

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des Sciences alimentaires



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master Académique

Spécialité : Sécurité Agroalimentaire et Assurance qualité

Filière : Science Alimentaire

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Thème

Caractérisation sensorielle, physicochimique et microbiologique d'une crème glacée à base d'un lactosérum doux

Réalisé par :

M^{lle} BOUKHALFA Hania

M^{lle} SADAOUI Merièm

Devant le jury composé de :

Dr. ABDELLAOUI Z.	MCB	Présidente	Université de Blida 1
M. LOUNI S.	MAA	Examineur	Université de Blida 1
Pr. MEGATLI S.	Pr	Promoteur	Université de Blida 1

Année universitaire 2022 – 2023

Remerciements

Avant toute chose, nous remercions " الله " de nous avoir donné la patience et la force pour réaliser ce mémoire.

Un grand merci à l'ensemble de nos familles SADAOUI et BOUKHALFA et plus particulièrement à nos parents pour leur confiance, leurs conseils ainsi que leur soutien inconditionnel qui nous a permis de réaliser les études pour lesquelles nous nous destine et par conséquent ce mémoire.

Nous aimerions exprimer notre gratitude à notre promoteur, M. MEGATLIS, pour son encadrement, qui a grandement contribué à nourrir notre réflexion.

Nos vifs remerciements vont également aux membres du jury Dr. ABDELLAOUI Z et M. LOUNI S pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

A Mme. Djamila et, Mme. Zineb responsables de laboratoires et toute l'équipe d'ONALAIT sur leurs efforts pour fournir l'information et partager leurs expériences.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Madame Ouahiba pour son précieux soutien et son aide précieuse. Sa contribution a été inestimable et a grandement facilité notre travail.

On remercie M. Rayan pour sa disponibilité sa volonté d'aider ont été d'une grande valeur pour nous, Nous avons grandement apprécié son temps et ses efforts consacrés à nous assister.

On voudrait remercier aussi toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à nos recherches et à l'élaboration de ce travail.

Nos proches et nos amis, qui nous ont accompagnés, aidés, soutenus et encouragé

Merci à tous

Meriem et Hania

Dédicace

Je dédie ce modeste travail et ma profonde gratitude

A mon cher père mon idole qui m'a entouré de tous ses encouragements et son aide durant toute la période de mes études.

À celle qui m'a donné la vie, la source de la tendresse ma chère mère qui m'a apporté son appui durant toute mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'a donné l'amour, le courage et la sécurité.

A mes chers frères ZAKARIA et LARBI que j'aime énormément

A ma grand-mère et mon grand-père, puisse DIEU, le tout puissant, vous préserve et vous accorde santé, longue vie et bonheur.

A mon cher oncle ABDELDJABAR

A ma cher tante : SALIMA

A ma chère cousine MANEL

A ma chère NOUSSA

A toute ma famille BOUKHALFA et BOUDA

A mes amies ABIR, MERIEM, ILHEM, DJIHANE, IKRAM, NIHAD, YASMINE, CAMELIA vous êtes pour moi des sœurs et des amies sur qui je peux compter. En témoignage de l'amitié qui nous unit et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble, je vous dédie ce travail et je vous souhaite une vie pleine de santé et de bonheur.

À tous mes camarades avec qui j'ai traversé les meilleurs moments durant les cinq ans passer

A ma meilleur amie ma binôme mon âme sœur MERIÈM, Je ne peux trouver les mots justes et sincères pour t'exprimer mon affection et mes pensées, je te Didier ce mémoire pour te remercier pour ta patience, ton soutien et ton encouragement. Comme je suis fier de ton amitié, mon plus beau trésor.

À tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin pour pouvoir réaliser ce travail.

BOUKHALFA HANIA

Dédicaces

En cette occasion précieuse, je souhaite dédier ce modeste travail aux

Sources de mes joies, secret de ma force, Le support de ma vie, Les plus chères personnes dans le monde, mes parents

A toi, cher Abi, je tiens à te dédier ces mots empreints de reconnaissance et d'amour. Tu as été ma source inépuisable de soutien, et je n'oublierai jamais les sacrifices que tu as faits. Ils m'ont donné le courage et la sécurité nécessaires tout au long de mon parcours d'études.

A toi chère Oumi, je souhaite te dédier un immense et profond remerciement à ma source d'amours de réconfort et soutien, à qui j'attribue ma vie, car sans toi, après Dieu, je ne peux rien faire. Tu as donné ta vie pour moi, et toute ma gratitude envers toi dépasse les mots.

J'espère que je serai toujours à la hauteur de vos attentes. Que dieux vous garde.

A ma chère grand-mère Many Fatma

Ma bien-aimée, que j'aime de tout mon cœur, tu occupes une place spéciale dans ma vie. Tes prières et ton amour sont des trésors inestimables qui me soutiennent chaque jour.

Que Dieu te préserve, te comble de santé et de bonheur.

A mes chères sœurs Roumaïssa, Asma et Sirine

Vous êtes mes piliers, mes inspirations et mes plus grands soutiens. Roumaïssa tu as toujours été notre modèle à suivre, et tu l'es pour toujours. Ton courage continue de nous inspirer chaque jour. Asma, tu es notre source de motivation et d'encouragement constant. Sirine ma petite sœur, tu es notre rayon de soleil notre source de joie. Vous représentez l'amour, la complicité et la force qui m'animent chaque jour.

Que la réussite vous accompagne tout au long de votre vie, réalisant tous vos rêves.

A mon cher frère Abd El Wareth

A la personne qui me comprend le mieux, à mon soutien inconditionnel, à celui qui occupe une place si spéciale dans mon cœur. Les mots ne suffisent pas à exprimer toute l'affection et l'amour que je ressens pour toi. Que ta vie soit remplie de bonheur, de succès et de réalisations, et que Dieu veille sur toi et te protège chaque jour. Tu es une personne précieuse et je suis reconnaissante de t'avoir dans ma vie.

A mon cher petit neveu Oqbah

Le chouchou de notre famille, celui qui apporte une ambiance joyeuse en sa présence. Je te dédie ce travail en espérant que tu connaîtras une vie remplie de succès et de bonheur.

A la mémoire de ma grand-mère Louiza

Qui a toujours été comblée par la réussite de ses petits-enfants. Tu resteras à jamais présente dans nos cœurs et nous honorerons ta mémoire en poursuivant nos vies avec détermination. Que Dieu t'accorde le paradis éternel.

A la mémoire de mes deux chers grands-pères

Larbi et Ismail ; puisse Dieu les accueillir dans Son infinie miséricorde.

A toute ma famille SADAoui & LOUNI

A Tata Ouhiba

Qui m'a véritablement aidée dans les moments difficiles de mes études. Que Dieu la récompense pour son soutien précieux.

À mes chères adorable amies Ilhem, Djihane et Meriem

A ma meilleur amie

Hania, mon âme sœur. Nous avons vécu ce parcours main dans la main, partageant les bons moments et surmontant les difficultés. Merci d'être là, je suis reconnaissante de t'avoir à mes côtés. Tu es une personne spéciale, et je te souhaite beaucoup de réussite et Que Dieu te protège et t'accompagne dans chaque étape de ta vie.

À toutes celles et ceux qui m'ont accompagnée et soutenue, que ce soit de près ou de loin, je vous suis éternellement reconnaissante. Votre soutien a été d'une valeur inestimable dans ma vie. Merci du fond du cœur pour tout.

Meriem SADAoui

Résumé

Ce travail réalisé dans le cadre d'un mémoire de fin d'étude est une contribution à la valorisation du lactosérum doux en poudre (LPD) par son incorporation en substitution de la poudre du lait (PL) dans la fabrication de crèmes glacées. Sur la base d'une recette standard d'une crème glacée, des formulations ont été faites en jouant des quantités croissantes en LPD de telle manière que le taux d'incorporation soit de : 25%, 50%, 75% et 100% respectivement. Les résultats des analyses physico-chimiques ont montré une variabilité de certains paramètres et sont principalement dues aux différences de composition entre LPD et la poudre de lait à 0%, avec une augmentation de la teneur en matière grasse et en sucre, une légère diminution du pH, du taux de protéine et de l'acidité.

Les résultats des analyses microbiologiques ont révélé que tous les échantillons étaient de qualité microbiologique très satisfaisante où nous avons noté l'absence de tous les germes recherchés.

Les résultats de l'évaluation sensorielle indiquent que globalement, les cinq échantillons étaient plaisants à déguster, avec une texture homogène et une satisfaction gustative satisfaisante, en particulier les échantillons : 1, 2 et 3, jusqu'à un pourcentage de 50%. Cependant, une légère diminution de ces caractéristiques a été observée aux pourcentages de 75% et 100%. Il est suggéré qu'en améliorant la formulation et le processus de fabrication, il serait possible d'atteindre des pourcentages plus élevés de substitution tout en maintenant une qualité sensorielle élevée.

L'utilisation LPD dans les crèmes glacées permet de réduire l'utilisation de la poudre de lait tout en maintenant la qualité des produits. Cela ouvre des perspectives pour l'industrie laitière en termes de valorisation des sous-produits et de durabilité environnementale.

Mots clés : lactosérum, rejet, Crème glacée, valorisation, qualité.

Abstract

Title: Sensory, physicochemical, and microbiological characterization of a sweet whey-based ice cream.

This work, carried out as part of a final study thesis, contributes to the valorization of sweet whey powder (SWP) by incorporating it as a substitute for milk powder (MP) in the production of ice cream. Based on a standard ice cream recipe, formulations were made by gradually adding increasing amounts of SWP, resulting in incorporation rates of 25%, 50%, 75%, and 100% respectively. The results of physicochemical analysis showed variability in certain parameters mainly due to compositional differences between SWP and 0% milk powder, with an increase in fat and sugar content, a slight decrease in pH, protein content, and acidity.

Microbiological analysis results revealed that all samples had very satisfactory microbiological quality, with the absence of all targeted microorganisms. Sensory evaluation results indicated that overall, the five samples were pleasant to taste, with a homogeneous texture and satisfactory taste satisfaction, especially samples 1, 2, and 3 up to a percentage of 50%. However, a slight decrease in these characteristics was observed at percentages of 75% and 100%. It is suggested that by improving the formulation and manufacturing process, it would be possible to achieve higher substitution percentages while maintaining high sensory quality.

The use of SWP in ice cream allows for a reduction in the use of milk powder while maintaining product quality. This opens up perspectives for the dairy industry in terms of by-product valorization and environmental sustainability.

Keywords: whey, valorization, ice cream, quality.

العنوان: التوصيف الحسي والفيزيائي الكيميائي والميكروبيولوجي لأيس كريم مصل اللبن الخفيف

هذا العمل، الذي تم تنفيذه كجزء من أطروحة الدراسة النهائية، هو مساهمة في تثمين مسحوق مصل اللبن الطري من خلال دمج في استبدال مسحوق الحليب في صناعة الأيس كريم. استنادًا إلى وصفة الأيس كريم القياسية، تم عمل تركيبات عن طريق إضافة كميات متزايدة من مصل اللبن الخفيف المسحوق بطريقة تجعل معدل الدمج: 25% و50% و75% و100% على التوالي. أظهرت نتائج التحليلات الفيزيائية الكيميائية تباينًا في معايير معينة وترجع أساسًا إلى الاختلافات في التركيب بين مسحوق مصل اللبن الخفيف ومسحوق الحليب 0%، مع زيادة في محتوى الدهون والسكر، وانخفاض طفيف في الأس الهيدروجيني والبروتين والحموضة.

كشفت نتائج التحليلات الميكروبيولوجية أن جميع العينات كانت ذات جودة ميكروبيولوجية مرضية للغاية حيث لاحظنا عدم وجود جميع الجراثيم المطلوبة.

