure végétale..... | 17 |
| II.4. La composition de la crème végétale..... | 18 |
| II.4.1. Matières grasses..... | 18 |
| II.4.2. Protéines..... | 19 |
| II.4.3. Les additifs alimentaires..... | 19 |

| | |
|----------------------------------|----|
| II.4.3.1. Emulsifiants..... | 20 |
| II.4.3.2. Les épaississants..... | 21 |
| II.3.3.3. Les stabilisants..... | 22 |

Etude expérimentale

Chapitre III : Matériels et Méthodes

| | |
|--|----|
| III.1. L'objectif de l'étude..... | 23 |
| III.2. Description de l'entreprise..... | 23 |
| III.3. Matériel | 24 |
| III.3.1. Equipements et petits matériels du laboratoire..... | 24 |
| III.3.2. Milieux de culture et réactifs..... | 24 |
| III.4. Méthodes..... | 24 |
| III.4.1 Récupération de lactosérum..... | 24 |
| III.4.2. Modèle de simulation de la valorisation du lactosérum..... | 24 |
| III.4.2.1 Le principe du calcul en mode Excel..... | 24 |
| III.4.2.2. Modèle mathématique adopté..... | 25 |
| III.4.2.2.1 Détermination des quantités des ingrédients après la valorisation..... | 25 |
| • Détermination de la quantité du lactosérum liquide dans le sirop du sucre..... | 26 |
| • Détermination de l'équivalent de protéines dans le sirop du sucre à base de lactosérum..... | 26 |
| • Détermination de l'équivalent de protéines du lactosérum en poudre nécessaire dans la formulation après la valorisation..... | 27 |
| • Détermination de la quantité du lactosérum en poudre dans la recette après la valorisation..... | 27 |
| • Détermination du pourcentage de réduction de la quantité du lactosérum en poudre après la valorisation..... | 27 |
| III.4.2.2.2. Etude techno-commerciale | 28 |
| III.4.2.2.3. Estimation de l'effet environnemental de la valorisation du lactosérum..... | 28 |
| • Détermination de la quantité du lactosérum liquide valorisé annuelle..... | 28 |
| • Estimation de l'équivalent d'oxygène consommé lors de la dégradation du lactosérum..... | 29 |

| | |
|---|----|
| • Estimation de l'équivalent en pollution humaine..... | 29 |
| • Estimation de la teneur en matières utiles dans le lactosérum..... | 29 |
| III.4.3. Diagramme de préparation de la crème végétale..... | 30 |
| III.4.4. Analyses physico-chimique du lactosérum brut et de crèmes végétales..... | 31 |
| III.4.4.1. Détermination du pH. | 31 |
| III.4.4.2. Détermination de l'extrait sec total..... | 31 |
| III.4.4.3. Détermination du taux d'humidité..... | 31 |
| III.4.4.4. Détermination de l'acidité titrable et de l'acide lactique..... | 32 |
| III.4.4.5. Détermination de la teneur en protéines (méthode de LOWRY) | 32 |
| III.4.4.6. Détermination de la teneur en matière grasse (méthode de GERBER)..... | 32 |
| III.4.4.7. Dosage du lactose en utilisant l'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS)..... | 33 |
| III.4.5. Analyses microbiologiques de la crème végétale avec lactosérum brut..... | 33 |
| III.4.5.1. Objectif de l'analyse microbiologique..... | 33 |
| III.4.5.2. Préparation de la suspension mère et les dilutions..... | 33 |
| III.4.5.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile total..... | 34 |
| • Ensemencement..... | 34 |
| • Incubation..... | 34 |
| • Lecture..... | 34 |
| III.4.5.4. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux..... | 34 |
| • Ensemencement..... | 34 |
| • Incubation..... | 34 |
| • Lecture..... | 35 |
| III.4.5.5. Recherche et dénombrement <i>des staphylococcus aureus</i> | 35 |
| • Ensemencement..... | 35 |
| • Incubation..... | 35 |
| • Lecture..... | 35 |
| III.4.5.6. Recherche et dénombrement des <i>salmonelles</i> | 35 |
| • Ensemencement..... | 35 |
| • Incubation..... | 35 |
| • Lecture..... | 36 |

| | |
|--|----|
| IV.4.6. Test de dégustation..... | 36 |
| Chapitre IV : Résultats et discussion | |
| IV.1.Résultats des analyses physico-chimiques..... | 37 |
| IV.1.1. La Composition physico-chimique du lactosérum brut | 37 |
| IV.1.1.1. PH et acidité titrable..... | 37 |
| IV.1.1.2. L'humidité et l'extrait sec total..... | 37 |
| IV.1.1.3. Lactose..... | 38 |
| IV.1.1.4. Protéines..... | 38 |
| IV.1.1.5. Matière grasse..... | 38 |
| IV.2. Résultats de la simulation..... | 38 |
| IV.2.1. Résultats de la simulation mathématique de la nouvelle recette..... | 38 |
| IV.3.2. Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques (théoriques et pratiques) des deux crèmes..... | 39 |
| IV.3.3. Résultats technico-commerciaux..... | 40 |
| IV.3.4. Aspect environnemental..... | 41 |
| IV.3. Les résultats des analyses microbiologiques da la crème a base d lactosérum brut..... | 42 |
| • Interprétation..... | 42 |
| IV.4. Résultats de test de dégustation..... | 43 |
| • Interprétation..... | 44 |
| Conclusion..... | 45 |
| Bibliographie..... | |
| Annexe..... | |
| Résumé..... | |

Liste des abréviations

MGV: matière grasse végétale

pH: potentiel hydrogène

D°: degré Dornic

UF: ultra filtration

%: pourcentage

Ca : calcium

P : phosphore

g : gramme

L : litre

NaCl : chlorure de sodium

mg: milligram

β-LG : β-Lactoglobulin

KDa : kilo Dalton

α-LA: α-Lactalbumin

°C : degré Celsius

BSA : bovin serumalbumin

Ig : immunoglobulin

O₂ : oxygène

nm: nanometre

FAO: food agriculture organisation

UHT: ultra haute température

AG: acide gras

MGL: matière grasse laitière

m: masse

MPa : mégapascal
Kg : kilogramme
NF : norme française
ISO : international organization for standardization
AFNOR : association française de normalisation
SARL : société à responsabilité limitée
DA : dinar algérien
rpm : rotation per minute
UV : ultraviolet
DNS : 3,5-dinitrosalicylique
VRBL : violet red bile lactose
PCA : plate count agar
MS : matière sèche
Lac L : lactosérum liquide
Lac P : lactosérum en poudre
MG : matière grasse
BPL : bonnes pratiques de laboratoire
s : seconde
h : heure
Hm : taux d'humidité
EST : extrait sec total
NaOH : hydroxyde de sodium
DO : densité optique
ml : millilitre
NPP : nombre plus probable
cm : centimètre
H% : humidité
FAMT : flore aérobie mésophile total
Aw : activité de l'eau
DBK : Draa Ben Khedda

Liste des tableaux

| | |
|--|----|
| Tableau 1 : Les différents types de lactosérums..... | 03 |
| Tableau 2 : La composition moyenne des différents types de lactosérum..... | 05 |
| Tableau 3 : Composition en minéraux d'un litre de lactosérum..... | 07 |
| Tableau 4 : La teneur en vitamines dans le lactosérum..... | 07 |
| Tableau 5 : La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum..... | 9 |
| Tableau 6 : Teneur en matière grasse végétale des crèmes analogues..... | 15 |
| Tableau 7 : Ingrédients typiquement utilisés dans la formulation des crèmes analogues..... | 18 |
| Tableau 8 : Normes générales Codex pour certains additifs autorisés dans les Crèmes analogues..... | 19 |
| Tableau 9 : La composition de la crème standard | 25 |
| Tableau 10 : La formulation de sirop du sucre à base d'eau (12Kg) | 26 |
| Tableau 11 : Analyses physico-chimiques du lactosérum et les crèmes végétales..... | 31 |
| Tableau 12: Les germes recherchés et leurs caractéristiques..... | 33 |
| Tableau 13: Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum brut..... | 37 |
| Tableau 14: La formulation du sirop du sucre à base du lactosérum brut..... | 38 |
| Tableau 15: Quantités exactes des ingrédients à utiliser dans la formule à base du lactosérum Liquide..... | 39 |
| Tableau 16: Résultats des analyses et de la simulation physico-chimiques des deux produits des deux crèmes..... | 39 |
| Tableau 17: Les quantités et le coût annuel du lactosérum avant et après la valorisation.... | 40 |
| Tableau 18: Les résultats de l'étude environnementale du lactosérum..... | 41 |
| Tableau 19 : Les quantités des matières utiles régénérées par le lactosérum brut..... | 41 |
| Tableau 20: Résultats des analyses microbiologiques de la crème à base du lactosérum brut | 42 |
| Tableau 21: Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse sensorielle..... | 43 |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1 : Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérum issus de la transformation du lait..... | 05 |
| Figure 02 : Processus de fabrication des crèmes culinaires végétales..... | 16 |
| Figure 03 : Représentation schématique ou orientation d'une molécule d'émulsifiant à une interface huile-eau..... | 21 |
| Figure 04 : Quelques produits de l'unité ISO_9INTERNATIONAL..... | 23 |
| Figure 05 : Diagramme de fabrication du camembert à Draa Ben Khedda et les niveaux de soutirage des lactosérums..... | 30 |
| Figure 06 : Diagramme de fabrication du la crème végétale..... | 29 |
| Figure 07 : le pourcentage de bénéfice après la valorisation..... | 40 |

Introduction

Introduction

Introduction

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

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

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

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

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

En Algérie, l'inexistence d'une mise en valeur du lactosérum est le résultat de l'absence d'une réglementation stricte, émanant des pouvoirs publics, pouvant interdire le rejet de ce produit dans la nature. Le rejet du lactosérum dans les égouts représentant une perte sèche d'éléments nutritifs ; L'industrie fromagère rejette quotidiennement 6000 litres de lactosérum par jour, soit 4 à 12 kg pour 1 kg de fromage produit (Gana et Touzi, 2001). Au cours de ces dernières années, plusieurs travaux apportent des nouvelles connaissances sur la valorisation du lactosérum ont été réalisés au niveau des universités algériennes.

Paradoxalement, de nombreuses industries agroalimentaires importent du lactosérum en poudre pour leur productions très diverses : biscuits, yaourts, confiseries, crèmes ; Cependant, notre pays rejette, actuellement, la totalité du lactosérum produit par les industries laitières, dont la matière première ; le lait, est importé à fortes devises.

Introduction

Les crèmes végétales apparaissent de plus en plus aujourd'hui comme une alternative aux crèmes lactières, ceci pour répondre aux besoins des marchés de plus en plus dynamiques et spécifiques, en termes de fonctionnalités attendues des crèmes.

A cause de la rareté du lait et ces dérivés et en raison de leurs capacités d'acidification et hydrolyse, activités liantes et texturants, certains ingrédients (émulsifiants, protéines lactières ou végétales, stabilisants, et d'épaississants) et matière grasse végétale (MGV) sont utilisés dans la fabrication des crèmes végétales qui remplace avec succès les crèmes fraîche lactières sur le plan économique diététique.

Dans notre étude, on s'est intéressé à la valorisation de lactosérum liquide (acide) par une substitution totale de l'eau du sirop du sucre qui constitue une formulation d'une crème végétale destiné à la génoiserie. Cette incorporation sert pour remplacer le lactosérum en poudre utilisé dans la recette standard afin de diminuer le coût de production et réduire ainsi le caractère polluant de ce sous-produit ; Cela sans affecté les caractères physicochimiques, hygiénique, organoleptiques accrédités par l'entreprise.

Selon les résultats et leur interprétation, une conclusion et des perspectives seront exprimées.

Etude bibliographique

Chapitre I : Le lactosérum

I. 1. Définition et caractéristiques du lactosérum

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

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

Le lactosérum un liquide jaune verdâtre, contenant une quantité importante de protéines de lait environ 20% (6g/L) et riche en éléments nutritifs (Muller et *al.*, 2003). Il contient environ 50% des nutriments du lait de départ : protéines solubles, lactose, vitamines, minéraux (Tetra pack processing system, 1995).

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

I.2. Différents types du lactosérum

Le lactosérum doit être considéré comme un produit dérivé plutôt qu'un sous-produit de la fabrication des fromages, ou de la caséine. Selon l'acidité et le pH, le lactosérum peut être divisé en deux types : lactosérum doux et lactosérum acide (Tableau.1) (Linden et Lorient, 1994).

Tableau I : Les différents types du lactosérum (Adrian et *al.*, 1991)

| Degré d'acidité | Type | Ph | Production |
|-----------------|------------------|-----------|--|
| <18D° | Lactosérum doux | 6,5 ± 6,7 | - Fromage à pâte pressée. - Fromage à pâte cuite. - Caséinerie présure. |
| >18D° | Lactosérum acide | 4,5 – 5,5 | - Fromagerie à pâte fraîche. - Fromagerie à pâte molle. - Caséinerie acide |

I.2.1. Lactosérum doux

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

Lorsque le lactosérum issu de la fromagerie n'est pas traité avec toutes les précautions nécessaires, la poursuite de la fermentation naturelle augmente son acidité. Le lactosérum doux issu de la fabrication de fromage à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam....., etc.), est de pH variant entre 5 et 6,3. (Morr et *al.*,1993) (Tableau 1).

I.2.2.Lactosérum acide

Le lactosérum acide est le produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou de produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ou des produits dérivés du lait. Cette dernière est principalement obtenue par acidification (Codex alimentarius, 2002), qui favorise la précipitation des caséines à leurs pH isoélectrique de 4,6 par ajout d'acide fort ou d'acide lactique (Violleau, 1999).

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

Les lactosérums acides sont moins riches en lactose et plus riche en minéraux ; Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des difficultés pour la déshydratation, aussi les lactosérums acides sont souvent utilisés à l'état liquide alors que les sérums doux sont généralement déshydratés (Moletta, 2002). Le lactosérum acide provient de la fabrication des pâtes fraîches et des pâtes molles, son pH varie entre 4,5-5. (Adrian et *al.*, 1991) (Tableau 1).

I.3.Sources industrielles de lactosérum

I.3.1. La 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 part à une phase liquide «le lactosérum»(Laplanche, 2004).

I.3.2.La beurrerie

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

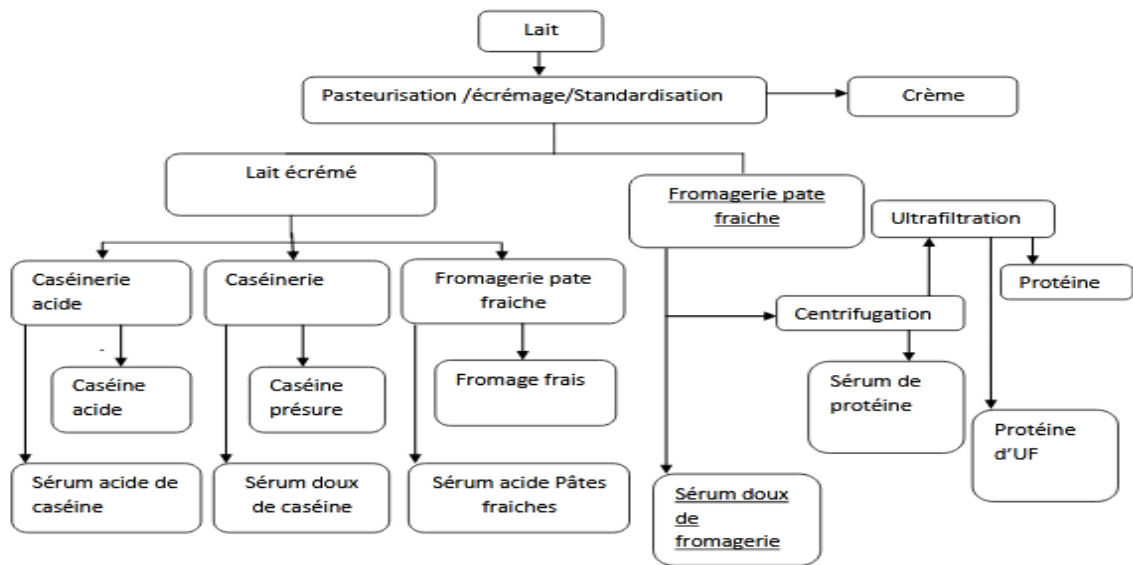


Figure 01.Schéma technologique d'obtention des principaux types de lactosérums issus de la transformation du lait (Luquet et François, 1990).

I.4. La composition de lactosérum

La composition physico-chimique du lactosérum peut varier sensiblement selon le procédé de coagulation et selon la composition initiale du lait (saison, race des animaux, l'alimentation) (Bergel et al., 2004) (tableau II).

Tableau II. La composition moyenne des différents types de lactosérum (Sottiez, 1985).

| | Lactosérum doux | | Lactosérum acide | | |
|----------------------------|-------------------------------|-------------------------------|------------------|---------|-----------|
| | Pâte pressée cuite (Emmental) | Pâte pressée Non cuite (Edam) | Pâte fraîche | Caséine | Camembert |
| Teneur en eau en (%) | 93,5 | 95 | 94 | 94 | 93,5 |
| Extrait sec en (%) | 6,5 | 5 | 6 | 6 | 6,5 |
| Ph | 6,7 | 6,5 | 6 | 4,6 | 6,1 |
| Composition en g /l | | | | | |
| Lactose | 76 | 75 | 65,5 | 74 | 75 |
| Protéines | 13,5 | 13,5 | 12 | 12 | 12 |
| Cendres | 8 | 8 | 9,5 | 12 | 8,25 |
| Acide lactique | 1,5 | 2,8 | 10 | 1,8 | 2,2 |
| Matière grasse | 1 | 1 | 0,5 | 0,5 | 1 |

| Les minéraux | | | | | |
|---------------------------|-----|------|-----|-----|-----|
| Ca (%) | 0,6 | 0,65 | 1,9 | 1,8 | 0,7 |
| P (%) | 0,6 | 0,65 | 1,5 | 1,5 | 0,7 |
| Chlorure Na Cl (%) | 2,5 | 2,5 | 2,5 | 7,5 | 2,5 |

Les lactosérums sont riches en lactose, protéines et potassium ; les lactosérums doux sont pauvres en calcium (reste dans le caillé pour participer à la coagulation des protéines), alors que les lactosérums acides sont riches en calcium (Morr et *al.*, 1993).