تشير نتائج التقييم الحسي، بشكل عام، إلى أن العينات الخمس كانت لطيفة التذوق، مع ملمس متجانس ورضا مرضي عن الذوق، وخاصة العينات: 1 و2 و3، بنسبة تصل إلى 50%. ومع ذلك، لوحظ انخفاض طفيف في هذه الخصائص عند النسبتين 75% و100%. ويُقترح أنه من خلال تحسين عملية الصياغة والتصنيع، سيكون من الممكن تحقيق نسب أعلى من الاستبدال مع الحفاظ على جودة حسية عالية.

استخدام مسحوق مصل اللبن الخفيف في الأيس كريم يقلل من استخدام مسحوق الحليب مع الحفاظ على جودة المنتج. هذا يفتح الفرص لصناعة الألبان من حيث تطوير المنتجات الثانوية والاستدامة البيئية.

الكلمات الرئيسية: مصل اللبن، الرفض، الأيس كريم، التقييم، الجودة.

Table des matières

Liste des figures	
Liste des tableaux	
Liste des abréviations	
Introduction	1

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I GENERALITES SUR LE LACTOSERUM ET LES POSSIBILITES DE VALORISATION

I.1. Définition du lactosérum.....	3
I.2. Sources Industrielles du lactosérum.....	3
I.2.1. La fromagerie	3
I.2.2. La beurrerie	3
I.3. Types du lactosérum.....	4
I.3.1. Le lactosérum acide.....	4
I.3.2. Le Lactosérum doux.....	4
I.4. Composition de lactosérum.....	6
I.4.1. Lactose	8
I.4.2. Protéines	8
I.4.3. Matière grasse	8
I.4.4. Vitamines	8
I.4.5. Matières minérales	9
I.5. Propriétés fonctionnelles et nutritionnelles	9
I.5.1. Propriétés fonctionnelles	9
I.5.2. Propriétés nutritionnelles.....	10
I.6. Pouvoir polluant du lactosérum	10
I.7. Valorisation du lactosérum.....	10
I.7.1. Définitions de la valorisation	13
I.7.2. Utilisation du lactosérum à l'état brut.....	13
I.8. Les techniques de récupération des différentes fractions du lactosérum	16

CHAPITRE II LES CREMES GLACEES

II.1. Définition.....	19
II.2. Composition et la fonction des ingrédients de la crème glacée.....	19
II.2.1. Extrait sec dégraissé lactique	20
II.2.2. La matière grasse	20
II.2.3. Sucres.....	21

II.2.4. Les émulsifiants	21
II.2.5. Épaississants et gélifiants.....	21
II.2.6. Les stabilisants	21
II.2.7. Acidifiants.....	21
II.2.8. Les aromatisants et les colorants.....	22
II.3. Deux constituants fondamentaux des glaces	22
II.3.1. L'eau	22
II.3.2. L'air.....	22
II.4. Structure et rhéologie de la crème glacée	22
II.4.1. Structure	22
II.4.2. Propriétés rhéologiques.....	23
II.5. Procédé de fabrication de la crème glacée	24
II.5.1. Pasteurisation	24
II.5.2. Homogénéisation	24
II.5.3. Maturation.....	24
II.5.4. Foisonnement et congélation	25
II.5.5. Durcissement	25
II.5.6. Stockage.....	25
II.6. Propriétés physico-chimiques des mélanges.....	26
II.6.1. Viscosité.....	26
II.6.2. Acidité.....	27
II.6.3. Densité	27
II.6.4. Quantité du solide	27
II.7. Évaluation sensorielle	27
II.8. Valeur nutritionnelle de la crème glacée	28
II.9. Facteurs affectant la qualité de la crème glacée.....	28
II.10. Effet de la congélation sur les microorganismes dans la crème glacée	29
II.11. Risques sanitaires liés à la consommation des crèmes glacées.....	30

PARTIE ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1 MATERIEL ET METHODES

I. Matériel	31
I.1. La poudre du lactosérum	32
I.2. Les ingrédients	32
II. Méthodes.....	32
II.1. La formulation des crèmes glacées	32

II.2. Préparation des crèmes glacée	33
II.3. Analyses physico-chimiques et microbiologique	34
II.3.1. Analyses physicochimiques	34
II.3.1.1. Détermination du pH.....	35
II.3.1.2. Détermination de la matière grasse.....	35
II.3.1.3. Détermination de l'extrait sec total.....	36
II.3.1.4. Détermination de l'acidité titrable	37
II.3.1.5. Détermination de la teneur en cendre	38
II.3.1.6. Dosage des protéines par la méthode de Kjeldhal	39
II.3.1.7. Dosage des sucres totaux (Dubois 1956).....	40
II.3.2. Confirmation des résultats physico-chimique.....	41
II.3.3. Les analyses microbiologiques	42
II.3.3.1. Préparation de la solution mère.....	43
II.3.3.2. Dénombrement des Salmonelles.....	44
II.3.3.3. Recherche et dénombrement des Staphylocoques aureus.....	44
II.3.3.4. Recherche et dénombrement les Enterobacteriaceae	44
II.3.3.5. Recherche et dénombrement des Germe aérobie à 30°C.....	44
II.3.3.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures	44
II.3.3.7. Recherche et dénombrement des anaérobie sulfito-réducteur	44
II.3.3.8. Recherche et dénombrement d'E. coli et les coliformes totaux	44
II.3.4. L'analyse sensorielle.....	45

CHAPITRE 2 RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats des analyses physico-chimiques	46
I.1. Matières premières	46
I.2. Produit fini	48
I.3. Confirmation des résultats physico-chimique	50
II. Résultats des analyses microbiologiques	51
II.1. Matières premières.....	51
II.2. Produit fini	53
III. Résultats de l'analyse sensorielle	53
III.1. Consistance.....	54
III.2. Couleur	55
III.3. Odeur	56
III.4. Texture en bouche	57
III.5. Arôme	57

III.6. Sucrosité	58
III.7. Description finale	59
Conclusion	61
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	62
ANNEXES	

Liste des figures

<i>Figure 1 : Diagramme explicatif de récupération de lactosérum.</i>	4
<i>Figure 2 : Schéma voie technologique d'obtention des principaux types de lactosérum issus de la transformation de lait.</i>	6
<i>Figure 3 : Valorisation du lactosérum</i>	11
<i>Figure 4 : Structure de la crème glacée</i>	23
<i>Figure 5 : Procédé de fabrication de la crème glacée</i>	26
<i>Figure 6 : Photo originale Thermomètre</i>	33
<i>Figure 7 : Photo originale de Sorbetière</i>	33
<i>Figure 8 : photo originale de pH mètre</i>	35
<i>Figure 9 : photo originale de Butyromètre</i>	36
<i>Figure 10 : photo originale de Centrifugeuse</i>	36
<i>Figure 11 : Photo originale de Dessiccateur</i>	37
<i>Figure 12 : Photo originale Four à moufle</i>	38
<i>Figure 13 : Photo originale de Minéralisateur</i>	40
<i>Figure 14 : Photo originale Distillateur</i>	40
<i>Figure 15 : Photo originale de Spectrophotomètre</i>	41
<i>Figure 16 : Food Scan</i>	41
<i>Figure 17 : Photos originale des échantillons et déroulement du test organoleptique</i>	45
<i>Figure 18 : Consistance des crèmes glacées</i>	54
<i>Figure 19 : Couleur des crèmes glacées</i>	55
<i>Figure 20 : Odeur des crèmes glacées</i>	56
<i>Figure 21 : Texture en bouche des crèmes glacées</i>	57
<i>Figure 22 : Arome des crèmes glacées</i>	57
<i>Figure 23 : Sucrosité des crèmes glacées</i>	58
<i>Figure 24 : Description finale des crèmes glacées</i>	59
<i>Figure 25 : Crèmes glacées de 50% fabriquées avec un atelier de crème glacée</i>	60

Liste des tableaux

<i>Tableau 1 : Différents types de lactosérum</i>	5
<i>Tableau 2 : la composition moyenne des lactosérums doux et acides</i>	7
<i>Tableau 3 : Les propriétés fonctionnelles du lactosérum</i>	9
<i>Tableau 4 : Applications des protéines du lactosérum.</i>	12
<i>Tableau 5 : Composition des crèmes glacées</i>	20
<i>Tableau 6 : Les problèmes de fabrication de la crème glacée</i>	29
<i>Tableau 7 : matériels et produits utilisés</i>	31
<i>Tableau 8 : Proportions des ingrédients utilisés pour 1 Kg de crème glacé.</i>	32
<i>Tableau 9 : les analyses physico-chimiques des matières premières et produits finis</i>	34
<i>Tableau 10 : Analyses microbiologiques effectuées sur les produits</i>	42
<i>Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimique des matières premières</i>	46
<i>Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimique des produits finis</i>	48
<i>Tableau 13 : Résultats des analyses physico-chimiques de lactosérum en poudre et produits finis par Food Scan</i>	50
<i>Tableau 14 : Résultats des analyses microbiologique des matières premières</i>	51
<i>Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologique de produit fini</i>	53

Liste des abréviations

LPD : Lactosérum Poudre Doux.

PDL : Poudre de Lait.

ABS : Absence.

AT : Acidité Titrable.

°D : Degré dornic.

DBO : demande biochimique en oxygène.

Ech : Echantillon.

EDTA : acide éthylène diamine tétra-acétique.

ESDL : Extrait sec dégraissé lactique.

EST : Extrait Sec Total.

FAO : l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture.

g/l : gramme par litre.

ISO : Organisation Internationale de Normalisation.

JORA : Journal officiel de la république algérienne.

MG : Matière Grasse.

NA : norme algérienne.

NaOH : L'hydroxyde de sodium.

NF: norme française.

PCA : Plate Count Agar.

pH : potentiel hydrogène.

SFB : Bouillon cystine sélénite.

UFC : unité formant colonie.

VF : viande foie.

VRBG : Violet Red Bile Glucose.

EPS : Expolysaccharides.

Um : micro mètre.

MPa : Mega pascal.

INTRODUCTION

Introduction

Le lactosérum, un sous-produit issu de la production laitière, était autrefois considéré comme un effluent, mais il est maintenant valorisé en raison de son potentiel économique et environnemental. Le lactosérum en tant que ressource abondante, représentant environ 85% du lait utilisé dans la fabrication du fromage. En valorisant le lactosérum, il est possible de résoudre les problèmes de traitement des déchets et de réduire la pollution causée par son rejet. Cette approche offre des avantages significatifs, tels que la réduction des déchets, tout en contribuant à la préservation de l'environnement (**Ali Mahamane et Yacouba , 2016**).

Le lactosérum 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 sur le plan nutritionnel tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, les matières grasses et les éléments minéraux (**Dekkal et Doumane ,2021**).

La poudre de lactosérum offre diverses possibilités d'utilisation dans l'industrie alimentaire, notamment en tant que substitut du lait écrémé dans les boissons, les produits laitiers, les pâtes alimentaires, la pâtisserie, les biscuiteries, la panification et la charcuterie. De plus, les produits de fractionnement du lactosérum trouvent leur application dans l'industrie pharmaceutique en tant que produit diététique, ainsi que dans la production d'alcool et de levure boulangère (**Messous et Raho,2019**).

La crème glacée est un mélange d'ingrédients laitiers tels que le lait, la crème et le lait écrémé qui sont mélangés avec du sucre, des arômes, des fruits et des noix. Des ingrédients fonctionnels, tels que les stabilisants et les émulsifiants, sont souvent inclus dans le produit pour favoriser une texture appropriée et améliorer la saveur (**Termoul et Foularsen, 2018**).

Comment peut-on valoriser de manière optimale le lactosérum en l'intégrant dans la formulation des crèmes glacées tout en préservant leurs qualités sensorielles, physico-chimique et microbiologique ?

Le but de cette étude est de valoriser le lactosérum doux en poudre par son incorporation dans la formulation d'une crème glacée pour diminuer son impact environnemental, par le remplacement de la poudre de lait par du lactosérum à différents pourcentages, notamment à 25%, 50%, 75% et 100%. Notre étude inclut des analyses physico-chimiques et microbiologiques et sensorielle pour évaluer les propriétés et la qualité des crèmes glacées ainsi formulées.

Les principaux objectifs de notre projet sont :

1. Diminuer l'impact environnemental du lactosérum, en l'utilisant comme ingrédient clé dans la production de crèmes glacées. Cela permettrait de réduire la quantité de lactosérum rejetée dans l'environnement.
2. Évaluer l'impact du remplacement de la poudre de lait par du lactosérum en poudre doux à différents pourcentages (25%, 50%, 75% et 100%) sur les caractéristiques physico- chimique y compris l'extrait sec totale, matière grasse, protéines, sucres, etc. ainsi qu'effectuer des analyses microbiologiques pour évaluer la sécurité des aliments des crèmes glacées contenant du lactosérum en poudre, en vérifiant l'absence de contaminants microbiens et en respectant les normes sanitaires.
3. Comparer les caractéristiques des crèmes glacées formulées avec différentes proportions de lactosérum en termes de qualité sensorielle, de texture en bouche, d'arôme et de préférence des consommateurs.
4. Identifier la proportion idéale de substitution de la poudre de lait par du lactosérum pour obtenir une crème glacée de qualité supérieure.

SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE

CHAPITRE I

GENERALITES SUR LE

LACTOSERUM ET LES

POSSIBILITES DE VALORISATION

CHAPITRE I : GENERALITES SUR LE LACTOSERUM ET LES POSSIBILITES DE VALORISATION

I.1. Définition du lactosérum

Appelé autrefois petit lait, le lactosérum est un coproduit de l'industrie fromagère et de la préparation des caséinates (**Jouan, 2002**). Le lactosérum est un produit découvert il y a plus de 3000 ans avant Jésus-Christ, par des Bédouins lors du transport de lait.

L'acidification et la coagulation par la chaleur provoquaient la formation d'une phase liquide au-dessus d'un caillé de lait (**DeWitt, 2001**).

Le lactosérum représente 90% du volume original de lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous-produit. Le terme lactosérum se rapporte au liquide translucide et jaune verdâtre qui se sépare du caillé, après séparation des caséines par coagulation acide ou par processus enzymatique au moyen de la présure ou de la chymosine (**Boukroune et Debbah, 2019**).

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 techno-fonctionnel, tels que le lactose, les protéines solubles, les vitamines hydrosolubles, les graisses et les éléments minéraux. La production de 10-20 Kg de fromage donne 80 à 90 Kg de lactosérum (**Baghli, 2021**).

I.2. Sources Industrielles du lactosérum

I.2.1. 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 ».

La transformation de 1000 kg de lait en 100 kg de fromage produit 900 litres de lactosérum (petit-lait) (**Fiaux, 2004**).

I.2.2. La beurrerie

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

La figure 1 illustre le diagramme d'obtention du lactosérum à partir du lait cru :

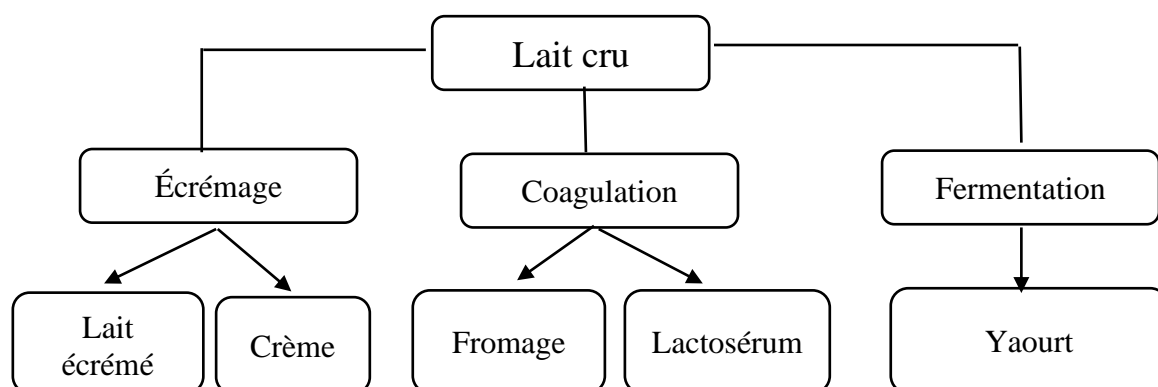


Figure 1 : Diagramme explicatif de récupération de lactosérum (Benslama.A, 2016).

I.3. Types du lactosérum

L'isolat de lactosérum est un lactosérum dont on a retiré la quasi-totalité de la matière grasse et du lactose (Jean-Yves Dionne, 2011). On distingue souvent deux grandes classes de lactosérum en fonction du coagulant : le lactosérum doux et le lactosérum acide. (Linden et al. 1994).

I.3.1. Le lactosérum acide

Les lactosérums acides ont une faible teneur en lactose et une teneur plus élevée en minéraux. Ils sont également plus chargés en bactéries lactiques et moins enclins à la fermentation que le lactosérum doux (Moletta, 2002).

Les teneurs élevées en acide lactique et en minéraux posent des problèmes de déshydratation ; le lactosérum acide est habituellement utilisé sous forme liquide, alors que le lactosérum doux est généralement déshydraté (Moletta, 2002).

Le lactosérum acide est issu de la production de pâtes fraîches et molles, et son pH varie entre 4,5 et 5 (Adrian et al. 1991).

I.3.2. Le Lactosérum doux

Il est obtenu après la mise en coagulation de la caséine sous l'action de la présure sans acidification préalable, ce qui permet de produire un lactosérum doux, faible en sels minéraux et riche en lactose et en protéines, ce type de lactosérum contient également une glycoprotéine issue de l'hydrolyse de la caséine Kappa par la présure (Sottiez, 1990).

Lorsque le lactosérum de fromage n'est pas manipulé avec toutes les précautions nécessaires, la fermentation naturelle se poursuit et augmente son acidité.

Le lactosérum doux issu de la fabrication des fromages à pâte pressée cuite ou non cuite (Emmenthal, Saint Paulin, Edam, etc.) a un pH compris entre 5 et 6,3 (**Baghli.M, 2021**).

Tableau 1 : Différents types de lactosérum (**Benslama.A, 2016**).

Lactosérum acide	Lactosérum doux
Le pH: 4.5 à 5	Le pH : 5 à 6.3
Issu de la fabrication de fromage par acidification	Issu de la fabrication de fromage par la présure
L'acidité de 120 ° Dornic	L'acidité varie entre 15 et 22 ° Dornic

La figure 2 illustre les voies technologiques d'obtention des principaux types de lactosérum par transformation de lait :

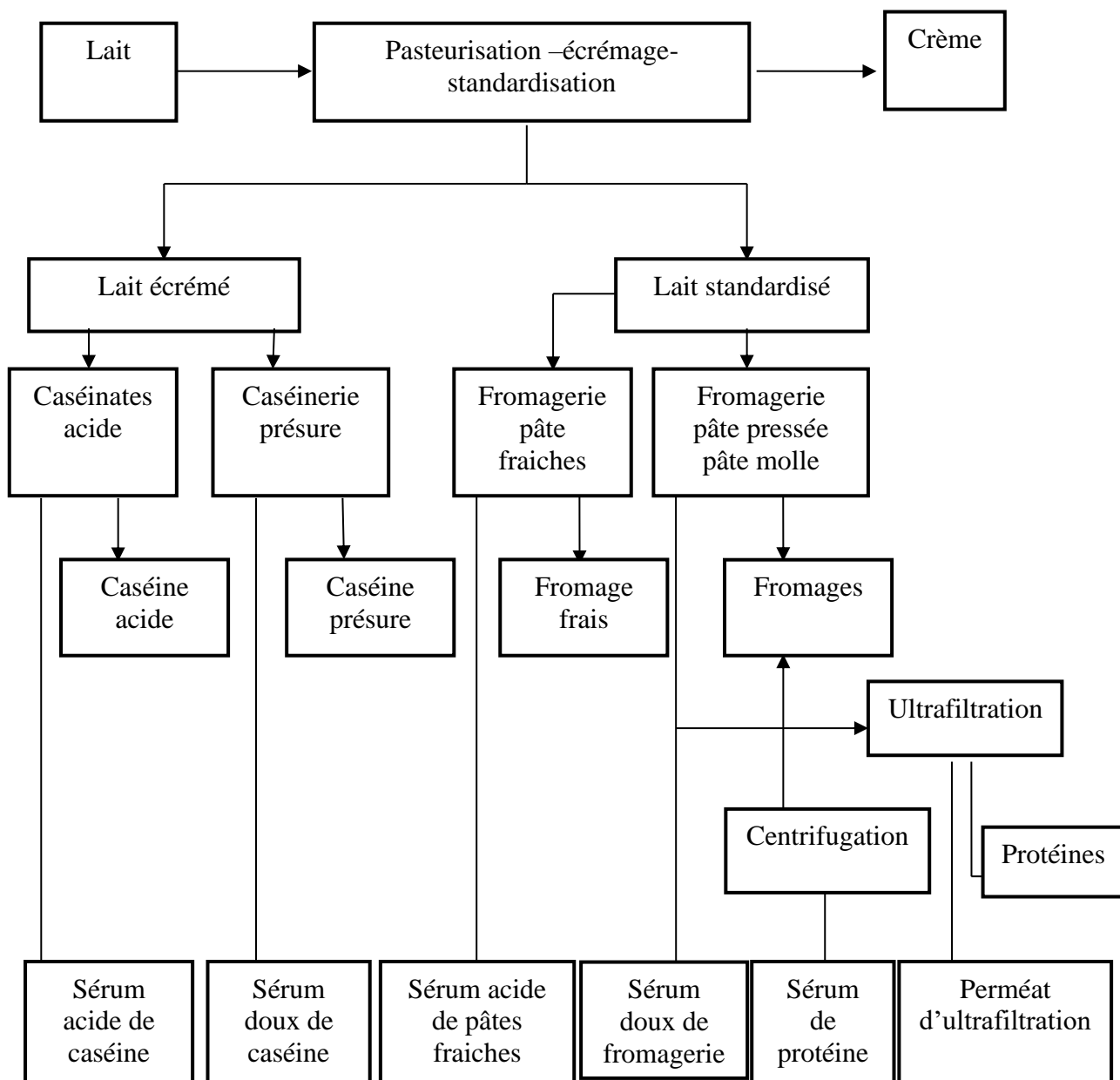


Figure 2 : Schéma voie technologique d’obtention des principaux types de lactosérum issus de la transformation de lait (**Hachi.A, 2013**).

I.4. Composition de lactosérum

Qu’il soit doux ou acide, le lactosérum est composé principalement de lactose, de protéines solubles et d’ions minéraux. En fonction des divers paramètres de fabrication utilisés dans l’industrie laitière, la teneur en caséines résiduelles, en matières grasses et en certains ions minéraux peut changer. Le lactosérum doux contient un peu plus de protéines et de lactose car il n’est pas fermenté en acide lactique, contrairement au lactosérum acide, qui est obtenu par fermentation lactique (**Fick, 2016**).