I.4.1. Le lactose

Le lactose est le principal constituant du lactosérum (76 g/l) (Sottiez, 1990). Il représente l'essentiel de la matière sèche du sérum, c'est un diholoside constitué par l'union d'une molécule de α ou β - D- glucose et d'une molécule de β -D-galactose (Luquet et François, 1990).

En outre, le lactosérum doux est plus riche en lactose par rapport aux lactosérums acides, en effet, dans ce dernier une partie du lactose a été transformée en acide lactique (Sottiez, 1990).

Le lactose est caractérisé par : Une solubilité limitée, Un pouvoir sucrant faible. Le lait et les produits laitiers sont les sources du lactosérum dans la nature (Visser et *al.*, 1988). Il contribue à stabiliser le pH intestinal (Visser et *al.* ; 1988, il intervient dans la fixation du calcium et sa consommation permet par conséquent de lutter contre le rachitisme (Visser et *al.*, 1988).

I.4.2. Les minéraux

Les matières salines de l'extrait sec du lactosérum sont constituées de plus de 50 % de chlorures de sodium et de potassium et pour le reste de différents sels de calcium, se retrouvent principalement sous forme de phosphate de calcium. En outre, selon certaines pratiques fromagères, il y'a ajout de sel de calcium (CaCl_2) (Vrignaud, 1983).

D'après Méreo, (1971), ces sels minéraux constituent en quelques sortes les éléments indésirables « du sérum ». En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation de lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Elle est également un écueil pour les traitements technologiques, notamment en vue de préparation de lactose pur et des protéines. Il est donc avantageux de déminéraliser le sérum partiellement grâce à des techniques physico-chimique, telle que l'électrodialyse (Linden et *al.* , 1994) (Tableau III).

Tableau III. composition en minéraux d'un litre de lactosérum (en mg/l)(Berrocal,.2000).

| Minéraux | Lactosérum doux | Lactosérum acide |
|-----------|-----------------|------------------|
| Calcium | 400 | 1200 |
| Phosphore | 360 | 680 |
| Chlorures | 1100 | 1500 |
| Magnésium | 8 | 90 |
| Sodium | 500 | 500 |
| Potassium | 1400 | 1400 |

I.4.3. Les vitamines

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

Tableau IV. Teneur en vitamines dans le lactosérum (Vrignaud, 1983).

| Vitamines | Concentration (mg/100g) |
|-----------------------|-------------------------|
| - Thiamine | 4 |
| - Riboflavine | 43 |
| - Acide nicotinique | 0,85 |
| - Acide pantothénique | 45 |
| - Pyridoxine | 5,3 |
| - Cobalamine | 0,159 |
| - Acide ascorbique | 2,2 |

I.4.4.La matière grasse

Une certaine quantité de lipide du lait est entraînée dans le lactosérum brut .cependant cette quantité est faible elle est estimée à un taux de 1,00 g/l (Sottiez, 1990). Du fait de son extrême pauvreté en corps gras, le lactosérum a un faible apport calorique (26 Calories/ dL). Le plus souvent, dans les traitements industriels le lactosérum est écrémé; la matière grasse ainsi récupérée est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (Boudier et *al.*, 1981).

I.4.5. Les protéines du lactosérum

Les protéines correspondent à l'ensemble des matières azotées hydrosoluble qui ne précipitent pas lorsque le pH du lait est de 4,6. Elles représentent environ 20% des protéines totales du lait (Eugenia et *al.*, 2006).

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum (13,5 g/L), mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel. Il s'est avéré que la valeur nutritionnelle des protéines sériques du lait est supérieure à celle des protéines du blanc d'œuf prises comme protéines de référence (Sottiez, 1990), du fait qu'elles constituent une source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides aminés soufrés et en tryptophane (Lindenet Lorient, 1994).

I.4.5.1. β -lactoglobuline (β -Lg)

La β -lactoglobuline (β -LG) est la plus abondante des protéines du lactosérum, elle représente environ 2 à 4 g/L, ce qui correspond à 50% des protéines totales du lactosérum (Eugenia et al., 2006; Roufik et al., 2007).

Elle n'est pas présente dans le lait humain car elle est l'une des sources principales d'allergie infantile qui limite l'utilisation du lait de vache pour la préparation de la formule infantile (Uchdia et al., 1996); il s'agit d'une protéine globulaire de structure compacte, composée de 162 résidus d'acides aminés et dont la masse moléculaire relative est de 18,3 kDa (Roufik et al., 2007).

Bien que le rôle physiologique de la β -lactoglobuline soit encore mal défini, joue un rôle important dans l'assimilation de la vitamine A1 (Bergel et al., 2004). Cette protéine est d'une très grande qualité nutritive grâce à son contenu élevé en acides aminés essentiels, notamment la leucine et la lysine. De plus, elle est riche en méthionine et en cystéine. Principales sources de soufre (Morr, 1989; Hambling et al., 1992 et Dibley, 1997). La température de dénaturation de cette protéine est au-dessus de 65°C. (Morr et al., 1993).

I.4.5.2. Lactalbumine (α -LA)

Comme la β -lactoglobuline, l' α -lactalbumine est une protéine globulaire de structure primaire présentant de nombreuses homologues de séquences avec le lysozyme d'œuf de poule: 47 résidus d'acide aminé identiques sur 123 (Cheftel et al., 1985); son poids moléculaire est de 14 kDa et se présente avec une concentration de 1 à 1,5 g/L, (environ 20% des protéines totales de lactosérum). L' α -lactalbumine a été considérée comme la protéine la plus stable à des hautes températures (Morr et Ha, 1993); elle est dénaturée à 65,2°C et à un pH=6,7 et 80 à 90% de dénaturation est inversé lors de refroidissement. L' α -lactalbumine est une autre protéine fonctionnelle très intéressante par sa composition riche en tryptophane, qui en fait une base de fabrication de peptides destinés à l'alimentation diététique ou alicamenteuse (Bergel et al., 2004).

I.4.5.3. Sérum albumine bovine (BSA)

Sérum albumine bovine représente 0,1 à 0,4 g/L des protéines du lait, il est constitué de 582 acides aminés. Les liaisons des acides gras stabilisent la molécule de protéine contre la dénaturation par la chaleur. Il est soluble jusqu'à 35% à température de 3 °C dans l'eau

distillée, mais subit une précipitation extensive à la température ambiante dans la gamme de 40 à 45 °C (Morr et *al.*, 1993 ; Lin et *al.*, 1976 et Gumpens et *al.*, 1979).

I.4.5.4. Immunoglobuline (Ig)

L'immunoglobuline se réfère à une famille hétérogène des glycoprotéines, ayant une activité d'anticorps (Eigel et *al.*, 1984). L'immunoglobuline se compose de quatre classes : IgG1, IgG2, IgA, IgM, et IgE. Ceux-ci ont été identifiés dans le lait. Ces protéines sont des monomères de deux chaînes polypeptides de 20 kDa et deux chaînes polypeptides de 50 à 70 kDa qui sont liées par des ponts disulfures (Brunner, 1977). Le lait de vache contient 0,6 à 1,0 g/L d'immunoglobuline et 80% de IgG. Cette protéine est caractérisée par un plus haut dévoilement thermique que l' α -lactalbumine et la β -lactoglobuline (Eigel et *al.*, 1984).

I.5. La valeur nutritionnelle du lactosérum

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

Tableau V. La valeur nutritionnelle et les propriétés fonctionnelles du lactosérum (Sottiez, 1985 ; Sottiez, 1990;Linden et Lorient, 1994 ; Lupin, 1998;Gerard et Debry,2001).

| Lactose | Protéines |
|--|--|
| <ul style="list-style-type: none"> ✓ Stabiliser le pH intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et de phosphore ; ✓ Stabilité du pH évite l'installation de flores purifiantes ; ✓ Un intérêt diététique fondamentale puisque il représente la seule source d'hydrate de carbone de tous les mammifères y compris l'homme ; ✓ 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 ; ✓ Constituant essentiel des cérébrosides composant les tissus nerveux. | <ul style="list-style-type: none"> ✓ Meilleure valeur nutritive que la caséine ; ✓ Source équilibrée en acides aminés indispensables notamment en lysine, acides amine soufrés et en tryptophane ; ✓ Pouvoir émulsifiant en présence de matière grasse ; ✓ Pouvoir gélifiant par coagulation a la chaleur ; ✓ Pouvoir moussant; ✓ La solubilité. |

I.6. Valorisation du lactosérum

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

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

I.6.1. Dans l'alimentation animale

Les poudres de lactosérum sont utilisées pour l'élevage industriel des porcs ou bien, il est incorporé dans la ration alimentaire des vaches laitières. Il peut également être ajouté aux aliments d'allaitement pour veaux. Elles ont également employées, de même que les concentrés liquides, en mélange avec d'autres aliments (hachis de paille, farine,..) (Zadow, 1989).

I.6.2. Dans l'alimentation humaine

I.6.2.1. Industrie de boisson

Les boissons à base de lactosérum, ont une grande valeur diététique. Elles sont légères, désaltérantes, et très agréable à boire (Nelson et *al.*, 1978).

I.6.2.2. Industrie laitière

La poudre de lactosérum acide peut remplacer la poudre de lait écrémé à des concentrations bien précise pour la fabrication des yaourts, sans atteinte à la qualité ni à l'arôme de ces derniers. (Luquetet Boudier, 1984).

I.6.2.3. Dans les glaces et les crèmes glacées

La poudre de lactosérum doux peut remplacer jusqu'à 25% de la quantité du lait écrémé pour la fabrication des crèmes glacées ou les avantages sont essentiellement d'ordre économique, tandis que celle de lactosérum acide (pH 4,6) peut remplacer une partie du sucre pour la fabrication des sorbets de bonne qualité (Apria, 1973).

I.6.2.4. Dans la confiserie :

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

I.6.2.5. En boulangerie

Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie de fait de nombreuses avantages:

- ✓ Meilleure conservation: la combinaison du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) donne des complexes stables qui constituent donc un moyen de défense naturelle contre le rancissement ;
- ✓ Amélioration du goût et l'arôme du pain ;
- ✓ Amélioration des caractéristiques internes et externe: affinage de la coloration; pâte plus tendre et augmentation du rendement (Apria, 1980).

I.6.3. Dans la biotechnologie**I.6.3.1. Substrat de fermentation**

Vu sa composition adéquate en eau, protéine, lactose, minéraux, acide lactique et matière grasse, le lactosérum est choisi comme un milieu de culture pour les micro-organismes (levure), qui dégradent le lactose (Anonyme 2, 2002).

I.6.3.2. Dans la production des enzymes et des vitamines

Plusieurs travaux ont été réalisés pour la production des vitamines et des enzymes, par le biais de micro-organismes, qui utilisent comme milieu de culture le lactosérum, à savoir :

Propionibacterium shermanii: qui produit la vitamine B12

Saccharomyces fragilis: qui permet la production du lactose (bêta galactosidase) (Boudieret Luquet, 1984).

I.7. Pouvoir polluant du lactosérum

Selon Marwaha et Kennedy, (1988) Les effluents produits par l'industrie fromagère sont caractérisés par leur volume et leur charge polluante élevée; Bien qu'il existe des possibilités de valorisation du lactosérum, approximativement la moitié de la production mondiale n'est pas exploitée mais rejetée comme effluents, ce qui constitue une perte importante de matière alimentaire.

Le rejet du lactosérum dans l'environnement constitue une source de pollution à cause de sa demande biochimique en oxygène qui est très élevée entre 32000 à 60000 mg d'O₂/L (Cheryan, 1998)

Le lactosérum engendre une pollution organique importante soit: 1 L correspond à environ 85% de la pollution journalière générée par un habitant (Laplanche et *al.*, 2006).

Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (Mcauliffe *et al.* 1982) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (Yang et *al.* 1980).

Plusieurs opérations membranaires sont proposées pour le traitement des effluents des laiteries telles que les opérations à un seul étage comme l'ultrafiltration (UF) (Blanchard, 1991), nano filtration (Koyuncu *et al.*, 2000).

Le coût de traitement de lactosérum en station d'épuration élève le prix de revient des spécialités fromagères issues du lait. L'épandage est également une destination envisagée mais les volumes annuels produits (on parle de 100 millions dans le monde) satureront vite cette solution. Enfin si ils se réfèrent à la composition du lactosérum, on y retrouve des composés d'intérêt; d'où la possibilité de valorisation (Bergel et *al.*, 2004).

I.8. Concentration/déshydratation du lactosérum

Elle a pour but essentiel de stabiliser les produits par extraction de l'eau. L'amélioration des technologies, les changements des habitudes alimentaires, la baisse des coûts, et une meilleure stabilité des poudres sont les principales raisons qui ont contribué à l'accroissement de l'utilisation des produits sous forme déshydratée (Schuck, 2004).

La concentration est généralement réalisée par un procédé membranaire : l'osmose inverse ; La taille des pores est alors comprise entre 0.1 et 1 nm et la pression de fonctionnement requise est d'environ 20 à 30 bars. Le petit-lait est concentré de deux à quatre fois, selon l'utilisation. Il se conserve mieux que le petit-lait brut et permet d'éviter des frais de transport.

La déshydratation nécessite au préalable, la cristallisation du lactose. On utilise un procédé de refroidissement rapide après initialisation du processus d'ensemencement. Le séchage final fait intervenir les techniques de « spray drying ». (Membrez. Y et *al.* 2004).

Selon la qualité du sérum mis en œuvre, il existe différentes variétés de concentrés ou de poudres: produits de sérum doux, de sérum acide, de sérum déminéralisé et de sérum délactosé. D'une façon générale, les sérums doux sont plus faciles à sécher, de meilleure qualité et offrent plus de débouchés (FAO, 1995).

*Chapitre II : Les crèmes
végétales*

II. 1.Généralité

Le marché mondial des crèmes est très contrasté selon les pays. La diversité des situations provient de deux facteurs importants: les habitudes alimentaires et le niveau de vie des populations. La branche des crèmes fait partie des industries agroalimentaires et plus précisément du secteur lait et dérivés (Pottier, 2005).

Les produits laitiers et dérivés connaissent une forte demande dans tous les pays en raison de leur vaste application dans divers produits. En effet, il existe une demande croissante pour au moins un des composants du lait comme les caséinate et le lait en poudre, notamment dans les industries de la confiserie, de la boulangerie et de la pharmacie (Shamsi, 2000).

En Algérie, la production nationale est très loin des besoins du secteur lait et dérivés car l'Algérie est le premier consommateur du lait au Maghreb, avec près de 3 milliards de litres par an (Kirat, 2007). Cet aliment occupe une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, il apporte la plus grande part de protéines d'origine animale.

La faible disponibilité du lait dans les pays en voie de développement, souvent associée à une température ambiante élevée est la raison principale d'une plus grande utilisation des substituts et imitations de produits laitiers (Shamsi, 2000).

Dans presque tous les cas, les produits laitiers synthétiques (crème culinaire) sont offerts à moindre coût ; L'économie est peut-être le facteur le plus important dans l'acceptation initiale des produits laitiers d'imitation. Grâce à de meilleures capacité de satisfaire aux exigences des consommateurs et à une longue durée de conservation, de nombreux substituts laitiers sont préférés aux produits laitiers (Harper, 2000; Haisman, 2011).

II.2.Définitions

II.2.1. Les crèmes fraîches laitières

Selon le Codex Alimentarius (2003), la crème est le produit laitier fluide plus ou moins riche en matière grasse qui se présente sous la forme d'une émulsion de type graisse-dans-lait écrémé et qui a été obtenue en la séparant physiquement du lait. La séparation est réalisée soit par gravité, soit par force centrifuge. Les crèmes peuvent être acidifiées ou non, fouettées, avec ou sans adjonction d'additifs alimentaires (Anihouvi et *al.*, 2012 ;Deosarkar, 2016).

Selon Jeant et *al.*,(2008)la dénomination crème est réservée au lait contenant au moins 12 à 30 g de matière grasse provenant exclusivement du lait pour 100 g de poids total. La dénomination crème légère est réservée au lait contenant entre 12g inclus et 30g non inclus de matière grasse provenant exclusivement du lait pour 100 g de poids total.

Il existe généralement deux catégories de crèmes : les crèmes de consommation utilisées directement en cuisine, et les crèmes de transformation destinées à la fabrication du beurre et d'autres produits(FAO, 2010). Sont principalement classés selon leurs richesse en matière grasse, selon le traitement thermique appliqué et selon les traitements spécifiques liés à leurs utilisations (Jeantet et *al.*,2008).

II.2.2. Les crèmes végétales

Les alternatives à la crème portent plusieurs noms, tels que «crème analogue», «crème d'imitation», «crème végétale», «crème non laitière», «garniture» mais elles ont un objectif commun, à savoir offrir certains avantages par rapport à la crème laitière. Souvent, ces produits sont fabriqués par traitement UHT et sont commercialisés sous forme liquide, conditionnés aseptiquement et conservés à température ambiante (Carr, 2018).

Les crèmes végétales sont des produits similaires aux crèmes laitières dont la matière grasse laitière (MGL) est remplacée par la matière grasse végétale (MGV) et l'effet des ferments lactiques remplacé par d'autres substances chimiques (Carr, 2018).

Le Codex Alimentarius adopte le terme «crème analogue» et le définit comme étant «un substitut de crème consistant en une émulsion eau-graisse végétale sous forme liquide ou en poudre» (CODEX STAN, 1995).

Les substituts laitiers peuvent être divisés en trois types:

- Ceux dans lesquels une graisse animale ou végétale remplace la matière grasse du lait;
- Ceux qui contiennent un composant laitier, par exemple la caséine ou la protéine de lactosérum;
- Ceux qui ne contiennent pas de composants laitiers.

Les deux premiers types constituent la plupart des produits laitiers de substitution (Harper, 2000).

Les crèmes artificielles sont souvent beaucoup moins onéreuses que les crèmes laitières, ce qui attire à la fois les fabricants et les consommateurs. Les recettes de crèmes d'imitation pouvant être fabriquées sur mesure, ces produits possèdent souvent de meilleures propriétés de fouettage, stabilité de la mousse et stabilité au cycle congélation-décongélation par rapport aux crèmes laitières (Lundin, 2013).

En plus des avantages techno-fonctionnels et économiques, certains chercheurs considèrent que les crèmes végétales peuvent présenter un intérêt nutritionnel et de santé publique. En effet, un choix adéquat des matières grasses végétales (MGV) pourrait, d'une part, contribuer à un meilleur apport en acides gras (AG) essentiels (amélioration du profil en AG des crèmes) et d'autre part, réduire la quantité de cholestérol (Anihouvi, 2012).

La crème analogue aurait une durée de conservation de 6 mois et, avant d'être consommée, elle est normalement conservée à une température ambiante (Shamsi, 2000).

II.3. Classification des crèmes végétales

Les différents types de crèmes sont principalement classés en fonction de leur teneur en matière grasse (g / 100 g), le traitement thermique appliqué ou le procédé de fabrication et l'utilisation finale :

II.3.1. Selon le traitement thermique

La législation saoudienne a élaboré une norme s'appliquant aux exigences de base concernant les crèmes analogues (GSO standard, 2016). Elle mentionne les Classifications suivantes:

- Crème analogue sans traitement thermique : Préparer a une température ambiante dans des conditionneurs aseptiques.
- Crème analogue pasteurisée : Crème analogue ayant subi un traitement de pasteurisation.
- Crème analogue stérilisée: Crème analogue ayant subi un traitement de stérilisation dans l'emballage présenté au consommateur.
- Crème analogue UHT: Crème analogue traitée à très haute température et emballée dans des conditions stériles.

II.3.2. Selon la teneur en matière grasse

Le tableau VI classe les différents types de crèmes analogues selon la teneur en matières grasses végétales (GSO standard, 2016).

Tableau VI : Teneur en matière grasse végétale des crèmes analogues (GSO standard, 2016).

| Nom de produit | Teneur en graisse végétale |
|---|---|
| Crème légère analogue | Un minimum de 10% à 18% limite supérieure |
| Crème analogue (crème de table) | Un minimum de 18% |
| Analogue de crème épaisse | Un minimum de 36% |
| Crème concentrée analogue | Un minimum de 45% |
| Crème à fouetter analogue ou destinée a être fouettée | Un minimum de 28% |
| Crème à fouetter analogue ou destinée à être fouettée très grasse | Un minimum de 35% |

En Italie, la crème est vendue en plusieurs grades en fonction de sa teneur en matière grasse totale: crème légère ou au café (teneur en matière grasse allant de 10 à 20%), crème de cuisine (teneur en matière grasse supérieure à 20%) et crème à fouetter (teneur en matière grasse supérieure à 30%), ces derniers étant généralement employés dans la préparation de gâteaux et autres pâtisseries (Shamsi, 2000).

II.3.3. Selon le procédé de fabrication et l'utilisation finale

La figure 2 présente les étapes principale de fabrication des crèmes végétales (Ferioli et *al.*, 2008).

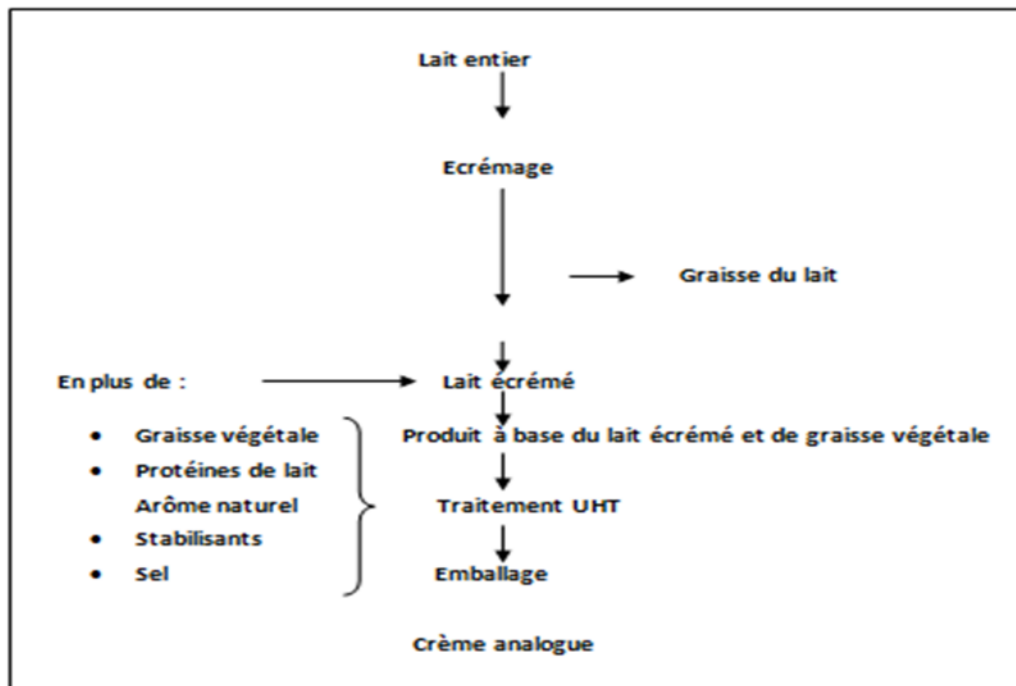


Figure 02 : Processus de fabrication des crèmes végétales (Ferioli et *al.*, 2008).

La phase principale de fabrication de la crème végétale est l'homogénéisation et l'agitation, cela favorise le foisonnement et l'émulsion de la matière grasse en présence des protéines du lait; Selon (Haisman, 2011), ils existent de différents types de crèmes dépend des conditions de préparation et leurs utilisation finale :

- **Crème à fouetter végétale**

Les crèmes fouettées (whipped cream) sont des émulsions huile / eau stables pendant le stockage, mais facilement déstabilisées en les fouettant pour incorporer de l'air et former une mousse stable. Pour faciliter le foisonnement, les matières grasses doivent avoir un taux de solides très élevée à température ambiante, mais elles doivent fondre complètement à la température du corps pour une bonne sensation en bouche, À cet égard, les graisses végétales solidifiées peuvent être meilleures que la matière grasse du lait et donner une mousse plus stable, pour cela sont largement utilisées dans l'industrie des gâteaux et des confiseries (Haisman, 2011).

Les crèmes fouettées sont disponibles sous forme liquides à fouetter, congelés pré-fouettés, liquides sous pression dans des aérosols, poudre à reconstituer et à fouetter.

La recombinaison doit être effectuée au-dessus de 70 ° C pour éviter une interaction entre le calcium de la poudre de lait écrémé et l'alginate. L'homogénéisation à 10–15 MPa (à 75 C) doit être effectuée en aval des traitements de pasteurisation (15 s à 85C) ou UHT (4 s à 144 C)

pour éviter toute agglomération de la matière grasse. Le liquide doit ensuite être refroidi à 10° C le plus rapidement possible afin de minimiser la taille des cristaux de graisse et la viscosité (Haisman, 2011).

- **Crème culinaire végétale**

La crème culinaire végétale (vegetable kitchen cream) est produite en remplaçant, après écrémage, la matière grasse laitière par une huile végétale raffinée et en ajoutant ensuite des protéines de lait, des arômes et d'autres additifs, les différents ingrédients sont mélangés dans des cuves aseptiques à une température ambiante, cette crème est destinée aux différentes préparations culinaires (Ferioli *et al.* 2008).

- **Crème café végétale**

Les crèmes à café (imitation coffee cream) ne sont pas sucrées, contiennent 10-20 % de matières grasses et sont stérilisées. Ces crèmes artificielles ont moins tendance à produire une écume de protéines dénaturées à la surface du café chaud, ce qui pose un problème avec la vraie crème, car elle contient beaucoup plus de protéines de lait, à l'origine de son instabilité.

La température du café chaud est d'environ 85 ° C et le pH est généralement compris entre 4,7 et 5,3. Dans ces conditions, la caséine peut coaguler partiellement, en particulier en présence d'ions calcium et magnésium dans l'eau dure. On ajoute des phosphates (0,3%) pour contrer l'acidité du café et des émulsifiants de polysorbate (jusqu'à 0,4%) pour stabiliser l'émulsion (Haisman, 2011).

Les protéines, les glucides et les sels sont dissous dans l'eau à 40-50°C, puis chauffés à 70°C. On ajoute dans ce mélange la matière grasse fondue et les émulsifiants. L'émulsion est homogénéisée dans un homogénéisateur à deux étages à 11 et 3 MPa, conditionnée et stérilisée à 115°C pendant 15 min ou par traitement UHT à 140°C pendant 10 secondes (Haisman, 2011).

- **Crème sure végétale**

La crème sure d'imitation (Imitation Sour Cream) a la même composition de matière grasse que la crème de café, mais est souvent émulsionnée avec du lait écrémé en poudre. Elle est acidifiée à un pH d'environ 4,5 avec de l'acide citrique ou lactique et peut être épaissie avec de la gélatine, de la gomme de guar ou de la carraghénane (Haisman, 2011).

II.4. La composition de la crème végétale

Les caractéristiques et la stabilité des produits laitiers d'imitation dépendent largement des caractéristiques des principaux ingrédients, à savoir les matières grasses, les protéines et les glucides, ainsi que des ingrédients fonctionnels mineurs qui stabilisent les systèmes lipidiques et protéiques (Harper, 2000) (Tableau. VII).

Tableau VII. Ingrédients typiquement utilisés dans la formulation des crèmes analogues (Carr et *al.*, 2005).

| Ingrédient | % massique |
|---|------------|
| Matière grasse, principalement à base de graisse végétale avec un peu de matière grasse laitière | 20-30% |
| Sucres | 0-25% |
| Protéines du lait | 0,5-2,5% |
| Emulsifiants | 0,2-1% |
| Epaississants | 0,1-0,4% |
| Colorants et arômes | Facultatif |

II.4.1. Matières grasses

Le décret exécutif n° 17-101 publié au Journal officiel N° 16 de la République Algérienne Démocratique et Populaire, fait à Alger le 6 Joumada Ethania 1438 correspondant au 5 mars 2017 (extrait 107-301) fixant les listes de différents types d'investissement autorise l'extraction et l'utilisation des huiles d'origine végétale et huiles végétales brutes .

Dans l'industrie des crèmes végétales (crème culinaire ou crème de cuisine) nous utilisons les huiles (huile de coco, huile de colza, huile de palme, etc..). Pour rehausser le goût, aromatiser et colorer les aliments. D'autre part, ces derniers possèdent des profils de composition chimique différents permettant de les utiliser comme agents naturels de conservation des aliments (Lecerf, 2011).

En usage industriel, les graisses sont considérées comme solides et les huiles liquides à température ambiante. Ces dernières sont liquides en raison d'une teneur plus élevée en acides gras insaturés. L'hydrogénation convertit les huiles en graisses. Les graisses et les huiles consistent principalement en une fraction lipidique riche en triglycérides, qui contient de petites quantités d'autres lipides, par exemple des stérols et des phospholipides. Pour les produits laitiers d'imitation, les matières grasses sont généralement choisies pour avoir des plages de points de fusion faibles et étroites, généralement de 32 à 36 °C.

Les caractéristiques souhaitées d'une graisse ou d'une huile utilisée dans les produits laitiers d'imitation sont une saveur neutre, une faible teneur en peroxyde, une bonne stabilité aromatique, une faible teneur en acides gras libres, une résistance à l'hydrolyse et un taux de graisse solide correspondant à la plage de température du produit ; Les corps gras ayant des points de fusion plus faibles sont généralement préférés car ceux-ci ont une meilleure texture ou une meilleure sensation à la bouche (Harper, 2000).

II.4.2. Protéines

Les protéines contribuent à un certain nombre de fonctions dans un aliment d'imitation. Celles-ci incluent l'émulsification, la gélification, la fusion, la liaison à l'eau et le foisonnement. Les facteurs à considérer dans le choix des protéines incluent: la qualité nutritionnelle nécessaire, des fonctionnalités spécifiques nécessaires, la solubilité/dispersibilité (facilité d'incorporation dans la formulation), une saveur agréable, et la stabilité dans les conditions de traitement. Dans les garnitures fouettées, les propriétés recherchées sont principalement l'émulsification et le foisonnement.

Un grand nombre de sources de protéines peuvent être utilisés dans les substituts laitiers. Celles-ci comprennent: les protéines animales, c'est-à-dire le lait écrémé sous forme liquide, condensé ou sèche, caséines, caséinate et leurs coprécipités, protéines de lactosérum et les protéines de graines oléagineuses et les protéines de poisson; L'utilisation des protéines est basée sur la rentabilité, la saveur, la fonctionnalité et la disponibilité. (Harper, 2000).

Les sources de protéines de graines oléagineuses comprennent les concentrés et isolats de protéines de soja, les protéines d'arachide, les protéines de graine de coton et les protéines de graines de tournesol, de colza, de noix de coco et de sésame. Les autres sources sont les protéines des feuilles et des cellules unicellulaires. Parmi ces sources de protéines, les protéines de lait et de soja sont les plus utilisées. L'utilisation des protéines est basée sur la rentabilité, la saveur, la fonctionnalité et la disponibilité. (Harper, 2000).

II.4.3. Les additifs alimentaires

Le tableau IIX mentionne les additifs alimentaires autorisés dans les crèmes analogues ainsi que les doses maximales utilisées dans le respect des limites spécifiées.

Tableau IIX. Norme générale Codex pour certains additifs autorisés dans les Crèmes analogues (CODEX STAN 288-1976).

| Additifs | Année adoptée | Limite maximale | Rôle |
|---|----------------------|------------------------|---|
| Acesulfame potassium | 2008 | 1000mg/kg | Edulcorant |
| Aspartame | 2008 | 1000mg/kg | Edulcorant ; exaltateur ; d'arôme. |
| Alginate de propylène | 2016 | 2500mg/kg | Épaississant ; émulsifiant ; anti moussant. |
| Caramel iii -caramel à l'ammoniaque | 2010 | 5000mg/kg | Colorant |
| Caramel iv –caramel à l'ammoniac sulfite | 2009 | // | Colorant |
| CarotenesI) bêta-carotène (synthétique ii) extraits naturels | 2011 | 20mg/kg | Colorant |

| | | | |
|---|------|------------|--|
| Esters de propylene glycol d'acides gras | 2001 | 5000mg/kg | Emulsifiant |
| Esters de sorbitane d'acide gras | 2016 | 5000mg/kg | Emulsifiant |
| Monopalmitate de sorbitane | 2016 | 5000 mg/kg | Emulsifiant |
| Esters glyceroliques de l'acide diacetyltartrique et d'acides gras | 2007 | 6000mg/kg | Emulsifiants ; stabilisants ; séquestrant. |
| Esters polyglyceroliques d'acides gras | 2016 | 8000mg/kg | Emulsifiant |
| Extrait de peau de raisin | 2011 | 150mg/kg | Colorant |
| Monolaurate de polyoxyethylene(20) sorbitane | 2005 | 5000mg/kg | Emulsifiant ; dispersant |
| Stéaroyllactylates | 2016 | 5000mg/kg | Emulsifiants ; stabilisants |
| Sucralose (trichlorogalactosaccharose) | 2008 | 580mg/kg | Edulcorant |
| Saccharose d'acides gras | 2016 | 10000mg/kg | Emulsifiants |
| Saccharoglycerides | 2016 | 10000mg/kg | Emulsifiants |
| Sucroseoligoesters, type i and type u | 2016 | 10000mg/kg | Emulsifiants |
| Tocophérols | 2017 | 10000mg/kg | Anti oxygène |

II.4.3.1. Emulsifiants

Un émulsifiant est une molécule qui a à la fois des composants hydrophobes (hydrophobes ou hydrophiles, parfois appelés lipophiles) et hydrophiles (aimant l'eau) sur la même molécule. En tant que molécule capable de faire le pont entre les phases aqueuse et huileuse, un émulsifiant peut conférer une stabilité à deux phases qui ne se mélangeraient normalement pas ensemble (Hartel et *al.*, 2018).

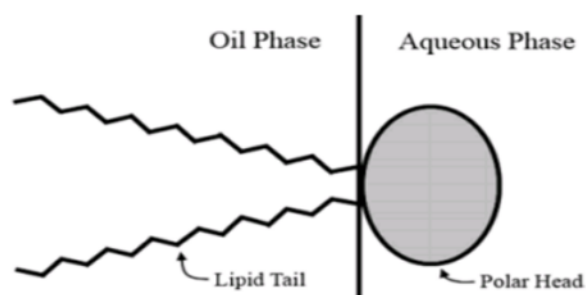


Figure 03. Représentation schématique ou orientation d'une molécule d'émulsifiant à une interface huile-eau (Hartel et *al.*, 2018).