Tableau 2 : la composition moyenne des lactosérums doux et acides (Bylund, 2003)

Constituant	Lactosérum doux (%)	Lactosérum acide (%)
Eau	94	93.6
Solide totaux	6.0	6.4
Lipides	0.05	0.05
Protéine véritable	0.60	0.60
Azote non protéique	0.20	0.20
Lactose	4.5	4.6
Cendre (minéraux)	0.5	0.8
Calcium	0.035	0.12
Phosphore	0.040	0.065
Sodium	0.045	0.050
Potassium	0.14	0.16
Chlore	0.09	0.11
Acide lactique	0.05	0.4

Il existe trois différences essentielles entre les deux lactosérums : la teneur en acide lactique, la teneur en cendres et le taux de lactose. La première différence s'explique par le mode de coagulation. D'autre part, l'acidification du lait par les bactéries lactiques provoque la déminéralisation des micelles de caséines qui libèrent leur calcium dans le lactosérum, C'est ce qui explique que le lactosérum acide est plus riche en cendres (Hachi.A, 2013).

I.4.1. Lactose

Le lactose est le constituant majeur de lactosérum ou il représente 80% de la matière sèche (Gaucheron, 2004), formé par l'union d'une molécule de galactose et du glucose, il est appelé parfois sucre du lait (Thomet et al. 2005).

I.4.2. Protéines

Les protéines de lactosérum sont d'un intérêt nutritionnel supérieur à celles qui constituent le blanc d'œuf. Elles représentent environ 13% de sa matière sèche leur extraction présente beaucoup d'intérêt en raison de leur grande valeur nutritionnel elles sont sous forme d'une phase soluble constituée de différents polymères protéiques hydrophiles appelés protéines solubles ou protéines de lactosérum. Que le lait soit coagulé par acidification à pH 4.6 ou par voie enzymatique, ces protéines restent solubles dans le lactosérum. Par contre, le chauffage du lactosérum les dénature (Hachi.A, 2013).

I.4.3. Matière grasse

La teneur des lipides dans le lactosérum est très faible car la quasi-totalité des matières grasses est utilisée dans la fabrication du fromage (Allais, 1981).

I.4.4. Vitamines

Les vitamines du lactosérum sont en majorité des vitamines hydrosolubles. Étant donné qu'en éliminant la matière grasse les vitamines liposolubles sont entraînées avec elles, Parmi les vitamines les plus importantes on dénombre :

- La riboflavine (vitamine B2).
- L'acide pantothénique de thiamine (vitamine B1).
- La pyridoxine (vitamine B6).
- La vitamine C.
- La couleur jaune verdâtre du lactosérum est due à la vitamine B2 (Mereo, 1980).

I.4.5. Matières minérales

La teneur moyenne en minéraux des lactosérums acide et doux analysés est respectivement égale à 11.5 et 7,5 g pour 100 g de matière sèche. Cette différence s'explique par le mode de coagulation de la caséine (Annie Imbert.P,1997).

I.5. Propriétés fonctionnelles et nutritionnelles

Les propriétés fonctionnelles et nutritionnelles du lactosérum sont liées au lactose et aux protéines (Lupin, 1998).

I.5.1. Propriétés fonctionnelles

Les protéines sériques présentent d'excellentes propriétés fonctionnelles telles que la gélification, stabilité vis-à-vis des traitements thermiques, formation de mousse et émulsification (Ramos et al. 2016).

Le lactose est un facteur favorable aux réactions de caramélisation et réaction de Maillard, c'est un très bon support d'arôme et un bon substrat de culture pour les ferments de maturation (Sottiez, 1990). Le tableau ci-dessous, résume les propriétés fonctionnelles du lactosérum.

Tableau 3 : Les propriétés fonctionnelles du lactosérum (Hadji et Iassamen, 2020)

Propriétés fonctionnelles	Mode d'action	Produit alimentaire
Solubilité / hydratation	Les protéines / retiennent l'eau	Viande, boisson, pain, gâteaux, saucisses
Gélification / viscosité	Formation matricielle des protéines et l'épaississement	Vinaigrette, soupe, fromage épais, aliment fait au four, sauces, viandes
Pouvoir émulsifiant	Les protéines stabilisent les émulsions de matière grasse	Saucisse, soupe, gâteaux, vinaigrette, aliment pour enfant
Pouvoir moussant	Les protéines forment une pellicule stable	Gâteaux, dessert
Brunissement Couleur /saveur	Le lactose subit une réaction de caramélisation	Confiserie, viande, sauces, aliment fait au four, soupe

I.5.2. Propriétés nutritionnelles

Le lactosérum est un produit intéressant par ses teneurs en protéines riches en acides aminés indispensables tels que la lysine, le tryptophane, la cystéine et les acides aminés : leucine, isoleucine et valine ; nécessaires à la régénération des muscles (**Gryson et al., 2008**).

La consommation de protéines de lactosérum avant un repas pourrait contribuer à améliorer le contrôle glycémique chez des patients atteints de diabète de type 2 (**Jakubowicz et al., 2014**).

Des peptides bioactifs sont retrouvés dans toutes les protéines laitières. (**Gagnaire et al., 2001**).

Le lactose permet la stabilisation du pH intestinal d'où une utilisation digestive du calcium et évite l'installation de flores putréfiantes (**Sottiez, 1990**).

I.6. Pouvoir polluant du lactosérum

La pollution engendrée par le lactosérum affecte grandement le milieu dans le quel il est rejeté, elle s'exprime par la demande biologique en oxygène (DBO5) qui représente la quantité d'oxygène nécessaire à l'oxydation microbiologique des matières organiques présentées dans ce milieu pendant 5 jours. Cette pollution agit en diminuant la quantité d'oxygène dans le milieu récepteur (**Morel, 1984**). En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures (**Auliffe et al., 1982**) et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous (**Yang et al., 1980**).

La DBO du sérum est de 40 000, c'est-à-dire qu'un litre de sérum nécessite 40 g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. Dans ces conditions, il est devenu indispensable de le traiter de sorte qu'il ne constitue plus une matière gravement polluante (**FAO, 1995**). En effet, la dégradation aérobie du lactose et des matières protéiques nécessite de l'oxygène. Celui-ci manque, il crée un milieu anaérobie où les fermentations deviennent plus intenses (**Morel, 1984**).

I.7. Valorisation du lactosérum

Sous l'impulsion des responsables en charge de l'environnement et de l'opinion publique, des dispositifs visant à valoriser le lactosérum ont été mis en place ; l'intérêt de cette valorisation est double : elle permet d'une part de supprimer progressivement la présence de lactosérum dans les cours d'eaux et les milieux naturels et d'autre part de valoriser le lactosérum dans le secteur de la consommation humaine et animale. Avec l'émergence des nouvelles technologies de séparation, l'industrie laitière mondiale a réalisé une avancée technologique majeure dans la valorisation des composants nobles du lactosérum. Selon, ces technologies de séparation permettent de fournir des

produits de plus en plus ((pointus)) qui crée une valeur ajoutée pour l'industrie (Acem.K,2014). La figure 3 présente les diverses technologies de séparation appliquées pour la valorisation du lactosérum, en plus les applications nutrifonctionnelles des protéines du lactosérum sont données respectivement par le Tableau 4.

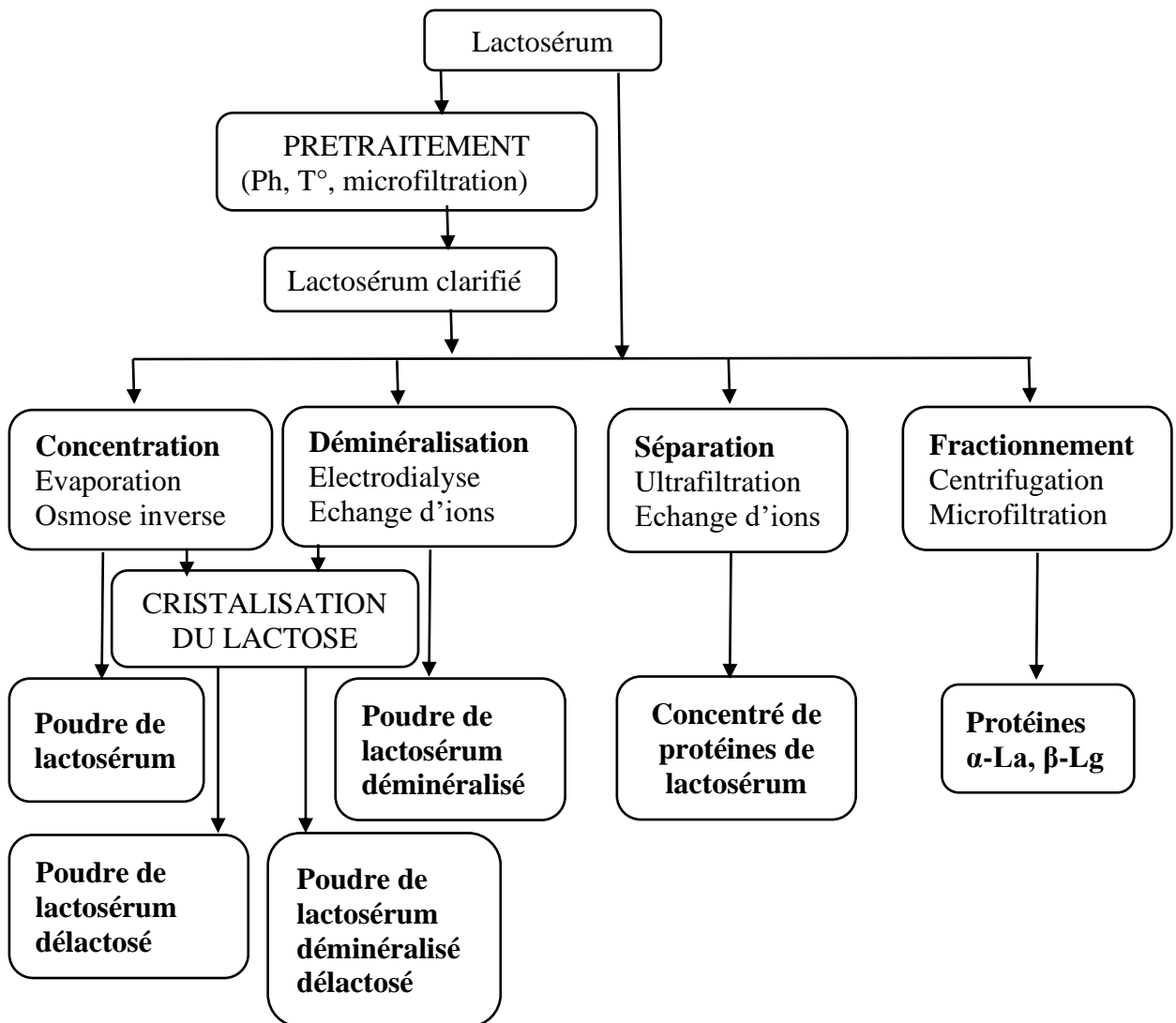


Figure 3 : Valorisation du lactosérum (Violleau,1999).

Tableau 4 : Applications des protéines du lactosérum (Linden et al., 1994).

Produit	Fonction
Produit de boulangerie, biscuiterie	Apport protéique, rétention d'eau, gélifiant, texture (interaction avec le gluten)
Pâtes alimentaire	Apport protéique, texture
Pâtisserie (meringue, génoises...)	Emulsifiant, moussant, rétention d'eau, gélifiant
Confiserie (caramel, nougats), chocolat au lait	Emulsifiant, arômes, texture, dispersibilité
Potages, sauces	Epaississant, émulsifiant, rétention d'eau
Farines lactées	Apport protéique, solubilité
Boisson lactées ou fruitées	Soluble à chaud ou/et Ph acide Epaississant
Aliment diététique et infantiles (alimentation entérale....)	Apport protéique, solubilité, épaississant
Fromages naturels et fondus	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
(Imitation cheeses, dips), pâtes à tartiner <ul style="list-style-type: none"> • Coffee whitener • Crèmes glacées 	Emulsifiant, épaississant,
Crèmes, desserts, flans, yoghourts	Emulsifiant, épaississant, gélifiant
Produits carnés (saucisses, pâtes, hamburgers)	Emulsifiant, épaississant, liant, gélifiant, rétention d'eau et de matières grasses

Depuis 2013, la production algérienne de fromage est de 1540 tonnes, ce qui se traduit par une production d'environ 14 millions de litres de lactosérum. (FAO, 2017).