Les émulsifiants, ou agents tensio-actifs, sont largement utilisés dans l'industrie agroalimentaire parce qu'ils servent à de nombreuses fins de la promotion de l'émulsification dans les caramels à la réduction de la viscosité des chocolats, les émulsifiants procurent des avantages substantiels dans les produits de confiserie et les technologies de transformation (Lecerf, 2011).

Un émulsifiant est un produit qui contient une partie soluble dans l'eau et une partie liposoluble dans la même molécule. Il stabilise les produits alimentaires contenant de la matière grasse. Les émulsifiants peuvent être des produits naturels, par exemple des phospholipides et des protéines, ou dérivés de produits naturels, par exemple des esters d'acides gras à longue chaîne et un alcool poly hydrique (Harper, 2000).

Les émulsifiants alimentaires sont principalement des ester partiels de polyols et d'acides gras ou d'acides organiques hydrosolubles, obtenus par trans-estérifications entre triglycérides et glycérol. Ils peuvent être utilisés comme agent émulsifiant et moussant. Protéines et émulsifiants sont à la fois moussants et émulsifiants, leurs comportements respectifs aux interfaces sont sensiblement différents (Suman et *al.*, 2009).

Les émulsifiants jouent plusieurs rôles importants dans les crèmes, ils jouent un rôle essentiel dans le contrôle de la viscosité du produit. De plus, les émulsifiants peuvent agir comme inhibiteurs de prolifération de bactéries (Hartel et *al.*, 2018).

II.4.3.2. Les épaississants

Les épaississants sont utilisés dans les produits laitiers de substitution pour l'une des raisons suivantes : assurer un contrôle de la viscosité et améliorer la sensation en bouche, améliorer les propriétés de foisonnement des produits fouettés, former un colloïde protecteur pour stabiliser les protéines lors du traitement thermique, modifier la surface des globules gras afin de minimiser la séparation de la matière grasse, fournir une stabilité acide aux systèmes protéiques, augmenter la stabilité à la congélation-décongélation et pour fournir les caractéristiques de fonte souhaitées au fromage analogue.

Les épaississants peuvent être classés comme neutres et acides, à chaîne droite ou ramifiée, gélifiantes et non (Harper, 2000).

II.4.3.3. Les stabilisants

Les citrates et les phosphates sont utilisés dans les produits laitiers de substitution pour un ou plusieurs des objectifs suivants : modifier le pouvoir tampon, améliorer la stabilité de la protéine aux ions calcium, améliorer la stabilité thermique de la protéine, jouer le rôle de sels émulsifiants dans la fabrication des fromages analogues.

Les sels de phosphate courants utilisés dans ces aliments sont le phosphate monosodique, le phosphate disodique, le phosphate trisodique, le pyrophosphate disodique, pyrophosphate de tétrasodium, tripolyphosphate de sodium, hexamétaphosphate de sodium, trimétaphosphate de sodium et le tétramétaphosphate de sodium.

Bien que certaines utilisations fonctionnelles présentent des similitudes, les phosphates sont plus largement utilisés que les citrates dans les produits laitiers de substitution (Harper, 2000).

Etude expérimentale

Chapitre III : Matériels et Méthodes

III.1. L'objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est de valoriser le lactosérum brut (acide), par la substitution total de l'eau utilisée dans la préparation de sirop du sucre, lors de la formulation d'une crème végétale destiné au fourrage de la génoise (Isser délice). Cette substitution doit garder les mêmes caractéristiques physico-chimiques de la crème de référence. Cet objectif a été effectué grâce à un model mathématique sur Excel qui tient compte des paramètres physico-chimiques des matières premières et des produits finis, notamment l'humidité et les teneurs en protéines. Cette valorisation pourrait être solution pour la diminution des taux d'intégration et d'importation des poudres de lactosérums et de diminuer la pollution due à cette effluent.

L'incorporation de lactosérum, et les analyses ont été réalisées au niveau de laboratoire de contrôle de qualité au sein de biscuiterie SARL ISO_9INTERNATIONAL.

III.2. Description de l'entreprise

La biscuiterie ISO_9INTERNATIONAL est une SARL au Capital de 166.500.000,00DA dont le siège social est situé à Isser dans la Wilaya de Boumerdès, L'Entreprise a été créée en 2000 et est entrée en production en 2002. Son effectif est constitué de plus de 120 salariés entre Cadres et ouvriers tous qualifiés et polyvalents. ISO_9INTERNATIONAL est d'une part le leader national dans la fabrication de la Génoise Fourrée consommée du plus petit au plus grand. D'autre part, dans le souci d'élargir sa gamme de produits et de répondre aux exigences du marché, ISO_9INTERNATIONAL a acquis une deuxième ligne technologique ultra moderne pour fabriquer le biscuit sec; à savoir, Le biscuit sablé, le petit four, les cookies et autres.

ISO_9INTERNATIONAL Dispose d'un personnel qualifié et polyvalent, d'un Organigramme qui répond aux besoins d'un marché dynamique et évolutif, et des Services Habituels (Finances Comptabilité, Personnel, Approvisionnements, Recherche et Développement, Commercial) tous réunis sous la bienveillance d'une Direction Générale attentive aux demandes de son personnel et du marché.

En 2003 ISO_9INTERNATIONAL s'est lancée dans l'exportation et a réalisé ses premières opérations vers La Libye, et depuis une année vers La France et La Belgique.



Figure 04 : Quelques produits de l'unité ISO_9INTERNATIONAL.

III.3. Matériel

III.3.1. Equipements et petits matériels du laboratoire

Les principaux équipements et matériels de laboratoire utilisés dans le cadre de ce travail sont listés ci-dessous.

- Balance de précision, Precisa®JB 12000C (portée = 2100 g sensibilité = 0,1 g), (Suisse);
- Agitateur magnétique Stuart®: Max2000 rpm, utilisation jusqu'à 450°C, (UK);
- PH-mètre HANNA®HI 2210 avec des électrodes combinées (États-Unis);
- Dessiccateur Precisa®XM60: Précision 0,1mg/0,001% (Suisse);
- Bain marie (Mettler, Allemagne) ;
- Batteur a main (Sonashi)
- Centrifugeuse de paillasse, MAX 45000 rpm (SIGMA) ;
- Butyromètre (FUNKE GERBER) ;
- Spectrophotomètre (UV- Visible) ;
- Plaque chauffante wafa model :WY-01A ;
- Matériels pour les analyses microbiologiques : Bec benzène ; Pipette pasteur ; Boîtes pétri ; Etuve Mettler(Allemagne);
- Verrerie: fiole conique de 100 ml, pipette jaugée de 10 ml, burette graduée de 25 ml, bécher, Flacon stériles ;
- Autres matériels: spatule, grande cuillère, pot en plastique.

III.3.2. Milieux de culture et réactifs

- Réactif de Folin-Ciocalteu ; phénolphtaléine ; DNS.
- bouillon Muller Kaufman; gélose Héктоen; VRBL; PCA; Giolitti/Contoni; gélose Chapman.

III.4. Méthodes

III.4.1. Récupération de lactosérum

Les échantillons utilisés dans cette étude proviennent de l'unité laitière et fromagère de Draa Ben Khedda (Tassili), le lactosérum est de type acide, issu du premier soutirage lors de la fabrication du fromage type camembert (pâte molle), les échantillons ont été prélevés au niveau de la cuve de coagulation lors de deuxième brassage selon le procédé représenté sur la figure 4; dans des flacons en verre stériles en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL). Puis ils ont été acheminés au laboratoire dans une glacière et les conservés jusqu'au moment de l'utilisation.

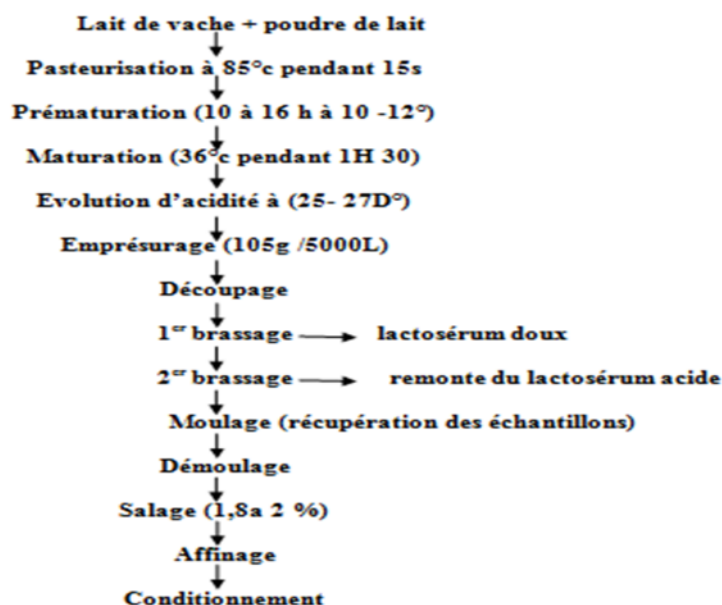


Figure 06: Diagramme de fabrication du camembert à Draa Ben Khedda et les niveaux de soutirage des lactosérums.

III.4.2. Modèle de simulation de la valorisation du lactosérum

III.4.2.1. Le principe du calcul en mode Excel

La modélisation en mode Excel est basée sur les caractéristiques de la matière première de la crème standard et la composition du lactosérum à valoriser, ce dernier doit apporter le même apport d'humidité et de protéines que celui de référence.

La quantité du lactosérum à valoriser est calculée à base de la teneur en eau du sucre inverti qui est un ingrédient élémentaire ; les équivalents massiques seront déterminés pour la réalisation de la crème à base du lactosérum.

III.4.2.2. Modèle mathématique adopté

III.4.2.2.1 Détermination des quantités des ingrédients après la valorisation

Les différentes équations étudiées dans cette simulation sont basées sur la recette de la crème végétale (annexe 1) et ces caractéristiques avant la valorisation, présenté dans le tableau suivant :

Tableau IX : La composition de la crème standard.

| Les ingrédients (84 kg) | La quantité en kg |
|-------------------------|-------------------|
| Sucre en poudre | 25 |
| Lactosérum en poudre | 1 |
| Dextrose | 5 |
| Lait 0%MG | 1 |
| Graisse végétale | 40 |
| Sirop du sucre | 12 |

Le lactosérum est incorporé lors de la préparation du sirop du sucre par remplacement total d'eau (tableau X), cet ingrédient est ajouté dans la formulation de la crème standard.

Tableau X : la formulation du sucre inversé à base d'eau (12Kg).

| Ingrédients | Quantité en Kg |
|-----------------------|----------------|
| Sucre | 6,645 |
| Eau | 4,4 |
| Sirop du glucose | 0,9 |
| Acide citrique | 0,025 |
| Chlorure du potassium | 0,03 |

- **Détermination de la quantité du lactosérum liquide dans le sirop du sucre**

L'apport du lactosérum nécessaire pour apporter la teneur en eau nécessaire lors de la préparation du sucre inversé est obtenu en suivant l'équation n° 1 :

$$\boxed{Q_{LV} \text{ (kg)} = Q_{ESI} \text{ (kg)} / Q_{ELI} \text{ (kg)}} \longrightarrow \textcircled{1}$$

Avec:

Q_{LV} (kg) : quantité du lactosérum à valoriser dans le sucre inversé à calculé en kg

Q_{ESI} (kg) : quantité d'eau dans le sirop du sucre en kg

Q_{ELI} (kg) : quantité d'eau dans 1 Kg du lactosérum liquide en kg

- **Détermination de l'équivalent de protéines dans le sucre inversé à base de lactosérum**

La quantité de protéines apportées par le lactosérum liquide sera calculée par l'équation n° 2 :

$$\boxed{Q_{PLV} \text{ (g)} = Q_{LV} \text{ (kg)} * Q_{PLI} \text{ (g/kg)}} \longrightarrow \textcircled{2}$$

Avec:

Q_{PLV} (g): quantité de protéines du lactosérum à valoriser à calculé en g

Q_{LV} (kg): quantité du lactosérum à valoriser en kg

Q_{PLI} (g/kg) : quantité de protéines en g dans 1 kg du lactosérum liquide

- **Détermination de l'équivalent de protéines du lactosérum en poudre nécessaire dans la formulation après la valorisation**

Le taux de protéines qui doit être apporté par le lactosérum en poudre (Q_{PLp}) est calculé avec soustraction entre l'équivalent de protéines dans la recette standard et celui du lactosérum liquide, selon l'équation n° 3 :

$$\boxed{Q_{PLp} (g) = Q_{Pt} (g) - Q_{PLv} (g)} \longrightarrow \textcircled{3}$$

Avec:

$Q_{PLp} (g)$: la quantité en g de protéines du lactosérum en poudre nécessaire pour assurer le rapport de protéines dans la recette de référence

$Q_{Pt} (g)$: la quantité en g de protéines du lactosérum en poudre utilisé dans la recette de référence

$Q_{PLv} (g)$: quantité de protéines du lactosérum à valorisé en g

- **Détermination de la quantité du lactosérum en poudre dans la recette après la valorisation**

Le taux de protéines nécessaire pour assurer l'équivalent de la recette de référence (Q_{PLp}) nous a permis de déterminer la quantité du lactosérum en poudre dans la recette après la valorisation ; cela est calculé suivant l'équation n°4 :

$$\boxed{Q_{Pap} (g) = Q_{PLp} (g) * Q_{Pt} (g)} \longrightarrow \textcircled{4}$$

Avec :

$Q_{Pap} (g)$: la quantité de poudre du lactosérum en g après la valorisation

$Q_{PLp} (g)$: la quantité en g de protéines du lactosérum en poudre nécessaire pour assurer le rapport de protéines dans la recette de référence

$Q_{Pt} (g)$: la quantité en g de protéines du lactosérum en poudre utilisé dans la recette de référence

- **Détermination du pourcentage de réduction de la quantité du lactosérum en poudre après la valorisation**

Le pourcentage de réduction est déterminé par rapport à la quantité de protéines apportée par le lactosérum liquide ; cela est calculé par l'équation n° 5 suivante :

$$\boxed{\%R = [Q_{PLv} (g) / Q_{Pt} (g)] * 100} \longrightarrow \textcircled{5}$$

Avec:

%R: le pourcentage de réduction de la quantité du lactosérum en poudre après la valorisation

Q_{PLv} (g) : la quantité de protéines du lactosérum liquide à valorisé en g

Q_{Pt} (g) : la quantité en g de protéines du lactosérum en poudre utilisé dans la recette de référence

III.4.2.2.2. Etude techno-commerciale

L'étude techno-commerciale conduit à l'évaluation du coût de revient annuel du lactosérum en poudre importé utilisé dans les 2 recettes ; cela permet de déterminer l'intérêt économique apporté par l'incorporation du lactosérum dans le sucre inverti. L'amortissement du coût de production de la crème à base du lactosérum est calculé en se basant sur l'équation n° 6.

$$\boxed{G = (A - B) * P} \longrightarrow \textcircled{6}$$

Avec :

G : le gain apporté après l'incorporation du lactosérum liquide en DA.

A : la quantité du lactosérum en poudre dans la recette standard.

B : la quantité du lactosérum en poudre après la valorisation.

P : le prix d'1 kg du lactosérum en poudre en DA.

III.4.2.2.3. Estimation de l'effet environnemental de la valorisation du lactosérum

En plus de l'intérêt économique, cette valorisation a un effet positif sur l'environnement qui permet la réduction de la pollution. En se basant sur la quantité annuelle du lactosérum engendrée dans la crème végétale, on va déterminer la quantités des substrat utile (MG, protéines, lactose) qui vont être récupéré et réutiliser par les industries alimentaires, et son équivalent d'oxygène consommée par cette effluve lors de son rejet dans les eaux résiduelles ou les rivières.

- **Détermination de la quantité du lactosérum liquide valorisé annuelle**

En prenant en considération le taux d'incorporation du lactosérum liquide dans une préparation de la crème végétale la quantité du lactosérum valorisé dans 1 an est calculé par l'équation n° 7 :

$$\boxed{Q_{Lan} \text{ (kg)} = Q_{Lv} \text{ (kg)} * N_{p/j} * N_{jt}} \longrightarrow \textcircled{7}$$

Avec :

Q_{Lan} (kg) : la quantité annuelle du lactosérum à valorisé en kg

Q_{Lv} (kg) : la quantité du lactosérum liquide à valorisé dans une préparation en kg

$N_{p/j}$: nombre de préparations de crème par jour

N_{jt} : nombre annuel de jours du travail

- **Estimation de l'équivalent d'oxygène consommé lors de la dégradation du lactosérum**

Selon Cheryann (1998), un litre de sérum nécessite 40 g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. L'équivalent de l'oxygène est calculé par l'équation n°8 ci-dessous :

$$Q_{O_2} \text{ (kg)} = Q_{Lan} \text{ (kg)} * 0,04 \text{ (kg)} \longrightarrow 8$$

Avec:

Q_{O_2} (kg) : quantité annuelle d'oxygène nécessaire pour la dégradation du lactosérum en kg

Q_{Lan} (kg) : la quantité annuelle du lactosérum à valorisé en kg

- **Estimation de l'équivalent en pollution humaine**

La pollution causé par 1000 m³ / jour d'eau usée rejetée par une industrie laitière serait équivalent à celle d'une ville de 800 000 habitants (KOSIKOWSKI et WZOREK, 1977). Cela va nous permettre d'apprécier le pouvoir polluant du lactosérum ce qui va montrer l'intérêt positif de cette étude sur l'environnement

- **Estimation de la teneur en matières utiles dans le lactosérum**

Les teneurs en matières utiles (MS, MG, lactose et protéines) du lactosérum récupérées annuellement dans notre étude sont calculés par l'équation n° 9 ci-dessous :

$$[MU]_{an} \text{ (kg)} = ([MU]/kg) * Q_{Lan} \text{ (kg)} \longrightarrow 9$$

Avec:

$[MU]_{an}$ (kg) : concentration de matières utiles annuelle du lactosérum en kg

$[MU]/kg$: concentration de matières utiles dans 1 kg du lactosérum

Q_{Lan} (kg): la quantité annuelle du lactosérum à valorisé en kg

III.4.3. Diagramme de préparation de la crème végétale

Au niveau de laboratoire où on prépare de petites quantités (pour 1Kg de la crème), la fabrication est réalisée dans un récipient en plastique on respectant les bonnes pratiques d'hygiène ; Nous pesons les ingrédients de faible concentrations (lactosérum poudre, poudre de lait, dextrose), puis les concentrations élevées (graisse de palme raffinée 38/40 et le sucre en poudre) afin d'éviter l'erreur dans la balance ; puis on rajoute la quantité équivalente de sucre inverti préparé selon les deux les formulations avant e après la valorisation (annexe 8).

Le sirop du sucre est préparé dans une casserole à l'aide d'une plaque chauffant fixé à une température de 80°C (pasteurisation du lactosérum), pendant 8min à 10min jusque a que le sucre et le sirop du glucose sont complètement dissout.

Après l'homogénéisation des ingrédients (annexe 8) avec le sirop du sucre dans à l'aide d'un batteur à main (Sonashi) (annexe 8); pour assurer un bon foisonnement de la crème, faire battre vigoureusement le mélange à des vitesses différentes jusqu'à ce qu'on arrive à avoir une crème avec l'aspect visuel recherché. Qui sera versée dans des boite hermétique à proximité d'un bec benzène, et les conservées à une température ambiante jusqu'au moment d'utilisation.

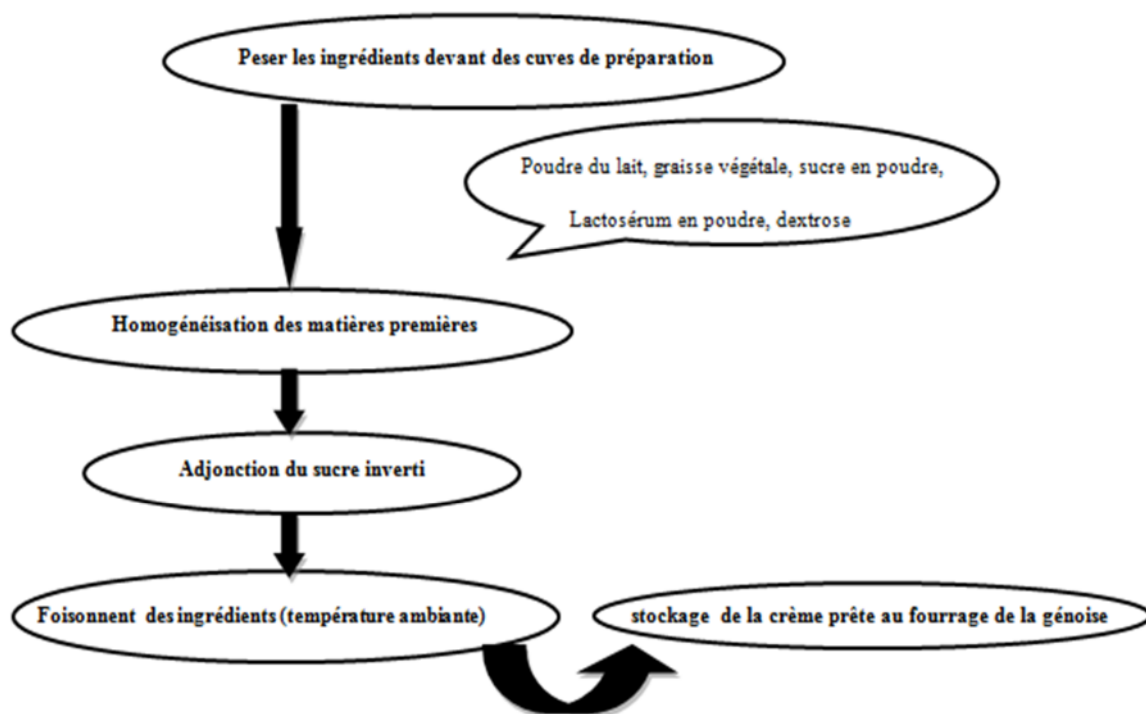


Figure 05 : Diagramme de fabrication du la crème végétale

III.4.4. Analyses physico-chimique du lactosérum brut et de crèmes végétales**Tableau XI** : Analyses physico-chimiques du lactosérum et les crèmes végétales.

| Les analyses effectuées | Lactosérum brut | La crème végétale |
|-------------------------|-----------------|-------------------|
| - Le PH | X | X |
| - L'extrait sec | X | X |
| - L'humidité | X | X |
| - L'acidité | X | |
| - Les protéines | X | X |
| - MG | X | X |
| - Le lactose | X | |

III.4.4.1. Détermination du pH

La mesure du pH se fait à l'aide du pH mètre. Le Ph nous renseigne sur l'état de fraîcheur des produits, c'est une mesures des ions H⁺ dans une solution dont le but est de déterminer quantitativement l'acidité ou la basicité de celle-ci (AFNOR, 1980) ; Les valeurs de pH sont obtenues par immersion de l'électrode du pH mètre dans l'échantillon du lactosérum, pour la crème il est nécessaire de faire une dilution dans de l'eau distillée avant l'immersion (annexe 2).

III.4.4.2. Détermination de l'extrait sec total

L'extrait sec total a été déterminé à l'aide d'un dessiccateur à infrarouge. Le principe repose sur la dessiccation par évaporation de l'eau du l'échantillon a analysé et pesée du résidu sec (AFNOR, 1980) (annexe 3).

Peser une quantité de l'échantillon (lactosérum, crème) sur une coupelle d'aluminium préalablement tarée.

- Régler le dessiccateur à 102° C ;
- Fermer le couvercle ;
- Après quelques minutes le résultat est directement afficher sur l'écran et exprimé en pourcentage de masse.

III.4.4.3. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité (Hm) est calculé selon la formule après la détermination de l'extrait sec total à l'aide d'un dessiccateur (AFNOR, 1980), selon la formule suivante :

$$H (\%) = 100 - EST(\%)$$

III.4.4.4. Détermination de l'acidité titrable et de l'acide lactique

Selon (AFNOR,1980) ; La mesure de l'acidité ce fait par hydrolyse de sodium en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré de la limite de neutralisation. Dans un bécher une quantité de 10 ml de lactosérum est introduite avec une pipette, puis 3 gouttes de la solution de phénophtaléine sont ajoutées et un titrage avec la solution d'hydroxyde de sodium (9/N) est réalisé jusqu'au début de virage au rosepâle(annexe 4).

Cette acidité provient de la fermentation du lactose par les micro-organismes. Elle est exprimée en gramme par litre (g/l) ou en degré DORNIC (°D).

L'acidité de lactosérum est calculée comme suit:

$$\text{AT (g/l)} = \text{V} * 10$$

- 1°D = 0.1 g/l d'acide lactique
- AT : acidité titrable
- V: chute de la burette (en ml)

III.4.4.5. Détermination de la teneur en protéines (méthode de LOWRY et *al.*, 1951)

Le taux des protéines sériques est évalué par la méthode colorimétrique (méthode de Lowry). Le réactif de Folin-Ciocalteu (acide phospho-tungsto-molybdique) est plus au moins réduit par les protéines (groupement oxydés des acides aminés), notamment des groupements phénoliques du tryptophane et de la tyrosine, et dans une moindre mesure la cystéine et l'histidine (DELOBETTE et *al.*, 1991).

Cette réaction donne naissance à un complexe coloré : Le bleu de molybdène dont l'intensité peut être mesurée au spectrophotomètre à une longueur d'onde de 750 nm. La valeur de densité optique donnée par le spectrophotomètre permet, par projection linéaire sur une courbe d'étalonnage $D.O = f(C)$ (annexe 5), réalisée avec la BSA comme protéine de référence, de déterminer la concentration en protéines de l'échantillon analysé.

III.4.4.6. Détermination de la teneur en matière grasse selon la méthode de GERBER (annexe6).

Le principe de la méthode est basé sur la séparation de la matière grasse du lactosérum, dans un butyromètre, après attaque des éléments du lactosérum, matière grasse exceptée, par l'acide sulfurique. Les matières grasses, résistantes à l'action de l'acide sulfurique sont séparées par centrifugation, à chaud en présence d'alcool isoamylique qui facilite l'opération et crée une séparation nette.

Faire sortir les butyromètres de la centrifugeuse et les maintenir immergés dans un bain-marie à 65°C pendant 4 à 5 min Nous pouvons ensuite lire sur l'échelle du butyromètre le taux de la matière grasse qui se sépare en une couche jaune claire et transparente.

III.4.4.7. Dosage du lactose en utilisant l'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS).

Le dosage du lactose est réalisé par une méthode colorimétrique (au DNS). En milieu alcalin et à chaud, l'acide 3,5-dinitrosalicylique est réduit en acide 3-amino-5-nitrosalicylique en présence de sucres réducteurs. Le composé obtenu est rouge orange à reflets pourpres. Il peut être dosé par spectrophotométrie ($\lambda = 530\text{nm}$).

La concentration en sucres réducteurs est obtenue à l'aide d'une courbe d'étalonnage réalisée avec des solutions connues de glucose (annexe 7)

III.4.5. Analyses microbiologiques de la crème végétale avec lactosérum brut**III.4.5.1. Objectif de l'analyse microbiologique**

L'objectif de l'analyse microbiologique de la crème végétale après la valorisation de lactosérum brut; et contrôler la salubrité, c'est-à-dire l'absence d'action toxique et les germes d'altération dans le produit fini au cours de leur conservation jusque à la consommation.

Les analyses microbiologiques effectuées sont représentées dans le tableau suivant:

Tableau XII : Les germes recherchés et leurs caractéristiques.

| Germes recherchés | Milieu de culture | Température d'incubation | Temps d'incubation | Normes d'analyses |
|---------------------------------------|--------------------------|---------------------------------|---------------------------|-------------------------------|
| Flore aérobie mésophile total) | PCA | 30 °C | 72 h | ISO 4831 |
| Coliformes totaux | VRBL | 37°C | 24 h | AFNOR T90-415 |
| Coliformes fécaux | VRBL | 44 °C | 24 –48h | journal officiel (27.05.1998) |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Giolitti / Contoni | 37°C | 24h-48h. | ISO 68888 (octobre 1999) |
| <i>Salmonella</i> | GéloseHektoen | 43°C | 24h | ISO 6585 (avril 2017) |

III.4.5.2. Préparation de la suspension mère et les dilutions

Après homogénéisation convenable de la crème végétale préparée à base de lactosérum brut pour que l'échantillon soit représentatif ; en respectant les Bonnes Pratiques du Laboratoire (BPL), et les règles d'asepsie, on a préparé une suspension mère (25g du produit ajouté à 225 ml de Na OH) (annexe 9). A partir de cette dernière en a réalisé des dilutions décimales en mélangeant 1ml de la crème avec 9 ml d'eau physiologique dans le but de réduire la charges microbiennes par unité de volume d'ordre suivant $10^{-1}10^{-2} 10^{-3} 10^{-4}$.

III.4.5.3. Recherche et dénombrement de la flore aérobie mésophile total

- **Ensemencement**

A partir des dilutions décimales successives en nombre, porter aseptiquement 1ml du produit dans une boîte de pétri vide préparée à cet usage et puis homogénéiser ensuite on ajoute de la gélose à l'extrait de levure PCA (Plate Count Agar) préalablement refroidie et maintenue à 44°C, puis homogénéiser le contenu (faire des mouvements circulaires en dessinant des 8 sur la paillasse), et enfin, laisser solidifier la culture.

- **Incubation**

Les boîtes de pétri sont incubées à 30°C pendant 48 h.

- **Lecture**

Elle se fait par comptage des colonies pour chaque boîte de pétri.

III.4.5.4. Recherche et dénombrement des coliformes fécaux

- **Ensemencement**

Selon la norme du journal officiel 27.05.1998 ; Les coliformes sont dénombrés soit : en milieu solide par la technique en boîte sur gélose VRBL, soit en milieu liquide par la technique du N.P.P (le nombre le plus probable) à l'aide du bouillon VRBL, réparti à raison de 10ml par tube muni au préalable d'une cloche de Durham.

Dans notre étude, le dénombrement se fait en milieu solide ; Par cette méthode, les coliformes fécaux sont dénombrés sur le milieu VRBL.

A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1ml dans une boîtes de pétri vides préparées à cet usage, Compléter ensuite chaque boîte avec environ 15ml de gélose VRBL, fondue refroidie et maintenue à 45°C.

Faire ensuite des mouvements circulaires et de va-et-vient en forme de (8) pour permettre à l'inoculum de bien se mélanger à la gélose utilisée ; Laisser solidifier les boîtes sur paillasse.

- **Incubation**

La série sera incubée à 44°C pendant 24 à 48h.

- **Lecture**

Les colonies apparaissent en couleur rouge foncé de 0,5 mm de diamètre. Les colonies sont comptées et ramenées aux nombres de germes par ml en tenant compte de la dilution.

III.4.5.5. Recherche et dénombrement des *staphylococcus aureus*

- **Ensemencement**

Préparation de milieux d'enrichissement (Bouillon Giolitti Cantoni), dans des tubes stériles (un tube par dilution) pour y ajouter une ampoule de solution de tellurite de Potassium, mélanger soigneusement après l'ensemencement d' 1 ml de suspension a analysé selon les dilutions.

Une quantité de paraffine (2 à 3 cm de hauteur) est versée dans chaque tube pour crée l'anaérobiose de la culture.

- **Incubation**

L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48h.

- **Lecture**

Seront considérés comme positifs, les tubes ayant virés au noir. Pour s'assurer qu'il s'agit bien d'un développement de *staphylococcus aureus*, ces tubes feront l'objet d'un isolement sur gélose Chapman préalablement fondue, coulée en boite de pétri et bien séchés. Les boites de Chapman ainsi ensemencées seront incubées à leur tour à 37°C pendant 24 à 48h. Après ce délai, repérer les colonies suspectes à savoir les colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, pigmentées en jaune.

III.4.5.6. Recherche et dénombrement des *salmonelles*

- **Ensemencement**

Peser une masse de 25g du produit dans un flacon de 250ml de l'eau peptonée ; Mélanger jusqu'à ce que le produit soit complètement dispersé ; Incubation à 37°C pendant 24h.

Transférer 0,1ml de la culture après pré-enrichissement dans un tube contient 10ml de bouillon Muller Kaufman.,

Effectué un isolement sur la gélose Héктоen ensemencée en stries avec une pipette pasteur dans de boites de pétri par de gouttes prélevées à partir de la culture obtenue dans le bouillon Muller Kaufman.

- **Incubation**

Incuber le bouillon à 43°C pendant 24h.

- **Lecture**

Sont suspectées positives, les boites contenant des colonies grises bleues à centre noire sur la gélose Hektoen.

III.4.6. Test de dégustation

L'analyse sensorielle consiste à analyser les propriétés organoleptiques des produits par les organes de sens, c'est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs pour évaluer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité des produits alimentaires d'une façon extrêmement objective pour estimer le degré d'acceptabilité du nouveau produit par les consommateurs (ZIKOUI, 2013 ; SIAR, 2014)

Le test de dégustation a été effectué par la méthode hédonique, en faisant appel à un panel non expérimenté. Ce test nous a permis de faire ressortir les principales caractéristiques sensorielles (goût, texture, saveur et couleur, Intensité du parfum) des deux crèmes préparées à base de lactosérum brut et la crème standard (à base d'eau) produits aussi de faire ressortir les préférences et les appréciations, et assure l'acceptabilité du nouveau produit ; Pour cela nous avons programmé une séance de dégustation au niveau de l'usine ainsi avec nos camarades et les membres de nos familles (12 sujets hédoniques) qui ont remplis des fiches (annexe 10) de notation selon les critères décrits par la norme (AFNOR NF V09-105) :

- Les dégustateurs doivent être volontaires, motivés et honnêtes qui sont des critères très important;
- Ils ne doivent pas fumer au moins deux heures avant le test ;
- Eliminations des sujets présentes des anomalies (problèmes de vision, anosmie, agueusie...);
- La présentation des échantillons en anonymats dans les mêmes conditions ;
- Les dégustateurs se rinceront la bouche au début de la séance et après chaque dégustation pour garder la sensibilité constante ;
- Ne pas hésiter à poser des questions ou des explications si un point ne semble pas clair pour assurer du bon déroulement de la séance.

Les critères évalués, nous ont permis de représenter un tableau qui a servi de faire une comparaison entre les deux crèmes, celle commercialisée et celle à base de lactosérum brut réalisée par un test de relation entre deux variables qualitatives (Khi²), afin de terminer l'absence ou la présence d'une différence significative sous un logiciel (STATISTICA), (annexe 11) :

H₀ : le lactosérum brut n'a pas d'effet sur les caractères organoleptiques, lorsque $P > 0.05$.

H₁ : le lactosérum brut a un effet sur les caractères organoleptiques, lorsque $P < 0.05$.

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1. Résultats des analyses physico-chimiques

IV.1.1. La Composition physico-chimique du lactosérum brut

L'analyse physico-chimique est une étape élémentaire dans cette étude, le rapport de valorisation dépend de la composition de lactosérum, en effet, il est caractérisé par sa richesse en matière sèche (lactose, protéines, matière grasse) ; Les résultats obtenus représentent la moyenne de deux essais sont rapportés sur le tableau (XIII).