En Algérie, l'industrie fromagère rejette quotidiennement 6000 litres de lactosérum par jour, soit 4 à 12 kg pour 1 kg de fromage réalisé (Gana et Touzi, 2001).

Le lactosérum est un sous-produit de l'industrie fromagère, son rejet dans les effluents entraînerait une pollution s'il n'était pas valorisé, cependant c'est un produit très riche en protéines, lactose et vitamines donc son rejet représente une grosse perte économique. **(Khodja et Yousfi, 2020)**.

La valorisation du lactosérum se fait en utilisant des produits ayant une valeur économique. Cette valorisation est essentielle pour éviter de payer les coûts de transformation ou d'élimination du lactosérum. **(Baghli.M, 2021)**

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 **(Marwaha et Kennedy, 1988)**.

Dans ces conditions le lactosérum représente un problème environnemental très important à cause des volumes considérables générés et à cause de sa teneur élevée en matière organique. Le rejet du lactosérum est considéré comme un polluant car il impose une forte demande biochimique en oxygène (DBO), de 30000-50000 ppm **(Marwaha et Kennedy, 1988)**.

Une fois libéré dans l'eau, par exemple, les rivières, les canaux d'irrigation, ou sur la terre, le lactosérum conduit à des problèmes environnementaux. En effet, il met en danger la structure physique et chimique du sol, diminue le rendement des cultures et réduit la vie aquatique par l'épuisement de l'oxygène dissous **(Chenanfa et Aoudia, 2017)**.

I.7.1. Définitions de la valorisation

La valorisation est un terme générique recouvrant le recyclage des matières organiques et non organiques en produits énergétiques, ou par la réutilisation dans plusieurs domaines par incorporation. Les coproduits sont définis comme les parties non utilisés et récupérables lors des opérations **(Hassnaoui et Ikhlef. 2021)**.

I.7.2. Utilisation du lactosérum à l'état brut

Le lactosérum est un aliment intéressant, mais la teneur relativement élevée en matière salines constitue un inconvénient, qui limite la consommation à l'état brut, de ce produit par l'homme. C'est la raison pour laquelle l'alimentation animale est restée pendant longtemps le débouché privilégié **(Dekkal et Doumane,2021)**.

I.7.2.1. Valorisation dans Les industries agroalimentaires

Selon (**Belala.H,2019**) la valorisation du lactosérum dans les industries agroalimentaires est répartie comme suit :

a) Utilisation dans les produits de cuisson (biscuiterie)

Dans la biscuiterie la poudre de lactosérum à un effet bénéfique en empêchant la réaction à la découpe, ainsi le sérum masque un peu le goût de l'œuf dans la préparation des gâteaux de type génois comme il est aussi un agent de dorure.

De plus des caractères organoleptiques, le lactosérum augmente la valeur nutritionnelle qui est due à l'apport d'acides aminés indispensables (Méthionine, tryptophane et lysine) qui sont en quantité limitées dans la farine de blé.

b) Utilisation dans les glaces et crèmes glacés

Il est possible de remplacer jusqu'à 25% de la quantité de lait écrémé par du sérum déshydraté, un sérum doux doit être utilisé. Les avantages sont essentiellement d'ordres économiques et sensoriels.

c) Utilisation en boisson et en alimentation des nourrissons

Il se présente généralement sous la forme d'une poudre soluble que le consommateur mélange au liquide de son choix pour constituer une boisson riche en protéines. On trouve aussi des tablettes nutritives protéines et des préparations pour nourrissons qui contiennent du lactosérum.

Le mélange de lactosérum acide avec des jus de fruits surgelés concentrés, frais ou déshydraté donne des breuvages de qualité acceptable.)

d) Utilisation en remplacement du lait

Le lactosérum est très utilisé pour fabriquer des laits maternisés en poudre grâce en particulier à sa composition minérale. Il est utilisé aussi comme un lacto remplaceur dans certaines recettes de potages dans des produits de charcuterie et dans des plats cuisinés.)

e) Produit de substitutions de l'œuf

A la suite de recherches sur les propriétés émulsifiantes du lactosérum, des scientifiques russes ont développé de nouveaux produits à base de sérum remplaçant partiellement ou totalement la poudre d'œuf et la poudre de lait écrémé dans la mayonnaise.

f) Produit de substitution de viande

Le lactosérum et ses dérivés trouvent également leur application croissante dans des substitues de viande. Un substitut de viande est fabriqué à partir d'un concentré protéique de sérum à basse teneur en lactose, contenant 30 à 60% d'eau, ainsi que d'alcool ou de glycérol.

g) Utilisation du sérum dans le yaourt

La bonne qualité du sérum en fait un produit d'addition pour enrichir les aliments tel que " le yaourt ". Le sérum peut être utilisé dans le yaourt comme suite :

- Yaourt à base du lactosérum brute : Le sérum à l'état natif peut remplacer la matière première notamment l'eau lors de la fabrication du yaourt.
- Yaourt enrichi par la poudre du sérum : Les sérums en poudre ont des applications dans le yaourt ou ils sont à la fois comme renforçateur de poudre du lait et améliorateur du goût et de couleur moins que la poudre du lait.
- Utilisation des protéines sériques dans le yaourt : Les protéines du sérum sont des bons agents moussants et gélifiants ainsi elles forment des polymères solubles améliorant la texture et la solubilité du yaourt à l'entreposage.

I.7.2.2. En alimentation animale

L'homme peut bénéficier du lactosérum par l'intermédiaire des animaux, les applications les plus étudiées sont :

a) Pour le bétail laitier

La consommation du lactosérum liquide par les vaches, en période de lactation diminue la consommation de foin et de céréales mais n'affecte pas la production laitière. observaient une économie de 15% sur les coûts de gain de poids avec les régimes riches en lactosérum pour les vaches en période de lactation (**Chenanfa et Aoudia,2017**).

b) Pour le veau

L'ultra filtrat du lactosérum à l'état liquide et bien toléré par le veau après sevrage. Il peut remplacer la totalité de l'eau de boisson, et apporter jusqu'à 30-35% de la matière ingérée chez les animaux pesant 100 à 110 kg. En outre le lactosérum peut être utilisé pour d'autres animaux : volailles ovins (**Luquet et Boudier, 1984**).

I.7.2.3. Comme milieu de culture

Leur production est étroitement liée à la concentration, la nature et la proportion des nutriments dans le milieu de culture, d'où la source d'azote est un paramètre important dans la production d'EPS (milieu de culture) (**Belala.H,2019**).

I.7.2.4. Autres utilisations

La production de produits chimiques précieux à partir du lactosérum a été considérée comme une option intéressante en raison de sa richesse en éléments nutritifs. Le lactosérum de fromage a été utilisé comme substrat pour la production d'acide organique, d'éthanol, et de méthane (**Ghasemi et al., 2009**). Le lactosérum typique du fromage contient 5 à 6% de lactose, 0,8 à 1% de protéines et 0,06% de matière grasse constituant une matière première peu coûteuse et riche en nutriments. Le lactosérum a également été utilisé comme engrais agricole, mais avec l'inconvénient de laisser des dépôts salins élevés (**Siso, 1996**).

I.8. Les techniques de récupération des différentes fractions du lactosérum

La valorisation du lactosérum réalisée à partir de diverses technologies qui permet d'obtenir de nombreux produits. Parmi les technologies les plus utilisées se trouvent le séchage, l'évaporation, l'osmose inverse, la nanofiltration, l'ultrafiltration (**Yorgun et al., 2008**).

a) Osmose inverse

Les installations d'osmose inverse permettent d'atteindre en lactosérum un extrait sec de 20%. C'est-à-dire que si l'on part d'un lactosérum à 5% de matière sèche, il pourra être concentré quatre fois par osmose inverse. Dans ce cas, 79% de l'eau aura été éliminée par osmose inverse (**Benabbou et Bentalab, 2016**).

b) Évaporation sous vide

Actuellement, la plupart des évaporateurs sous vide mis sur le marché de l'industrie laitière sont à recompression mécanique des vapeurs (**Luquet et François, 1990**). La concentration du sérum doux se fait sans problème. Par contre en ce qui concerne le lactosérum acide, il est indispensable de le désacidifier préalablement par électrodialyse sinon il y a risque de floculation des protéines (**Vrignaud, 1983**).

Selon **Violleau,1999**, la concentration du lactosérum doux liquide déshydraté par évaporation sous vide implique plusieurs étapes. Voici les étapes générales du processus :

1. Prétraitement : Le lactosérum doux liquide peut subir un prétraitement pour éliminer les impuretés grossières telles que les particules solides ou les matières étrangères. Cela peut inclure des étapes de filtration ou de clarification.
2. Concentration initiale : Le lactosérum est ensuite soumis à une étape de concentration initiale pour réduire sa teneur en eau. Cela peut être réalisé en utilisant des techniques telles que l'évaporation ou l'ultrafiltration pour éliminer une partie de l'eau contenue dans le lactosérum.
3. Séchage : Après la concentration initiale, le lactosérum est généralement transformé en un état semi-solide ou en une pâte épaisse. Cette pâte est ensuite soumise à une étape de séchage pour éliminer l'humidité restante. Le séchage peut être réalisé par différents procédés tels que la pulvérisation, le séchage par atomisation, le séchage au tambour ou le séchage par congélation.
4. Formation de poudre : Une fois que la teneur en eau souhaitée est atteinte, le lactosérum est transformé en poudre. Cela peut être réalisé en broyant ou en micronisant le matériau séché pour obtenir une poudre fine. Parfois, des additifs tels que des agents anti-agglomérants peuvent être incorporés pour faciliter la formation et la conservation de la poudre.

c) L'extraction du lactose par cristallisation

Le sucre du lait constitue 75% de la matière sèche du lactosérum. Il existe sous forme amorphe, qui est très hygroscopique et qui risque de donner une poudre collante, et donc d'entraîner des phénomènes de collage dans la tour de séchage. Pour faciliter la cristallisation, on doit ensemercer le lactosérum concentré par 0,5 à 1% de lactose en poudre. Chaque grain de poudre va servir d'amorce à la cristallisation : la taille des cristaux sera très fine et la vitesse de cristallisation accélérée (**Luquet et Boudier, 1989**).

d) L'ultrafiltration

Est un procédé de séparation par membrane semi-perméables (**Luquet et François, 1990**). L'ultrafiltration permet de retenir les molécules d'un poids moléculaire de l'ordre de 5000 Da, sous pression relativement faible de 1 à 7 bars. Une étude a été faite par (**Kevin et al., 2006**) pour la récupération des concentrés protéiques de lactosérum par ultrafiltration, ils ont remarqué que ces concentrés protéiques ont toutes les propriétés désirées. Une autre étude d'ultrafiltration de lactosérum doux par une membrane minérale a été faite par (**Christine et al., 1986**), qui ont démontré que lors de l'ultrafiltration d'un lactosérum à 6g de protéine par litre l'évolution du transfert de solutés et de solvant au travers de cette membrane est en fonction des conditions opératoires.

La présente opération aboutit à l'obtention d'un concentré protéique ou rétentat et d'un liquide contenant le lactose ou perméat. Le rétentat, qui est séché, contient 70% de lactoprotéines, les 30% restant se répartissent entre le lactose, les lipides et les minéraux (**Luquet et Boudier, 1989**).

CHAPITRE II

LES CREMES GLACEES

CHAPITRE II LES CREMES GLACEES

II.1.Définition

La crème glacée est un produit complexe présentant un système alimentaire quadriphasique (émulsion, gel, suspension et mousse) (MAHAUT *et al.*, 2000).

C'est une denrée alimentaire à base de lait obtenue par congélation d'un mélange pasteurisé. (Lakas et Mrabet, 2020).

Un mélange d'ingrédients laitiers tels que le lait, la crème et le lait écrémé qui sont mélangés avec du sucre, des arômes, des fruits et des noix. Des ingrédients fonctionnels, tels que les stabilisants et les émulsifiants, sont souvent inclus dans le produit pour favoriser une texture appropriée et améliorer la saveur (Termoul et Foularsen, 2018).

II.2.Composition et la fonction des ingrédients de la crème glacée

Les principaux constituants de la crème glacée sont la matière grasse, la matière sèche laitière dégraissée, le sucre, les stabilisants et l'eau (tableau 01). Les colorants et les arômes sont ajoutés selon le type et la nature de la crème glacée (Pruthi, 1999).

Généralement des ingrédients fonctionnels supplémentaires sont ajoutés tels que les stabilisants, des émulsifiants et des modificateurs de congélation.

Cette combinaison de solutés représente l'équilibre nécessaire dans une formulation de la crème glacée. Les solides totaux d'une crème glacée sont normalement compris entre 35% et 40% (Hull, 2011). Les produits laitiers et autres ingrédients utilisés sont choisis en fonction de la disponibilité, du coût, de la législation et de la qualité souhaitée (Goff, 2007).

Les composantes des crèmes glacées peuvent être classées en 3 catégories :

- Les composantes majeures ou les principaux composés qui sont indispensables pour la production des crèmes glacés tel que le lait, le sucre, les protéines et la matière grasse.
- Les composantes mineures qui sont présentes en faibles quantités moins d'environ 1% comme les émulsifiants, les colorants et les arômes.
- Autres composantes comme le chocolat, les biscuits, les gaufrettes qui sont combinés avec les crèmes glacées. (Clarke, 2004).

Tableau 5 : Composition des crèmes glacées (Boutonnier et al., 2002)

Composés	% en masse	% typique
Solide de lait	9-11,5	10
Matière grasse	7-12	10
Sucre	12-16	14
Sirop de glucose ou fructose	4-6	4
Emulsifiant + stabilisant	0,45-0,65	0,5 (0,2+0,3)
Arôme + colorant	<0,2	<0,2
Solides totaux	34-38	38
Eau	60-62	62
Air (% en volume)	45-55	50

II.2.1. Extrait sec dégraissé lactique

L'extrait sec dégraissé lactique renferme du lactose, les caséines, les protéines, du lactosérum, les minéraux, les vitamines, les acides et les enzymes de lait ou du produit laitiers. Ce composant provient traditionnellement à partir de lait écrémé concentré frais, de lait écrémé en poudre à basse température. Il doit être ajouté au mélange à des quantités de 10 à 14% ou plus (McSweeney et O'Mahony, 2016). L'ESDL permet d'améliorer la texture des crèmes glacées et donne une résistance corporelle et une mastication au produit fini (Lakas et Mrabet, 2020).

II.2.2. La matière grasse

En ce qui concerne les crèmes glacées, cette matière grasse est exclusivement d'origine laitière, elle peut être apportée par la crème fraîche, le beurre. Certaines formulations incorporent depuis quelques années des matières grasses végétales, qui peuvent être soit des graisses végétales, soit des huiles partiellement hydrogénées. La présence de la matière dans une crème glacées présente de nombreux avantages tels que la réduction de la vitesse de foisonnement, la stabilisation de la mousse, l'amélioration de la texture du corps et de la saveur du produit fini, ainsi que l'accroissement de sa valeur énergétique (Boutonnier, 2001).

II.2.3. Sucres

Les sucres les plus utilisés sont ; le sirop de glucose, le saccharose et le fructose ; ils représentent en générale de 16 à 20 % de la masse de la crème glacée. Une augmentation de la teneur en sucre abaisse le point de congélation et donc une diminution de la proportion d'eau congelée, ainsi qu'une augmentation de la viscosité inhibant la croissance des cristaux de glace. **(Luquet et Deveaux, 1990)**

II.2.4. Les émulsifiants

Ce sont des substances qui améliorent la texture et le foisonnement du produit fini, autorisés à raison de 0,3 g /100 g de produit .Les émulsifiants sont des molécules à la fois hydrophiles et hydrophobes qui se fixent à l'interface huile-eau, la partie hydrophobe de émulsifiant est constitué d'acides gras et la partie hydrophile peut être constituée de glycérol, parfois estérifiée avec les acides, acétique, lactique, tartrique ou citrique **(Boudi et Hami, 2015)**.

II.2.5. Épaississants et gélifiants

Dans le but de diminuer la quantité d'eau libre congelable dans les préparations, on peut recourir à l'emploi de ces agents texturants. De nombreux additifs sont autorisés par la réglementation tels que les alginates de sodium (E401), de potassium (E402), et d'ammonium (E403), l'agar-agar (E406), la farine de graines de caroube (E410), la farine de graines de guar (E412), la pectine (E440 i), la pectine amidée (E440 ii), les carraghénanes (E407), la gomme xanthane (E415) et la carboxyméthylcellulose (E466) **(Boutonnier, 2001)**.

II.2.6. Les stabilisants

Les stabilisants sont des hypocyloïdes, c'est-à-dire des polymères qui se dispersent dans l'eau et qui ont comme principale propriété d'absorber une partie importante de l'eau libre. Certains sont des polysaccharides ou dérivés, d'autres sont des protéines ou des amines. Ces hypocyloïdes (longues molécules linéaires) vont se déplier, s'hydrater et construire un réseau qui détruit la mobilité de peau restante et donc épaissir le système (eau, stabilisant) **(Tafat et Temouche, 2016)**.

II.2.7. Acidifiants

La correction du pH du milieu peut être réalisée par addition d'acides organiques ou de leur sel. C'est ainsi que les correcteurs d'acidité suivants sont autorisés : l'acide citrique (E330) ainsi que ses sels tels que les citrates de sodium (E331), de potassium (E332), de calcium (E333) **(Boutonnier, 2001)**.

II.2.8. Les aromatisants et les colorants

Les aromatisants les plus utilisés sont la vanille, le chocolat, la fraise, le nougat, le jus de fruits, la pistache et la noix. Les colorants sont des additifs qui donnent à la crème glacée une apparence attrayante et améliorent la couleur des aromatisants de fruits. Le colorant est généralement ajouté sous forme concentrée (Pascal,1998).

II.3. Deux constituants fondamentaux des glaces**II.3.1. L'eau**

On lui confie une tâche fondamentale dans la production de la crème glacée dont elle constitue les deux matières premières utilisées. La fonction primaire de l'eau dans la production de la crème glacée est celle de changer son état, c'est-à-dire de se cristalliser. C'est l'unique matière première qui gèle durant le procédé de congélation et de durcissement.

De plus, plusieurs tâches sont confiées à l'eau : - Elle est le solvant des sucres ; - Elle est nécessaire pour reconstituer les produits en poudre et ceux lyophiliser ; - Pour hydrater les stabilisants et les protéines ; - Pour disperser les graisses et distribuer les arômes, spécialement ceux des fruits. (Gelin et Tailiez, 2002).

II.3.2. L'air

Dans les crèmes glacées, l'air est considéré comme étant une matière première indispensable, car il définit la consistance, l'aspect et la qualité des produits, une incorporation d'air proportionnée, donne à la crème glacée une structure souple, agréable et un produit qui n'est pas excessivement froid.

La capacité d'un mélange d'incorporer de l'air dépend de ses composants et de leur équilibre. Dans le cas de la crème glacée industrielle, pour donner à celle-ci le meilleur corps et la meilleure structure, les particules d'air ne doivent pas être supérieures à 0,1 μm . De cette manière, les parfums et les goûts sont élevés au maximum (Arabi et Lounnas,2018).

II.4. Structure et rhéologie de la crème glacée**II.4.1. Structure**

La structure des crèmes glacées se compose de 3 phases différentes, les globules gras dont certains peuvent être partiellement coalescés, les bulles d'air et les cristaux de glace qui sont intégrés dans une matrice non gelée de sucres solubles, protéines, minéraux, stabilisants et eau. Les deux phases

grasse et aérienne ont également des couches interfaciales qui leur sont associés (McSweeney et O'mahony, 2016). La crème glacée est à la fois : une émulsion grâce à la présence des gouttelettes grasses dispersées dans une matrice liquide. Un sol dû à la présence des cristaux de glace dans une matrice liquide.

Une mousse solide qui dû à la présence des bulles d'air dispersés dans une matrice solide (Rizo, 2016). La texture des crèmes glacées est l'une des signes de qualité les plus importants et qui est essentiel pour les paramètres de traitement pendant la conservation et les paramètres de qualité lors de la consommation (McSweeney et O'mahony, 2016).

Au plus simple, la glace se présente sous la forme d'une mousse glacée, c'est-à-dire qu'elle est issue du mélange liquide pasteurisé de crème ou de lait (voire les deux), de sucre et parfois d'œufs, dans lequel on a incorporé de l'air par foisonnement, le tout stabilisé par un fort abaissement de la température. Avec l'ajout des arômes, on obtient un produit rafraîchissant et gourmand (Actalia et Mre, 2021).

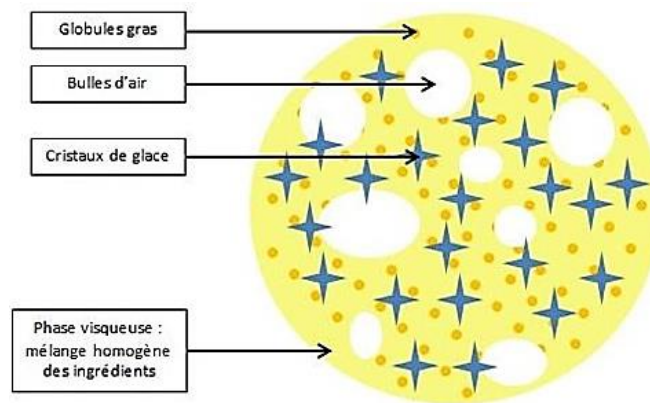


Figure 4 : Structure de la crème glacée (Actalia et Mre, 2021).

II.4.2. Propriétés rhéologiques

La rhéologie est l'étude de l'écoulement et de la déformation de la matière. La crème glacée présente à la fois les propriétés d'un solide et d'un liquide. Elle est considérée comme une émulsion viscoélastique (LIEW et al. 2001). L'étude de la rhéologie de la crème glacée commence par la connaissance de la viscosité des mix, plus elle est élevée plus l'énergie nécessaire à la congélation est importante et elle Synthèse bibliographique 8 doit atteindre une valeur assez élevée pour permettre une bonne rétention d'air. En revanche, la capacité au fouettage diminue avec cette viscosité (Tafat et Temouche, 2016).

II.5. Procédé de fabrication de la crème glacée

Bien que le nombre de recettes soit très large, les glaces sont fabriquées à partir d'une base de mix commune ; L'ensemble du procès de fabrication de crème glacée est schématisé dans **la Figure 7** et présenté étape par étape ci-dessous (**Bruno et Chavez, 2002**).

II.5.1. Pasteurisation

Après le mélange des ingrédients du mix, celui-ci est pasteurisé. La pasteurisation est le point critique de contrôle biologique, destiné à éliminer les bactéries pathogènes et à diminuer la quantité de micro-organismes qui peuvent détériorer le produit (**Goff et al., 1995**).