Tableau (XIII) : Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum brut

| Paramètres | Lactosérum | Travaux (Sottiez, 1985) sur le lactosérum acide issu de fromage à pâte molle |
|----------------------|------------|--|
| PH(à 24°C) | 5.8 | 6.1 |
| Humidité (%) | 92.96 | 93.5 |
| EST (%) | 7.04 | 6.5 |
| Acidité (°D) | 21.4 | 22 |
| Acide lactique (g/l) | 2.14 | 2.2 |
| Lactose (g/l) | 53.25 | 75 |
| Protéines (g/l) | 6.8 | 12 |
| MG (g/l) | 1.86 | 1 |

Selon le tableau (XIII) nous constatons que les résultats obtenus sont conformes par rapport aux valeurs de référence trouvée par Sottiez(1985) ;

IV.1.1.1. PH et acidité titrable

Le pH du lactosérum analysé est de 5.8 ; cette valeur ne présente pas une divergence par rapport à la norme (Sottiez, 1985) qui est de l'ordre de 6.1 ; En outre, l'acidité titrable est de 21.4D° ; Cette valeur est similaire aux résultats des travaux de Veissyre(1975) qui ont noté que le lactosérum acide doit avoir une acidité supérieure à 18D°. Ces résultats confirment que le lactosérum analysé est obtenu suite à une fermentation lactique qui transforme le lactose du lait en acide lactique (Franworth et Mainville,2010).

Les teneurs de l'acide lactique sont déduites à partir de l'acidité titrable où 1°D =0.1g/l d'acide lactique ; La valeur trouvée est de 2.14g/l.

IV.1.1.2. L'humidité et l'extrait sec total

Le taux de l'extrait sec total noté dans le lactosérum étudié est de 7.04%, ce pourcentage est légèrement supérieur à celui donné par Sottiez (1985) qui est de 6.5% ;

L'humidité est proportionnelle avec l'EST. Ces valeurs indiquent la bonne qualité du lait de vache utilisé pour la fabrication du fromage à pâte molle type (camembert).

IV.1.1.3. Lactose

Les résultats obtenus montrent que la teneur en lactose égale 53.25g/l et représente 75.56% de matière sèche, une teneur inférieure à celle trouvée par Sottiez (1985) qui est de 75g/l. Ce résultat est peut être dû à un temps de caillage non suffisant, et par conséquent une quantité de lactose qui reste dans le caillé, où pourrait être liée à l'activité microbienne élevée précoce lors des fabrications fromagères comme c'est expliqué par MC Sweeney (2004).

IV.1.1.4. Protéines

La teneur trouvée lors du dosage des protéines du lactosérum provenant de la production du fromage à pâte molle par la méthode de LOWRY est de 6.8g/l, l'équivalent de 9.65% de matière sèche ; ce résultat est inférieur à celui donné par Sottierz (1985) qui est de 12g/l.

La faible teneur obtenue est due probablement à la matière première déficitaire en protéines et au processus suivi dans la fabrication du camembert lors de la pasteurisation de lait qui peut dénaturer les protéines sériques (thermosensibles), ou pendant le caillage (caillage complet).

IV.1.1.5. Matière grasse

La valeur trouvée dans notre étude est de 1.86g/l, représente 2.64% de matière sèche, c'est une teneur légèrement supérieure à celle trouvée par Sottierz (1985) qui est de 1g/l ; Cela serait dû au brassage effectué pour séparer le lactosérum du caillé où des fuites en matière grasse peuvent avoir lieu (WOO, 2002).

IV.2. Résultats de la simulation**IV.2.1. Résultats de la simulation mathématique de la nouvelle recette**

D'après l'équation n°1 décrite dans la partie matériel et méthodes on a déterminé le rapport du lactosérum a valorisé dans la formulation du sucre inverti par remplacement d'eau ; cela est représentée dans le tableau ci-dessous :

Tableau XIV: la formulation du sirop du sucre à base du lactosérum brut.

| Ingrédients | Quantité en Kg |
|-----------------------|-----------------------|
| Sucre | 6,63 |
| Lactosérum brut | 4,72 |
| Sirop du glucose | 0,918 |
| Acide citrique | 0,025 |
| Chlorure du potassium | 0,03 |

Selon les équations n° 1, 2, 3, 4 et 5 décrites dans la partie matériel et méthodes, les différentes quantités utilisées dans la préparation de la crème végétale à base de lactosérum liquide ont été obtenus. Le tableau (XV) ci-dessous représente la recette après le remplacement d'eau par le lactosérum brut dans le sucre inverti.

Tableau XV: Quantités exactes des ingrédients à utiliser dans la formule à base du lactosérum liquide.

| Les ingrédients | La quantité en kg |
|----------------------|-------------------|
| Sucre en poudre | 25 |
| Lactosérum en poudre | 0,73 |
| Dextrose | 5 |
| Lait 0%MG | 1 |
| Graisse végétale | 40 |
| Sirop du sucre | 12,33 |

IV.2.2. Etude comparative des caractéristiques physico-chimiques (théoriques et pratiques) des deux crèmes

Les résultats physico-chimiques des deux crèmes sont résumés dans le tableau suivant.

Tableau XVI : Résultats des analyses et de la simulation physico-chimiques des deux produits des deux crèmes.

| Paramètres | Crème standard | | Crème a base du lactosérum brut | | |
|--------------|----------------|----------|---------------------------------|----------|------------------------------|
| | Simulation | Pratique | Simulation | Pratique | Normes exigé par l'industrie |
| Ph | / | 6,4 | / | 5,9 | 5_6,5 |
| EST (%) | 92,99 | 92,66 | 93,02 | 93,22 | 92_95 |
| H% | 7,005 | 7,34 | 6,98 | 6,78 | 5_8 |
| MG(%) | 46,-67 | 46,48 | 46,64 | 45,28 | / |
| Protéines(%) | 0,30 | 0,29 | 0,30 | 0,29 | > 0,2 |

Les valeurs obtenues par les analyses effectuées à savoir : le pH, l'EST, l'humidité, la matière grasse, ainsi que les protéines des deux crèmes sont conformes à la norme industrielle, ainsi pour les valeurs obtenues par la simulation.

Le Ph est un paramètre très important à connaître car il permet de prévenir le risque de contamination microbienne. On favorise une valeur basse de ce dernier pour freiner la croissance de la majorité des microorganismes (Faur, 1992).

A partir des résultats, on remarque une baisse légère du PH (5.9) due à l'ajout de lactosérum brut dans la formulation (crème après valorisation) et la présence de l'acide lactique après la fermentation de lactose, mais qui est toujours dans l'intervalle de la norme exigée par l'entreprise ISO_9 INTERNATIONAL (5 à 6.5).

La crème végétale considéré comme un système composite dans lequel l'eau et l'EST jouent un rôle capital. L'eau affecte directement la qualité des produits préparés ainsi que leur durée de conservation. Les analyses montrent qu'il n'existe pas une différence significative entre les deux crèmes par rapport à l'EST, l'humidité, et le taux de protéines cela dû au respect des propriétés physico-chimiques et les concentrations en remplaçant l'eau par le lactosérum brut dans la formulation du sirop du sucre ; Comme l'exige l'objectif de notre étude, la comparaison des résultats pratiques entre eux et théoriques entre eux obtenus des deux crèmes, nous permet d'observer l'approchement des valeurs, donc on a réussi à garder les mêmes caractéristiques physico-chimique de produit de référence ce qui confirme l'efficacité du modèle de simulation adopté.

IV.2.3. Résultats technico-commerciaux

Tableau XVII : Les quantités et le coût annuel du lactosérum avant et après la valorisation.

| | Avant la valorisation | Après la valorisation | Taux de réduction |
|---|-----------------------|-----------------------|-------------------|
| Les quantités annuelles du lactosérum en poudre (kg) | 4320 | 3164,04117 | 1155,95883 |
| Le coût annuel (DA) | 1382400 | 1012493,17 | 369906,825 |

D'après les résultats montrés dans le tableau ci-dessus, on constate qu'en remplaçant l'eau par le lactosérum dans le sucre inverti permet de diminuer la quantité du lactosérum importé ; l'entreprise peut dégager un bénéfice annuel de l'ordre de 369906,825 DA, ce qui présente un amortissement de charge avec un pourcentage représenté dans la figure suivante :

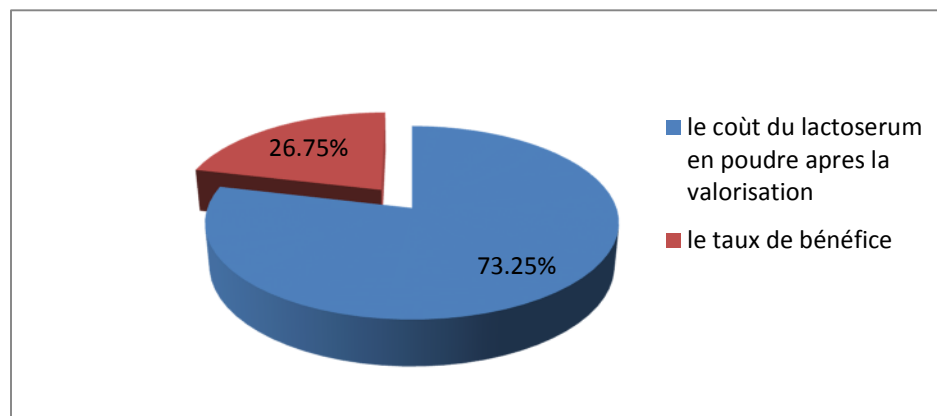


Figure 07 : le pourcentage de bénéfice après la valorisation

On constate que la valorisation du lactosérum brut pourra donc améliorer le chiffre d'affaire des industries alimentaires et adopter une nouvelle politique visant à diminuer la facture d'importation du lactosérum en poudre, en outre, utiliser moins d'eau afin de l'économiser.

L'intérêt économique de cette étude peut être adopté par les entreprises alimentaires algériennes à l'aide des exigences de la mise en valeur du lactosérum par des réglementations strictes qui implique l'interdiction du rejet de ce produit dans la nature.

IV.2.4. Aspect environnemental

Tableau XVIII : Les résultats de l'étude environnementale du lactosérum.

| | |
|---|-----------------|
| La quantité annuelle du lactosérum valorisé (kg) | 20399.25 |
| L'équivalent d'O₂ nécessaire pour la dégradation du lactosérum (kg) | 815.97 |
| L'équivalent de la pollution humaine (habitant) | 16319.41 |

Le tableau ci-dessus montre que la quantité du lactosérum à valoriser annuellement est de 20399.25 kg ; sachant que 1m³ de lactosérum rejeté dans la nature est l'équivalent de pollution causée par 800 habitants, donc une pollution de 16319.41 habitants/an, qui dans notre étude a été incorporé dans la crème au lieu de le rejeter dans la nature.

L'équivalent de l'O₂ nécessaire pour la dégradation du lactosérum par les microorganismes s'il est rejeté dans la nature (rivière) est de 815.97 kg/an, qui peut être la cause de diminution de l'oxygène dissout dans les milieux aquatiques, ce qui affecte la survie des espèces aquatiques.

Cette étude permet de récupérer des éléments nutritifs contenus dans le lactosérum brut (EST, MG, protéines), ces éléments biochimiques peuvent être utilisés soit à l'état brut ou après une lyophilisation. Le tableau suivant présente leurs quantités annuelles.

Tableau XIX : Les quantités des matières utiles régénérées par le lactosérum brut.

| | |
|-----------------------|--------|
| EST (kg) | 1436.1 |
| MG (kg) | 37.94 |
| Protéines (kg) | 138.7 |

D'après les résultats des caractéristiques physico-chimiques utilisées dans cette étude, on peut estimer les quantités élémentaires du tableau (XIX), on constate qu'une quantité importante des éléments nutritifs qui, avant, finissent dans les eaux usées (EST = 1436.1 ; MG = 37.94 ; Protéines = 138.7), en amant, ces derniers peuvent être utilisés dans de nouvelles formulation par les industries alimentaire.

IV.3. Les résultats des analyses microbiologiques de la crème à base de lactosérum brut

La lecture des résultats est faite à partir des deux dilutions (10^{-1} et 10^{-2}), les résultats sont représentés dans le tableau suivant :

Tableau XX : Résultats des analyses microbiologiques de la crème

| Germes recherchés | Résultats |
|--------------------------------------|-----------|
| Flor aérobie mésophile totale (FAMT) | Absence |
| Coliformes totaux | Absence |
| Coliformes fécaux | Absence |
| <i>Staphylococcus aureus</i> | Absence |
| <i>Salmonella</i> | Absence |

• Interprétation

De ce fait, notre crème analysée présente une bonne qualité hygiénique, propre à la consommation et à la l'incorporation dans le produit fini qui sera commercialisé après conditionnement dans des pochettes hermétique à une température ambiante.

- Lecture sur milieu à l'extrait de levure (PCA) : absence de colonies des germes aérobies mésophiles dans la crème qui se traduit par aucun changement de couleur dans les boîtes, cela signifie que la température de pasteurisation choisie lors de la préparation de sirop du sucre est efficace et la qualité hygiénique de la matière première est bonne.
- Lecture sur milieu VRBL ; Bouillon Giolitti Cantoni ; gélose Hektoen : absence des germes pathogènes dans la crème (coliformes totaux, fécaux, *Staphylococcus aureus*, *Salmonelle*) implique que la crème a une excellente qualité bactériologique (le seuil d'identification est 3×10^4), ainsi, il est déclaré propre selon l'arrêté du 24/01/1998 relatif aux spécifications microbiologiques des denrées alimentaires (JORADP, 1998) ; cela est dû au bon respect des règles d'hygiène lors de la manipulation.
- En effet, le sucre constituant cette crème végétale (44,7%) a un effet conservateur grâce à son pouvoir hygroscopique qui lui permet de fixer l'eau et diminuer l'Aw (les microorganismes n'ont pas assez d'eau pour se développer) ;
- La présence de l'acide lactique et citrique (régulateurs d'acidité) considérés comme agents conservateurs.

IV.4. Résultats de test de dégustation

Grace aux résultats obtenus par des dégustateurs (12 membres de jury hédoniques) sur les critères organoleptiques des 2 crèmes (la texture, l'aspect visuel, la saveur, l'intensité du parfum, la couleur, la description finale) on a illustré le tableau ci-dessous.

La comparaison entre les caractères sensoriels réalisée par le test de (Khi2) sous logiciel (STATISTICA).

Tableau XXI : Tableau récapitulatif des résultats de l'analyse sensorielle.

| Texture en bouche | | | Saveur | | | Aspect visuel | | | Couleur | | | Intensité du parfum | | | Description finale | | |
|-------------------|--------------------|----|--------------------|----|----|--------------------|----|----|--------------------|----|----|---------------------|----|----|--------------------|----|----|
| | Av | Ap | | Av | Ap | | Av | Ap | | Av | Ap | | Av | Ap | | Av | Ap |
| Lisse | 3 | 5 | Amer | 0 | 0 | Mousseuse | 6 | 3 | Blanche | 12 | 3 | Faible | 3 | 1 | Bonne | 6 | 5 |
| Collante | 5 | 3 | Peu sucrée | 0 | 0 | Onctueuse | 4 | 6 | Blanche cassée | 0 | 9 | Satisfaisante | 7 | 6 | Agréable | 2 | 4 |
| Sableuse | 4 | 4 | Sucrée | 8 | 7 | Grumeleuse | 2 | 3 | / | / | / | Intense | 2 | 5 | Moyenne | 4 | 3 |
| / | / | / | Trop sucrée | 4 | 5 | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / | / |
| Khi2 | P > 0.05 | | P > 0.05 | | | P > 0.05 | | | P < 0.05 | | | P > 0.05 | | | P > 0.05 | | |

Av : Avant la valorisation du lactosérum brut

Ap : Après la valorisation du lactosérum brut

H₀ : Le lactosérum n'as pas d'effets sur les critères organoleptiques de la crème

H₁ : Le lactosérum a un effet sur les critères organoleptiques de la crème

- **Interprétation :**

D'après les résultats représentés dans le tableau (XX) et l'analyse statistique réalisée par le test (Khi2) ($P > 0.05$), on constate que le lactosérum n'a pas d'effets sur les critères organoleptiques (texture, saveur, aspect visuel, intensité du parfum, description finale), donc L'hypothèse (H_0) est acceptée.

Après l'analyse de comparaison entre la couleur des deux crèmes avant et après la valorisation par le test (Khi2) à l'aide de logiciel (STATISTICA), on conclut qu'il existe une différence remarquable ($p < 0,05$), donc cette valorisation a un effet sur la couleur de la crème.

La comparaison des résultats des critères organoleptiques entre les deux crèmes nous a permis d'observer l'approchement très satisfaisant des valeurs comme exige l'objectif de notre étude. La divergence de couleur entre les deux crèmes est expliquée par la présence de Riboflavine qui confère une couleur jaune verdâtre au lactosérum liquide.

Conclusion et perspectives

Conclusion et perspectives

❖ Conclusion

Les effluents produits par les unités de production de lait et de fromages sont parmi les rejets les plus polluants pour l'environnement. Cette charge polluante est due à la composition organique et minéralogique de ce type d'effluent, Ceci dit le lactosérum. Pour cela, ça valorisation est nécessaire afin de limiter le problème de pollution environnementale engendrée par ce sous-produit, d'autre part, diminuer la facture d'importation de lactosérum en poudre.

Cette étude est intéressée a la valorisation du lactosérum de type acide dans une formulation d'une crème végétale par remplacement total de l'eau dans le sirop du sucre, qui constitue une valeur ajoutée de ce produit fini vu sa richesse en éléments nutritifs, en remplaçant l'eau qui constitue le sucre inverti après une simulation mathématique sur Excel pour définir les taux d'incorporation du lactosérum ;ce qui implique la diminution du lactosérum en poudre utilisé dans la recette industrielle.