Traditionnellement réalisée à 69°C/30 min, elle se fait le plus souvent en continu à plus haute température et temps plus court (HTST1 82-87°C pendant 15 à 30 s.), toute particule du produit devant être maintenue à une température minimale durant un temps minimum (**Goff et al., 1994**). Mais un traitement excessif peut donner de mauvais goûts de cuit ou de Caramel (**Andreasen et Nielsen 1998**).

II.5.2. Homogénéisation

Généralement réalisée en deux étapes afin d'éviter la renaissance de la matière grasse et tout de suite après la pasteurisation (pour profiter de ce que le mix chaud est moins visqueux), l'homogénéisation consiste à appliquer au mix un sévère traitement mécanique, en l'obligeant à passer à travers un orifice avec une différence de pression amont/aval de 8 à 18 MPa (80 à 180 bars). Le but est de créer une émulsion stable de matière grasse, dispersée en globules de moins de 1µm. On cherche à «dispenser au maximum les globules gras et faciliter la création, entre les protéines et les stabilisants, d'un réseau qui retiendra l'air injecté et permettra d'obtenir la spongiosité recherchée». Elle sert aussi à incorporer les stabilisants peu solubles. L'efficacité de l'homogénéisation est variable selon la température, la pression, le type d'homogénéisateur et la composition du mix (**Bruno et Chavez, 2002**).

II.5.3. Maturation

Après refroidissement jusqu'à 4 °C, le produit est maintenu à cette température au moins 2 heures, souvent une nuit. A ce stade la matière grasse cristallise partiellement, les biopolymères sont mieux hydratés, les protéines interagissent avec les émulsifiants et la viscosité augmente . Toutes ces conditions seront favorables au développement structurel du produit. C'est à ce moment que l'on ajoute le colorant et certains arômes (**Marshall et Arbuckle, 1996**).

II.5.4. Foisonnement et congélation

L'injection d'air et le refroidissement s'effectuent simultanément dans un échangeur de chaleur à surface raclée (ESCR) pour obtenir en quelques dizaines de secondes une crème glacée molle, fluide et plus ou moins visqueuse, typiquement à -4°C et 100% de taux de foisonnement (le double de volume par rapport au volume initial de mix). La dispersion d'air produira la texture légère et spongieuse, la sensation crémeuse en bouche, la résistance à la fonte et la stabilité durant le stockage (**Andreasen et Nielsen, 1998**). Environ 50% de l'eau est congelée, et si le refroidissement est rapide, plus nombreux et petits seront les cristaux de glace, et plus le produit sera stable au stockage et de texture moelleuse (**Hartel, 1996**). En même temps, l'émulsion de matière grasse est déstabilisée, ce qui est en fait bénéfique puisque cela apporte stabilité à la mousse d'air, l'aspect sec recherché, et une texture crémeuse (**Madden, 1989**). A la sortie du foisonneur-congélateur peuvent être ajoutées des inclusions, l'enrobage ou tout autre accompagnant (gâteau, biscuits, etc.).

II.5.5. Durcissement

Dans des chambres ou tunnels où passe à une vitesse de 5 à 10 m/s un courant d'air très froid (-45 à -25°C) ou sur des plaques réfrigérantes (plate freezer) plus performantes, jusqu'à 80% de l'eau finit par congeler, et la température au cœur du produit atteint -15°C . Le produit retrouve ainsi la consistance quasi solide que l'on connaît (**Andreasen et Nielsen, 1998**).

II.5.6. Stockage

Selon les besoins, il s'effectue à -18°C pour un stockage court ou -30°C pour une conservation plus longue. Il faut rappeler qu'après le durcissement, la qualité de la crème glacée ne peut être améliorée, et sa conservation dépendra exclusivement des conditions post-process, du strict respect de la chaîne du froid lors du transport et la commercialisation. En dessous de -25°C , la crème glacée est stable à long terme sans danger de croissance de cristaux de glace, mais au-dessus de cette limite, la croissance de cristaux de glace est possible et dépend de la température de stockage, ce qui restreint la durée de vie du produit (**Goff et al., 1995**).

La Figure 5 illustre Procédé de fabrication de la crème glacée :

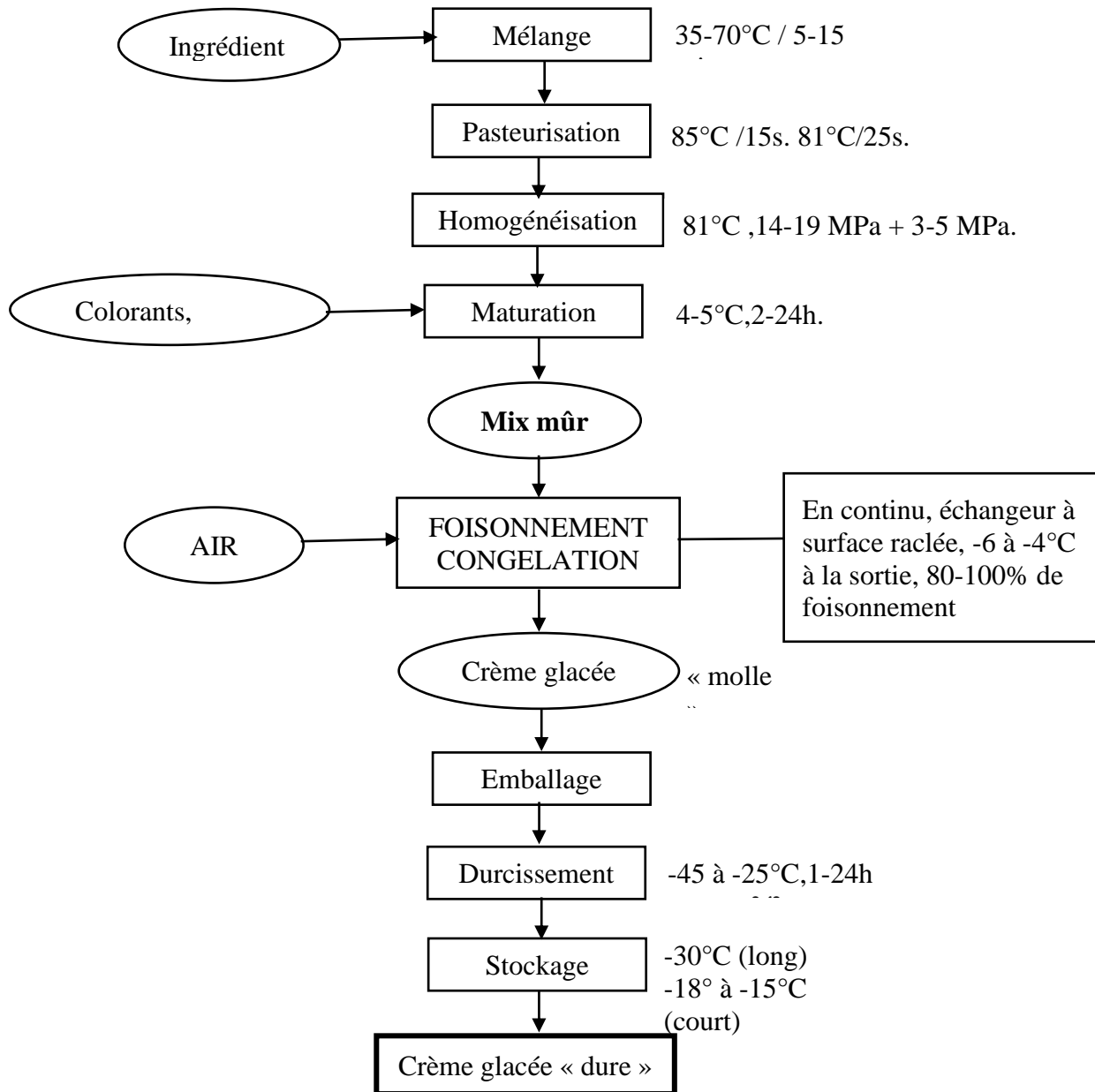


Figure 5 : Procédé de fabrication de la crème glacée (Bruno et Chavez, 2002)

II.6. Propriétés physico-chimiques des mélanges

II.6.1. Viscosité

Qui mesure la résistance à l'écoulement est une caractéristique essentielle des mélanges. Une façon rapide et simple de mesurer la viscosité est de déterminer le temps mis une pipette pour se vider, comparativement à l'eau un mélange met 50 à 300fois plus de temps. La viscosité influence le rendement, c'est-à-dire l'incorporation d'air. Dans un mélange à faible viscosité, la formation des bulles d'air se fera difficilement. Par contre, un mélange trop visqueux nuit au fouettage. Par

ailleurs, un mélange plus visqueux se pompe moins bien ce qui va nuire à son transfert dans l'usine (**Tirard collet, 1996**).

II.6.2. Acidité

L'acidité est souhaitable pour les sorbets, dans le cas des crèmes glacées, une acidité trop élevée peut entraîner des problèmes majeurs : le mélange se déstabilise rapidement, les rendements diminuent et la fonte de la crème s'accompagne d'une séparation du sérum (**Tirard collet, 1996**).

II.6.3. Densité

La densité du mélange se situe entre 1.05 et 1.13. Elle se détermine en pesant un volume fixé ou en utilisant un hydromètre. Cette donnée est particulièrement utile pour contrôler le volume d'air ajouté et donc le rendement (**Tirard collet, 1996**).

II.6.4. Quantité du solide

Dans les sorbets plus particulièrement cette quantité est directement reliée au solide soluble qui va jouer un rôle essentiel dans l'aptitude du mélange à la congélation et au foisonnement. Les solides solubles sont mesurés par réfractomètre (**Tirard collet, 1996**).

II.7.Évaluation sensorielle

La technique d'évaluation sensorielle de la crème glacée est sous plusieurs aspects, complètement différente de l'évaluation sensorielle des autres produits laitiers, du fait que le produit est congelé. Cependant lorsque vient le moment de juger la crème glacée, on doit s'assurer que le produit n'est pas maintenu à une froideur intense. Il doit plutôt être gardé à une température d'environ -15°C, température à laquelle le produit conserve ses propriétés physiques et peut alors être évalué facilement.

Si la surface de la crème glacée a été exposée à l'air froid et qu'elle se dessèche, on doit enlever la surface (**Termoul et Foularsen, 2018**).

L'échantillon que l'on emploie pour vérifier les qualités de fonte ne doit pas être nécessairement large, cependant les différents échantillons devront être de volumes identiques, placez les échantillons bien à la vue, de façon à pouvoir les examiner facilement. L'examen d'un contenant est fait par une seule personne de manière à ne pas faire connaître aux membres du panel la provenance des échantillons. De même la couleur sera jugée lorsque les juges recevront une partie du produit dans une assiette. La sortir de plusieurs échantillons du congélateur en même temps à éviter. Lorsque on a sorti un contenant, on prépare les portions rapidement. Lorsqu'il reçoit le

produit à évaluer, le juge note la couleur du produit. Peu d'information est fournie par la senteur du produit à cause de la température. Avec une cuillère le juge peut noter facilement certaines caractéristiques du corps et texture soit la présence de particules de glace ou si le produit est léger ou trop consistant. Ces constatations sont aussi faites en pressant le produit entre la langue et le palais. Lorsque le produit fond et se réchauffe dans la bouche. On commence à noter les sensations de saveur. Lorsque le produit a atteint la température du corps ou un peu avant. Les défauts de saveur s'il y en a, auront été perçus. À ce moment on rejette l'échantillon, il est important de bien on se rince la bouche entre chaque échantillon. on note soigneusement ses constatations et le pointage alloué sur la feuille prévue à cet effet (**Termoul et Foularsen, 2018**).