Les analyses menées au laboratoire ont porté sur l'analyse de la qualité physico-chimique de lactosérum issu de la laiterie DBK, représente un sous-produit de très bonne valeur alimentaire. En effet, il renferme une quantité assez importante de matière sèche notamment les protéines avec lesquelles on détermine le pourcentage d'incorporation qui est de 26,75% et le taux de bénéfice après la diminution de la quantité du lactosérum en poudre utilisé qui est de 369906, 825DA.

L'ensemble des analyses physico-chimiques du produit fini obtenus nous ont permis de valider le modèle Excel réalisé sur la crème avant et après la valorisation qui montrent ça conformité aux normes industriels.

Les résultats obtenus après l'analyse microbiologique ont démontré que La crème a une bonne qualité microbiologique (absence de germes pathogènes), ce qui signifie qu'elle est normalement consommable.

L'analyse sensorielle des deux crèmes et l'interprétation statistique des résultats n'ont montré aucune différence significative entre les caractères organoleptiques.

Au terme de cette étude on conclut que la production de la crème végétale avec l'incorporation de lactosérum liquide apporte un intérêt économique pour l'Industrie ISO 9_INTERNATIONAL; en plus, ça fera l'objet d'une facilité de s'en débarrasser par les usines d'origine (fromageries) en évitant son évacuation dans la nature et par conséquent éviter la prolifération accrue des micro-organismes nuisibles dans l'environnement, donc ça constituera une relation gagnant-gagnant entre les industries alimentaires.

❖ Perspectives

- ✓ Utilisation de lactosérum doux dans une étude similaire et faire une comparaison avec le lactosérum acide ;

Conclusion et perspectives

- ✓ Tests avec d'autres types de lactosérums à des teneurs en protéines différentes suivi d'une estimation de pourcentage d'incorporation et de taux de bénéfice ;
- ✓ Réaliser cette étude avec d'autres formulations industrielles (biscuit sec, pâte de la génoise, fromage, boisson).

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- **ADRIAN J ; LEGRAND G et FRANGNE R., (1991).** Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et doc. Lavoisier. 3ème édition : 116p.
- **AFNOR. (1980).**Recueil de norme française lait et les produits laitier ed. paris.
- **AFNOR.(1986).**contrôle de la qualité des produits laitiers, analyses physique et chimique , troisième édition.
- **ANIHOUI P.P., SDANTHINE S., KARAMOKOG et BLECKERC., (2012).** Les crèmes végétales: une alternative aux crèmes lactières (synthèse bibliographique).Biotechnol. Agron. Soc. Environ. Vol 16 (3).
- **ANONYME2, (2002):**«Manuel de transformation du lait» , chapitre 15: le traitement de sérum de fromage.CD ROM 2000.
- **APRIA, (1973).** Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P: 3-132.
- **APRIA, 1980.** Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animal.
- **AUDIC J. C, CHAUFER B., DAUFIN G., (2003).**Non-food applications of milk components and dairy co-products: A review. 83: 417 - 438.
- **BERGEL D ; FERON A. MOLLIKA. (2004).** CRÉSO –UNIVERSITÉ DE CAEN ESO -UMR 6590 CNRS N° 21.
- **BERROCAL R. (2000).** Le lait aliment de santé. Résumés des conférences. INPL, pp : 1-14.
- **BOUDIER.J.F, F.M.LUQUET. (1981).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale ; Apria, paris.
- **BRUNNER J.R., (1977).** Milk proteins, in food proteins, Whitaker, J.R and Tannenbaum, S.R. -AVI Publ., west port CT, pp 175.
- **CHEFTEL J. C., CU J. L., LORIENT D.(1985);** protéines alimentaires, biochimie-propriétés Fonctionnelles. Valeur nutritionnelle- modification chimique. Tech et Doc. Lavoisier ; 1985; 295p
- **CHERYAN M.(1998).** Ultrafiltration and microfiltration handbook, the chnomic publishing company. Lancaster, PA.

Références bibliographiques

- Codex Alimentarius, codex Stan 192, 1995. Norme générale Codex pour les additifs alimentaires. Rome : FAO/OMS
- **CHUCKP., BOUHALLAB S., DURUPT D., VAREILLE P., HUMBERT J.P et MARIN M. (2004).** Séchage des lactosérums et dérivés: rôle du lactose et de la dynamique de l'eau.
- **DELOBETTE J.B. ET ORMEROD O.J. (1991).** Mise au point de procédé de traitement des lactosérums et effluents de fromageries en production fermière .Compte rendu sur les techniques d'élevage et qualité Institut d'élevage .INRA.
- **DEOSARKAR SS., KHEDKAR CD,(2016).** Cream: Types of Cream.Encyclopedia of Food and Health. Pp 331-337.
- **DIBLEY G, (1997).** Harnessing the nutritional power of milk. Proc. Nutr. Soc. NZ., 22(20): 1501-59.
- **EIGEL W.N., BUTTER J.E., ERNSTRON C.A., FORRELL H.M. et HARWALKAR V.R., (1984).** Epicier Avril, biscuits sucrés. P: 15.
- **EUGENIA LUCENA M., ALVAREZ S., MENENDEZ C et FRANCISCO A., (2006).** Riera, Alvarez Faculté des sciences exactes et des sciences de la nature et de la vie, Département des sciences de la nature et de la vie. Alimentation et nutrition. pp : 25-38.
- **FANWORTH,E , et MAINVILLE,I ,(2010)** ,les produits laitiers fermenté et leurs potentiels thérapeutiques ,centre de recherche et de développement sur les aliments ,industrielle du petit lait et de son permeat par fermentation. Thèse de doctorat, école International Dairy Fed. Nutrition News, 5:23-24.3:179-184.
- **FAO, (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine,Vol 28,Col FAO, alimentation et nutrition.P: 271.
- **FAUR L., (1992).** Margarine technology. Oils and fats Manual Karleskind, A. vol. 2, Lavoisier Publishing, Paris: 938-987.
- **FERIOLI F., CASTAGNETTI G. B et CABONI M. F., (2008).** Effect of different storage conditions on the lipid fraction of a vegetable cream. Journal of Food Quality 31. pp 446-464.
- **GERARD B et DEBRY G., (2001).**Lait nutrition et santé. Ed Tec et Doc. PP : 44-5.
- **GONZFILEZ SISO M. I. (1996).** The biotechnological utilization of cheese whey: a review. Bioresource Technology, 57, 1: 1-11.

Références bibliographiques

- **GRANGER C. et al., (2005).** Influence of formulation on the structural networks in ice cream. *Int. Dairy J.*, 15, 255-262.
- GSO 2016, Standardization organization. creamanalogue. ICS: 67.100.01.pp 1-6.
- **GUMPEN S., HEGG P.O. et MARTENS M. (1979).** Thermal stabilization of fatty acid-serum Albumin complexes studied by differential scanning calorimetry, *biochim. Biophys. Acta*, 574, 189.
- **HAISMAN D, 2011.** Imitation dairy products. Pp 913-916.
- **HARMBLING S.G., MCALPINE A.S et SAWYER L.,(1992).** B-lactoglobulin. In: *Advanced Dairy Chemistry - 1*. P.F. Fox (ed), Elsevier Applied Science, London and New York, chap. 4, pp. 141-179. [https:// www .topsante .com / nutrition et recettes / bien - choisir-ses aliments /nutrition –tout-savoir –sur –la-présure –des –fromages -73065](https://www.topsante.com/nutrition-et-recettes/bien-choisir-ses-aliments/nutrition-tout-savoir-sur-la-présure-des-fromages-73065).
- **HARPER J. W., (2000).** Synthetic and imitation dairy products, in *ECT 3rd ed.*, vol. 22, pp. 465–498.
- **HARTEL, R. W., J. H. VON ELBE, et al., (2018).** Fondants and Creams. *Confectionery Science and Technology*. Cham, Springer International Publishing: 245-272.
- International standard ISO, 2017_Analyse microbiologiques des aliments.
- **JEANTET, R., T. CROGUENNEC, et al.,(2008).** "Les produits laitiers." Lavoisier, Tec & Doc185.
- **JOURNAL OFFICIEL ALGERIEN 1998**
- **JOURNAL OFFICIEL N° 16** de la République Algérienne Démocratique et Populaire (2017).
- **KIRAT, (2007).** Les conditions d'émergence d'un système d'élevage spécialisé en engraissement et ses conséquences sur la redynamisation de l'exploitation agricole et la filière des viandes rouges bovines –Cas de la Wilaya de Jijel en Algérie.
- **KOSIKOWSKI, F. V., & WZOREK, W. (1977).** Whey wine from concentrates of reconstituted acid whey powder. *Journal of Dairy Science*, 60(12), 1982-1986.
- **LACHEBIS., & YELLES,F. (2018).** Valorisation du lactosérum par technique membranaire. Thèse de doctorat, Boumerdes ; Algérie.
- **LAPLANCHE J ;(2004).** Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. *Revue suisse Agric.*, 36(5), p: 220-224.

Références bibliographiques

- **LECERF, J. M(2011).** "Les huiles végétales: particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness." *Médecine des Maladies Métaboliques* 5(3): 257-262.
- **LINDEN, G ; & LORIENT. (1994).** *Biochimie agro-industrielle, D .Valorisation alimentaire de la production agricole.* Masson Paris Milan Barcelone.1994.
- **LIN V.J. C. AND KOENIG J. L. RAMAN., (1976).** *Studies of bovine serum albumin, biopolymers,* p: 15, 203.
- **LORIENT D. (1998).** *Modification biochimiques des constituants alimentaires. Techniques de l'ingénieur, traité agro-alimentaire, F3400, PP: 1-20.*
- **LUPIN D., (1998).** *Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine.* FAO, Alimentation et nutrition. pp: 25-38.
- **LUQUET F.M. ET BOUDIER J.F. (1984).** *Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale.* *Apria.*, 21, p : 1-7, 66, 83-90.
- **LUQUET ET FRANCOIS M. 1990.** *lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II.Techniques et documentation-Lavoisier, 621p.*
- **MARWAHA, S. S., & KENNEDY, J. F. (1988).** *Whey_pollution problem and potential utilization.**International Journal of Food Science & Technology*,23 (4), 323-336.
- **MCAULIFFE, K. W., SCOTTER, D. R., MACGREGOR, A. N., & EARL, K. D. (1982).***Casein whey wastewater effects on soil permeability.**Journal of Environmental Quality*, 11(1), 31-34.
- **MC SWEENY P,L, H, SALAUNN –MECHEL ;F.(2004)** ,*Biochemical pathways for the production of flavor compounds in cheeses during répnng a review*,*Laits*,80, 293-324.
- **MEMBREZ. Y, FRUTEAU DE LACLOS. H, 2004.** *Energie à partir de petit-lait. Comparaison des filières biogaz et bioéthanol, N° 100203, p 15-103.*
- **MEREO M., (1971).** *les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. ind, agro-alim,* pp : 817-823.
- **M. LUQUET,** coordonnateur, assiste de Yvette Bonjean-Linczowski; prefaces de J. Keilling, R. deWilde.

Références bibliographiques

- **MOLETTA R ; (2002).** Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc; 600p.
- **MORR C.V ;(1989).** Whey proteins: manufacture. In: Development in Dairy Chemistry - 4 P.F. Fox (ed), Elsevier Science Publ., London and New York, chap 6, pp. 245-283.
- **MORR C.V; and HA E.Y.W ; (1993).** Whey protein concentrates and isolates: processing and Functional properties. Critical reviews in food science and nutrition, 33 (6) (1993), pp431- 476.
- **MULLER A., BERNARD C.H., UZI E., GEORGES D.;** prepurification of alpha actalbumine with UF ceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions .lait 83 (2003), 111-129.
- **NELSONE.F ET COLL,(1978).**whey utilization in first flavored drinks.»Dairy and food science14.
- **POTTIER (2005).** Crèmes glacées : deux géants mondiaux de l'agroalimentaire sur le marché mondial en pleine de croissance.
- **PROOT, J. (2001).** Les technologies propres appliquées aux industries agroalimentaires. *PDF ARIST BOURGOGNE*, 05.
- **ROUFIK S., SYLVIE F., GAUTHIER SYLVIE L., TURGEON., (2007).**Physico-chemical characterization and in vitro digestibility of β -LG F142-148 complexes. Inter dairy journal 17, pp471- 480.
- **SHAMSI Y. A., YUEOFFK., JINAP S., 2000.** Development of non-dairy whipping cream using palm kernel, palm kernel olein and palm stearin. UPM research report, vol II, section 2-extended abstra.
- **SOTTIEZ P ;(1985).**Produits dérivés des fabrications fromagères. Lait et produits laitiers: vache, brebis, chèvre/Société scientifique d'hygiène alimentaire; François.
- **SOTTIEZ P ; (1990).**produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers, tome 2. Ed ; Lavoisier, Paris. (1990), pp 357- 392.
- **SUMAN, M., G. SILVA, et al., (2009).** "Determination of food emulsifiers in commercial additives and food products by liquid chromatography/atmospheric-pressure chemical ionisation mass spectrometry." Journal of Chromatography A 1216(18): 3758-3766.

Références bibliographiques

- **TETRA PACK PROCESSING SYSTEM, (1995).**Manuel de transformation du lait, Suède : 442P.
- **UCHIDA Y., SHIMATANI M.M., MITSUHASHI T., KOUTAKE M., (1996).**Process for preparing a fraction having a high content of a-LA from whey and nutritional compositions containing such fractions, US patent 5, 503, 864.
- **VIOLLEAU V ;(1999).**Valorisation du lactosérum par électrodialyse, Thèse de doctorat. Montpellier
- **VISSER R.A, NAN DEN BOS M.J., FERGUSON W.P. (1988).** Lactose and its chemical derivates, bulst of I.D.F, N°233, PP: 33-44.
- **VRIGNAUD Y. (1983).** Valorisations du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière française N°422, PP: 41-46.
- **WOO A., (2002).** La grandee diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada, p3-13.
- **YANG, S. Y., JONES, J. H., OLSEN, F. J., & PATERSON, J. J. (1980).**Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. Journal of Environmental Quality, 9(3), 370-372.
- **YEBO LI ; ABOLGHASEM S ; CHARLES T. K.** separation of cell and Proteins from fermentation broth using ultra filtration. Journal of food Engineering 75 (2006), 574- 580.

Annexes

Les annexes

❖ Annexe 1 :les caractéristiques de matières premières

| PARAMETRE | VALEUR | STANDARD |
|--------------------|--|----------------|
| Acidité | 0,10% en acides gras libres (exprimée en acide palmitique) | ISO 660 |
| Indice de peroxyde | 2 meq/Kg Max | NFT60-220 |
| Indice d'iode | 50 - 55 | ISO 3961 |
| Couleur (LOVIBOND) | Rouge 2,5 Max | AOCS Cc 13c-92 |
| Goût et Odeur | Neutre | Interne |
| Point de fusion | 38 - 40°C | ISO 6321 |
| Fer | < 1,5 mg/Kg | AOCS Ca 15-75 |
| Cuivre | < 0,1 mg/Kg | AOCS Ca 15-75 |
| Plomb | < 0,1 mg/Kg | AOCS Ca 15-75 |
| Arsenic | < 0,1 mg/Kg | AOCS Ca 15-75 |

(Graisse végétale 38/40)

| PHYSICAL AND CHEMICAL PROPERTIES | | | |
|----------------------------------|--------------------|------|-------------------------------|
| UNIT | MIN | MAX | METHOD |
| Density (20°C) | 82,5 | 84 | KY LB 60 |
| DE | 80,1 | 81,6 | KY LB 60 |
| DE | 45 | 48 | KY LB 34 |
| DE | 4,8 | 5,5 | KY LB 41 |
| SCF | | 30 | KY LB 39 |
| COLOUR (ICUMSA) | 10 | 20 | KY LB 91 |
| ASH (sulfated) | % (dry basis, m/m) | 0,1 | KY LB 34 |
| SUGAR COMPONENTS | | | |
| UNIT | MIN | MAX | METHOD |
| Dextrose | % | 91 | KY LB 78 |
| Maltose | % | 8,4 | KY LB 78 |
| MICROBIOLOGICAL PROPERTIES | | | |
| UNIT | MIN | MAX | METHOD |
| YEASTS | CFU/g | 100 | TS 308, HARRIGAN W.T. MC CANE |
| MOLD | CFU/g | 100 | TS 6580 |
| HEAVY METALS | | | |
| UNIT | MIN | MAX | REFERENCES |
| ARSENIC (As) | ppm | 1 | Turkish Food Codes |
| COPPER (Cu) | ppm | 5 | Turkish Food Codes |
| LEAD (Pb) | ppm | 0,5 | Turkish Food Codes |

(sirop du glucose)

| | |
|------------------------|-----------------|
| Polarisation | 99.94 % |
| Granulométrie (O M) | 35.75 |
| Cendres | 0.015 % maximum |
| Humidité | 0.05 % maximum |
| Coloration en solution | 65 ICUMSA |

(Sucre blanc)

| | Typical analysis (as is) | Guaranteed content (as is) | Nutritional value | |
|---------------------------------|--------------------------|----------------------------|-------------------|-----------|
| Physical Analysis | | | Per 100 g | Unit |
| Acidity | 0,12% | Max 0,16% | Calories | 362,4 |
| Scorched particles | 1 | Max 2 (15,0mg) | Fat | 0,76 g |
| Color | White to white cream | - | Saturated | 0,45 g |
| Flavour | Typical, neutral | - | + trans | 0,2 g |
| Solubility Index | 0,10 | Max 1,25 per 50 ml | Cholesterol | 3,94 mg |
| Chemical Analyses | | | Sodium | 670,00 mg |
| Moisture | 3,8% | Max 5% | Potassium | 2,000 mg |
| Fat | 0,8% | Max 1,2% | Carbohydrates | 76,79 g |
| Protein (N * 6,38) | 10 - 12% | Min 10,0% | Fibres | 0,00 g |
| Ash | 8,6% | - | Sugars | 70,00 g |
| Lactose | 72% | - | Proteins | 12,10 g |
| Microbiological Analyses | | | Vitamin A | 2,10 ER |
| Total plate count | < 10 000 cfu/g | < 50 000 cfu/g max | Vitamin C | 0,00 mg |
| Coliform | < 10 cfu/g | < 10 cfu/g | Calcium | 465,00 mg |
| Salmonella | Negative / 500 g | Negative / 500 g | Iron | 0,70 mg |
| Yeasts and moulds | < 10 cfu/g | < 10 cfu/g | | |

(Lactosérum en poudre)

| ITEM | UNIT | STANDARD DATA | TEST RESULT |
|-----------------------------------|--------|--|----------------------|
| 1. Description | --- | White Crystall. Moistless | Conforms to standard |
| 2. Identification & solution | --- | Pass Test | Pass Test |
| 3. DP Value | m/m | More than 99.9 | 99.9 |
| 4. Glucose Content | % | More than 99.0 | 99.4 |
| 5. Acidity | ml | Less than 0.15 | 0.15 |
| 6. Specific Rotation | --- | +52.0 - 53.5 | 52.5 |
| 7. Moisture | % | 1.00 | 0.9 |
| 8. PH Value | --- | 4.0-5.5 | 4.42 |
| 9. Sulphate | % | Less than 0.25 | 0.25 |
| 10. Chloride | % | Less than 0.018 | 0.003 |
| 11. Heavy Metals | ppm | Less than 5 | 5 |
| 12. Arsenic, Lead, Copper, Nickel | ppm | Less than 1 (Each) | 0.5 (Each) |
| 13. Residue on Ignition | % | Less than 0.1 | 0.1 |
| 14. Total Plate Count | g | Less than 1000 | Conforms to standard |
| 15. Sulphamith | --- | Not Eval | Conforms to standard |
| 16. Steril Count | g | Less than 100 | Conforms to standard |
| 17. Clarification of the solution | --- | Less than 0.5 of the turbidity standards | Conforms to standard |
| 18. E-test | SNAP-g | Not Eval | Conforms to standard |
| 19. Broth density | --- | 0.55-0.60 | Conforms to standard |

(Dextrose)

❖ Annexe 2 : Détermination du Ph

- Etalonner le pH-mètre à température de mesure, en utilisant une solution tampon de pH exactement connu ;
- Prendre une suspension de l'échantillon à analyser ;
- Introduire les électrodes et effectuer la lecture directement sur le pH-mètre à la température de 20°C ± 2°C.

Les annexes



❖ Annexe 3 : Détermination de l'extrait sec total

Dans un dessiccateur infrarouge, placer une capsule préalablement séchée et tarée, contenant 2 à 5 g de l'échantillon à analyser.

La lecture se fait directement par affichage sur l'écran du dessiccateur. L'humidité est déterminée par la formule suivante : $H\% = 100 - EST\%$



❖ Annexe 4 : Détermination de l'acidité titrable et de l'acide lactique

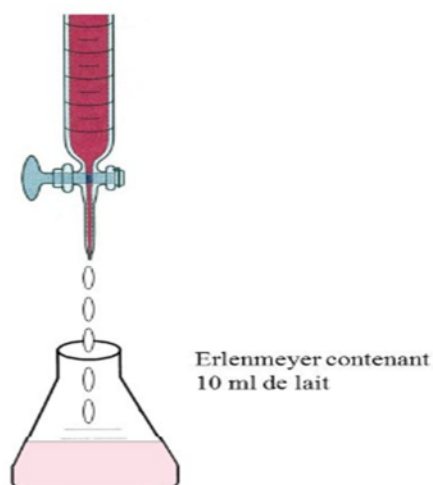
SIMULATION DE L'ANALYSE :

Burette acidimétrique contenant du NaOH N/9

On ajoute le premier ml de NaOH N/9 d'un seul coup.

On termine le titrage en ajoutant le NaOH N/9 goutte à goutte.

Lorsque l'acide est neutralisé, on atteint le point de virage.
La solution prend une coloration rosée.

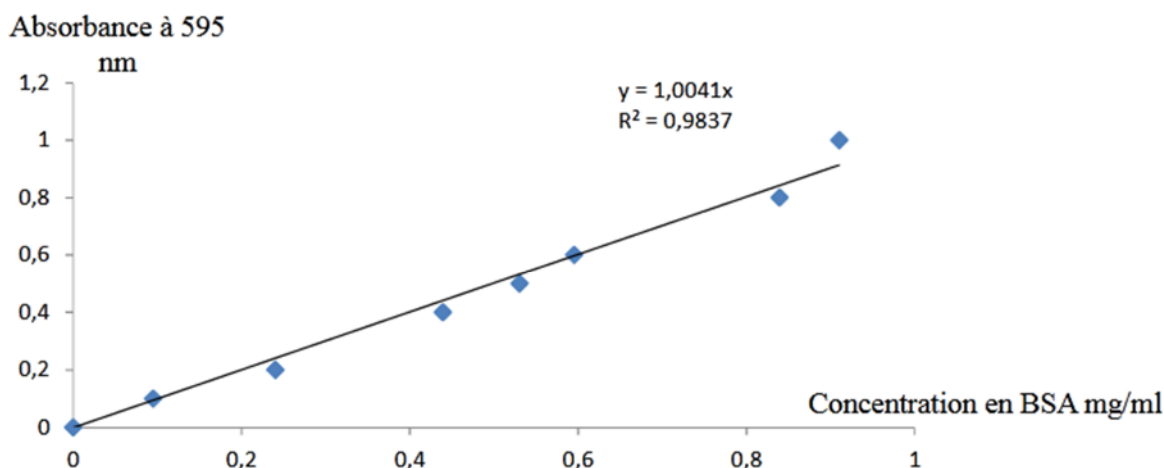


Les annexes

❖ Annexe 5 : Détermination de la teneur en protéines (LOWRY et al.,1951)

• Réaction et mesure de l'absorption :

- Ajouter 2,5ml de la solution C et mélanger ;
- Laisser 5 à 10min à température ambiante ;
- Ajouter 0,25ml de réactif de Folin-Ciocalteu ;
- Homogénéiser rapidement et mettre les tubes 30min à l'obscurité ;
- Après 30min, homogénéiser les solutions rapidement et lire la DO à 750nm ;
- Détermination des teneurs protéiques :
- Tracer la courbe d'étalonnage : $DO=f(\text{concentration de protéine standard : BSA})$;
- Déterminer à partir de cette courbe les teneurs en protéines des échantillons.



❖ Annexe 6 : Détermination de la teneur en matière grasse (méthode GERBER)(annexe

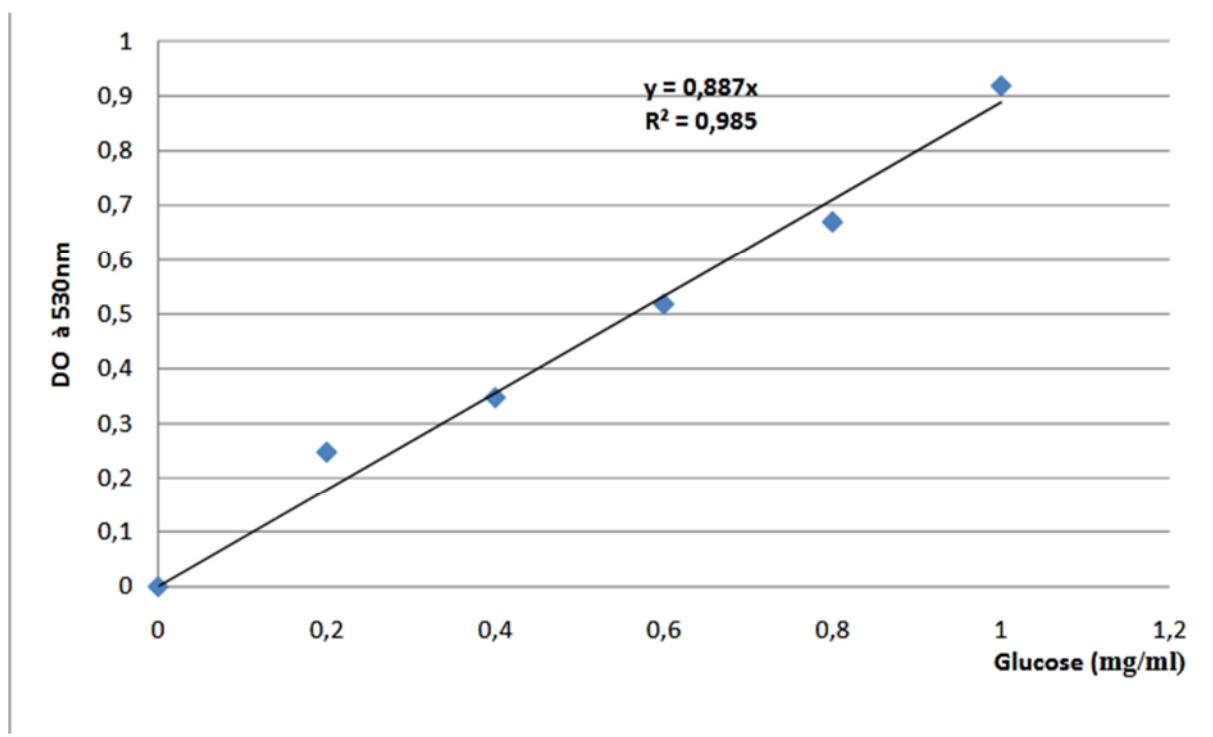
- Introduire 10ml d'acide sulfurique ($d=1,83$) dans le butyromètre de GERBER ;
- A l'aide d'une pipette, prélever 11 ml du lactosérum à analyser, puis les verser dans le butyromètre sans mouiller le col de celui-ci ;
- On ajoute 1ml d'alcool isoamylique ;
- Bien boucher le butyromètre, agiter et retourner afin de bien dissoudre les protéines ;
- Placer immédiatement le butyromètre dans la centrifugeuse (6min) à 1200 tours/mn ;
- Maintenir verticalement le butyromètre, ajuster le bouchon pour amener la colonne de matière grasse dans la zone de l'échelle, lire le résultat ;
- La teneur en matière grasse est exprimée en g/l.

Les annexes

❖ Annexe 7 : Dosage du lactose en utilisant l'acide 3,5-dinitrosalicylique (DNS).

- Mettre 1ml de la solution à doser (ou des différentes dilutions) dans un tube à essai ;
- Ajouter 2ml du réactif (3,5DNS) ; Chauffer au bain-marie bouillant pendant 5min ;
- Refroidir par écoulement d'eau sous le robinet ;
- Ajouter 7ml d'eau distillée et homogénéiser ;
- Laisser reposer pendant 15min à température ambiante ;
- Faire la lecture à 530nm contre le blanc.

NB : afin de déterminer la quantité de glucose présente dans les solutions inconnues, il faut réaliser une courbe d'étalonnage avec une solution de glucose 0.5g/l.



Les annexes

❖ Annexe 8 : les ingrédients de la crème végétale



(Lactosérum en poudre) (Sucre en poudre)(Graisse végétale) (Poudre du lait 0%)



(Dextrose) (Sirop du glucose) (Acide citrique) (Chlorure du potassium)



(Préparation de la crème)

(sucre inverti)

❖ Annexe 9 : Protocol de l'analyse microbiologique

- Nous avons préparé les milieux pour chaque microorganisme. Gélose PCA pour flore aérobie mésophile, VRBL pour coliformes fécaux et coliformestotaux, Giolitti / Contoni pour *Staphylococcus aureus* et de la gélose Hektoen pour *Salmonella*.

- Nous avons désinfecté le matériel (flacons, tubes, pipetes, béccher, erlenmeyer et micropipette) ;

- Préparation de la solution mère (crème végétale a base du lactosérum brut) : 25g du produit ajouté à 225ml de NaOH (9g/l) ;

Les annexes

- Préparation des dilutions à partir de la solution mère ;
- Isolement en profondeur du produit à une quantité de 1ml qui va se faire en une zone stérile entre deux becs Bunsen pour éviter la contamination. En suite, on verse la gélose qu'il faut pour chaque germe et pour toutes les dilutions. On exerce un mouvement délicat sur les boîtes de pétri sous forme de huit ∞ qui va servir à homogénéiser l'ensemble de contenu ;
- Après cette opération, on incube dans l'étuve à la température idéale pour chaque germe recherché.

❖ Annexe 10 : Résultats du test de dégustation

| La saveur | Amer | Peu sucré | Sucré | Trop sucré |
|-------------|------|-----------|-------|------------|
| crème avant | 0 | 0 | 8 | 4 |
| crème après | 0 | 0 | 7 | 5 |

| Intensité du parfum | Faible | Satisfaisante | Intense |
|--------------------------|--------|---------------|---------|
| crème avant valorisation | 3 | 7 | 2 |
| crème après valorisation | 0 | 6 | 5 |

| Couleur | Blanche | Blanche cassée |
|-------------|---------|----------------|
| crème avant | 12 | 0 |
| crème après | 3 | 9 |

| aspect visuel | mousseuse | onctueuse | grumeleuse |
|--------------------------|-----------|-----------|------------|
| crème avant valorisation | 6 | 4 | 2 |
| crème après valorisation | 3 | 6 | 3 |

| Description | Bon | agréable | moyen |
|-------------|-----|----------|-------|
| crème avant | 6 | 2 | 4 |
| crème après | 5 | 4 | 3 |

Les annexes

❖ Annexe 11 : Résultats statistiques du test de dégustation

➤ Aspect visuel

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : 1,00000, dl=2, p=,606532

| Var1 | Var2 CS | Var2 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| L | 4,00000 | 4,00000 | 8,00000 |
| C | 4,00000 | 4,00000 | 8,00000 |
| S | 4,00000 | 4,00000 | 8,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

➤ Saveur

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : ,177778, dl=1, p=,673291

| Var1 | Var2 CS | Var2 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| S | 7,50000 | 7,50000 | 15,00000 |
| TS | 4,50000 | 4,50000 | 9,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

➤ Texture en bouche

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : 1,60000, dl=2, p=,449332

| Var1 | Var2 CS | Var2 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| M | 4,50000 | 4,50000 | 9,00000 |
| O | 5,00000 | 5,00000 | 10,00000 |
| G | 2,50000 | 2,50000 | 5,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

➤ Intensité du parfum

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : 2,36264, dl=2, p=,306878

| Var5 | Var6 CS | Var6 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| F | 2,00000 | 2,00000 | 4,00000 |
| S | 6,50000 | 6,50000 | 13,00000 |
| I | 3,50000 | 3,50000 | 7,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

Les annexes

➤ Couleur

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : 14,4000, dl=1, p=,000148

| Var3 | Var4 CS | Var4 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| B | 7,50000 | 7,50000 | 15,00000 |
| BC | 4,50000 | 4,50000 | 9,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

➤ Description finale

Synthèse : Effectifs Théoriques (Feuille de donr
Chi² de Pearson : ,900433, dl=2, p=,637491

| Var7 | Var8 CS | Var8 CV | Totaux Ligne |
|----------|------------|------------|-----------------|
| B | 5,50000 | 5,50000 | 11,00000 |
| A | 3,00000 | 3,00000 | 6,00000 |
| M | 3,50000 | 3,50000 | 7,00000 |
| Ts Grpes | 12,00000 | 12,00000 | 24,00000 |

Résumé

Summary:

Whey is considered as a dairy sub-product rich with nutrients; the reject of this product is a huge economic loss. Although, it's a source of a variety of nutrients, including serum proteins. This is explained by their multiple biological and techno-functional properties.

This study aims to valorise the liquid whey by integrating it in a formulation of a vegetable culinary cream by the substitution of the imported whey powder with a reduction rate of 27%. The valorisation of this sub-product will reduce the cost of production and the environmental pollution. Physical and chemical analyses were performed on whey to highlight its nutritional value. The microbiological quality of the cream is linked to the hygienic quality of the raw material used. In our case, the microbiological analyses are compliant with applicable standards, which confirm the good hygienic quality of the cream after the valorisation. The tasting evaluation was realised with naive people, this exam revealed an acceptability of the product compared to the cream before the valorisation, by recording identical evaluation results according to the Khi2 statistic test.

Keywords: incorporation rate, protein, valuation, vegetable cream, Whey

Résumé :

Le lactosérum est considéré comme un sous-produit laitier riche en éléments nutritifs, son rejet constitue une énorme perte économique. Bien que le lactosérum soit une source d'une variété de nutriments, ce sont les protéines sériques qui constituent son principal intérêt. Cela est expliqué par leurs multiples propriétés biologiques et techno-fonctionnelles. Cette étude vise à valoriser le lactosérum liquide en l'intégrant dans une formulation d'une crème culinaire végétale par remplacement du lactosérum en poudre importé avec un taux de réduction de 27%. La valorisation de ce sous-produit permettra de diminuer le coût de production ainsi que la réduction de la pollution de l'environnement. Des analyses physico-chimiques ont été effectuées sur le lactosérum afin de mettre en évidence sa valeur nutritive. La qualité microbiologique de la crème est liée à la qualité hygiénique de la matière première utilisée. Dans notre cas, les analyses microbiologiques sont conformes aux normes, ce qui confirme la bonne qualité hygiénique de la crème après la valorisation. Le test de dégustation a été réalisé avec des personnes non entraînées, cet examen a révélé une acceptabilité du produit par rapport à la crème avant la valorisation, en enregistrant des résultats d'évaluation presque identiques selon le test Khi2.

Mots clés : crème végétale, Lactosérum, protéines, taux d'incorporation, valorisation.