II.8.Valeur nutritionnelle de la crème glacée

Une portion de 125ml de glace (soit environ 2 boules) apporte en moyenne 150 calories, 7 g de matières grasses, 20 g de glucides et 100 mg de calcium. L'apport calorique peut toutefois monter en flèche selon le type de glace, si on ne s'en tient pas à une portion raisonnable, ou si on l'agrémente de sauce au chocolat, de bonbons ou crème chantilly. La « crème glacée aux œufs » (celle des glaciers artisanaux) est la plus riche : elle renferme au moins l'équivalent d'un jaune d'œuf et de 8 à 10 g de crème fraîche pour 100 g de produit. La « crème glacée » doit contenir au moins 7 % de matières grasses laitières. Une portion de 100 g de crème glacée peut compter 207 calories. Pour les « glaces » (sans autre précision), on n'impose pas un minimum de graisses laitières. Ce sont ces corps gras qui confèrent à la glace son onctuosité, mais on ajoute presque toujours épaississants, liants ou autres gélifiants (pectine, gélatine, carraghénane, gomme de guar, cellulose...) pour lui donner plus de tenue. On peut aussi l'additionner d'acidifiants, d'arômes et de colorants autorisés. Il suffit, ensuite de foisonner le produit, autrement dit de lui incorporer de l'air avant sa prise au froid (**Bougeerra et Laouier, 2019**).

II.9.Facteurs affectant la qualité de la crème glacée

Les principaux facteurs affectant la qualité de la crème glacée sont les facteurs associés à la composition et les facteurs liés au processus de fabrication (Goff ,2016). (**Otmane et Ouazzi, 2019**).

Tableau 6 : Les problèmes de fabrication de la crème glacée (Actalia et Mre, 2021)

Défauts	Origine possible
Texture grossière et sensation aqueuse	Refroidissement trop lent au turbinage et/ou au durcissement Remontée de la température du produit après turbinage
Texture friable	Teneur en matière sèche insuffisante, foisonnement excessif (bulles d'air trop grosses) Dose de stabilisants insuffisante
Texture humide / glace molle à -18°C	Teneur en matière sèche trop importante Excès d'ingrédients antigels (sucre, alcool, sel) Foisonnement insuffisant
Texture collante, pâteuse	Trop de matière sèche Trop de stabilisants
Texture granuleuse	Présence de gros cristaux de glace hétérogènes, grosses bulles d'air Glaçage et surgélation trop lents, fluctuation importante des températures Dose de stabilisants insuffisante
Défaut de goût	Goût rance : oxydation de la matière grasse, Acidité trop forte des ingrédients laitiers, Amertume : mauvaise qualité du lait, Goût de cuit : mauvaise agitation du mix au cours de la pasteurisation, Goût salé : teneur excessive en matière sèche

II.10. Effet de la congélation sur les microorganismes dans la crème glacée

Selon **Marshall, (2001)**, les conditions de congélation mettent des contraintes sévères sur les microorganismes dans le mélange. Les facteurs qui affectent la survie des microorganismes pendant la congélation et le stockage comprennent le type et l'état physiologique des cellules, la

composition de l'aliment, le traitement de l'aliment avant la congélation, de congélation, et les conditions de stockage.

II.11. Risques sanitaires liés à la consommation des crèmes glacées

Les membres de l'Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO) et de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), ont exprimé leur inquiétude au sujet de la sécurité sanitaire des aliments aux niveaux qu'international. L'incidence croissante des maladies d'origine alimentaire aux cours des dernières décennies semble dans de nombreux pays être liée à une augmentation des maladies dues à la présence de microorganismes dans les aliments (**Messous et Raho, 2019**)

Les crèmes glacées comme tous autres aliments risquent d'être contaminées soit par les germes aérobies, coliformes fécaux ou autres ; ou soit à cause du manque d'hygiène ou le non-respect des règles.

La crème glacée est un produit à base de lait, ce dernier est un bon support pour la croissance microbienne, sa composition fait qu'elle constitue un milieu propice à la survie et à la croissance des germes. Les principales sources de contamination microbienne des crèmes glacées incluent l'eau et le lait cru, alors que les sources secondaires incluent les agents aromatisants, la manipulation des ustensiles. De nombreux psychrophiles et microorganismes psychotolérants comme *Listeria monocytogens*, *Salmonella*, *Saphylococcus aureus*, *Bacillus*, *Shigella*, *Streptococcus*, *Pseudomonas*, *Campylobacter*, *Brucella* et *Yersinia enterocolitica* sont généralement présents dans la crème glacée et peuvent survivre dans les aliments même à basse température (**Mahmud hossain et al, 2012**).

PARTIE

ETUDE EXPERIMENTALE

CHAPITRE 1

MATERIEL ET METHODES

CHAPITRE 1 MATERIEL ET METHODES

I. Matériel

Le matériel, la verrerie et produits utilisés tout au long de ce travail sont rassemblés dans **le tableau 7**.

Tableau 7 : matériels et produits utilisés

Appareillage	verreries	Produits et réactifs
<ul style="list-style-type: none"> ✓ Dessiccateur ✓ Balance de précision ✓ pH mètre ✓ Réfrigérateur ✓ Centrifugeuse GERBER ✓ Dessiccateur infrarouge ✓ Réfractomètre ✓ Four a moufle ✓ Bain marie ✓ Etuve 37°C, 47°C ✓ Vortex ✓ Minéralisateur ✓ Distillateur ✓ Spectrophotomètre 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Bécher de 150 ml ✓ Burettes 100 ml ✓ Spatules ✓ Butyromètre de Teichert avec son bouchon ✓ Capsule d'aluminium et en porcelaine ✓ Pipette de 10ml ✓ Burette ✓ Pipette de 2ml ✓ Pipette pasteur ✓ Boite pétrie ✓ Flacon 250 ml ✓ Fiole 100 ml ✓ Fiole 50 ml ✓ Matras 250ml ✓ Erlenmeyer 250 ml ✓ Tube à essai 	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lactosérum ✓ Eau distillée ✓ Phénolphtaléine ✓ Soude NaOH (0.1N) ✓ Acide sulfurique de densité 1,825 ✓ Alcool iso-amylque ✓ Méthyle orange ✓ Solution noir Eriochronne ✓ Solution tampon pH = 10 ✓ Solution EDTA de 0,01 N ✓ Gélose VRBG ✓ Gélose Viande Fois ✓ Gélose PCA ✓ Gélose HEKTOENE ✓ Bouillon SFB ✓ Gélose Desoxycholate ✓ Gélose Sabouraud ✓ Gélose Baird Parker ✓ Additif sulfite de sodium et l'alun de fer ✓ Catalyseur ✓ Acide sulfurique ✓ Acide borique ✓ Rouge de méthyle et vert de bromocrésol ✓ Lactose 0.1 g/l ✓ Phénol 5%

I.1. La poudre du lactosérum

Le lactosérum utilisé est un lactosérum doux déshydraté provenant de l'Irlande.

I.2. Les ingrédients

Les ingrédients utilisés dans la préparation des crèmes glacées sont les suivants :

- Lactosérum en poudre doux
- La poudre de lait 0%
- Matière grasse (crème fraîche)
- Eau
- Sucre (saccharose, dextrose monohydrate **E1200**, glucose poudre)
- Stabilisant (gomme de guar **E412**)
- Emulsifiant (Mono diglycéride **E471**)
- Arôme vanille

II. Méthodes

II.1. La formulation des crèmes glacées

Le tableau 8 résume les proportions des différents ingrédients ayant servi à la préparation de nos échantillons de crème glacée :

Tableau 8 : Proportions des ingrédients utilisés pour 1 Kg de crème glacé.

Ingrédients	Quantités (g)
Poudre de lait 0%	100
Crème fraîche	200
Eau	503
Saccharose	140
Glucose	30
Dextrose	20
Stabilisant	3
Emulsifiant	3
Arôme vanille	1

La recette des crèmes glacées que nous avons préparées pour environ 1 kg a été répétée 5 fois avec les mêmes mesures, à l'exception de la quantité de poudre de lait qui a été substitué et remplacée par du lactosérum en poudre à différents pourcentages : 25%, 50%, 75% et 100%.

II.2.Préparation des crèmes glacée

Pour préparer des crèmes glacées basique il faut suivre ces instructions :

1. Dans une casserole, mélangez l'eau avec la poudre du lait la crème fraiche ensuite ajoutez les sucres stabilisant et émulsifiant qui sont déjà mélangés à sec. Chauffez le mélange à feu moyen jusqu'à arriver à une température de 80-85°C en utilisant un thermomètre (**Figure 6**) est compter 15s – 30s.
2. Retirez la casserole du feu et ajoutez l'arôme de vanille. Remuez bien pour répartir l'extrait de vanille dans tout le mélange.
3. Faire diminuer la température de la préparation à 4°C dans un congélateur.
4. Puis placez-le au réfrigérateur pendant au moins 4 heures, voire toute une nuit. Le mélange doit être complètement refroidi avant de le mettre dans la sorbetière.
5. Versez-le mélange dans la sorbetière (**Figure 7**) et faites-la fonctionner. La sorbetière va turbiner le mélange, ce qui incorporera de l'air et donnera à la crème glacée sa texture crémeuse.
6. Après avoir turbiné la crème glacée pendant environ 20 à 30 minutes, elle devrait avoir une consistance ferme et crémeuse. Transférez-la dans un récipient hermétique et placez-la au congélateur pendant au moins 4 heures, ou jusqu'à ce qu'elle soit bien prise.



Figure 6 : Photo originale Thermomètre



Figure 7 : Photo originale de Sorbetière

II.3. Analyses physico-chimiques et microbiologique

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques des matières premières et produits finis ont été réalisées aux niveaux de :

- La laiterie COLAITAL Birkhadem-Alger.
- Fromagerie Promasidor Cheraga-Alger.
- Institut des sciences et technique appliquée Blida 1
- Université Saad Dahleb Bliba1

II.3.1. Analyses physicochimiques

Les analyses physico-chimiques effectués sur les matières premières utilisées et les produits finis obtenus, sont cités dans la tableau suivant :

Tableau 9 : les analyses physico-chimiques des matières premières et produits finis

Paramètre Produit	pH	Acidité	EST	MG	Taux de cendre	Protéine	Sucre totaux
Poudre de lait 0%	X	X	X	X	-	-	-
Lactosérum doux en poudre	X	X	X	X	X	X	X
Crème fraiche	-	X	X	X	-	-	-
Produit fini	X	X	X	X	-	X	X

II.3.1.1. Détermination du pH

Le pH des différents échantillons a été déterminé par pH métrie en utilisant un pH-mètre de paillasse (**Figure 8**).

➤ Méthodologie pour la poudre de lait et lactosérum

- Peser 3g d'échantillon dans un bécher.
- Ajouté 30 ml d'eau distillée.
- Mélanger à l'aide d'une baguette en verre jusqu'à dissolution complète de prise d'essai.
- Placer de mélange dans le réfrigérateur pendant 30 minutes.
- Effectuer la mesure électro-métrique en agitant bien le contenu.
- Lire directement la valeur du pH sur le pH-mètre.

➤ Méthodologie pour produit fini

- Verser une quantité d'échantillon de crème glacée dans un bécher.
- Agiter bien le contenu et introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser.
- Lire directement la valeur du pH sur le pH-mètre.



Figure 8 : photo originale de pH mètre

II.3.1.2. Détermination de la matière grasse (Norme Colaital)

➤ Principe

Dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et séparation par centrifugation de la matière grasse de la crème dans un butyromètre. La séparation est favorisée par l'addition d'alcool iso amylique.

➤ Méthodologie pour la poudre de lait et lactosérum

- Introduire dans un butyromètre (**Figure 9**) 10ml d'acide sulfurique.
- Ajouter 8ml d'eau distillée.
- Peser 2.5 de poudre de lactosérum et l'introduire dans le butyromètre.
- Ajouter par la suite l'alcool iso-amylque.

- Boucher et agiter latéralement avec prudence.
 - Centrifuger pendant 5 min dans une centrifugeuse (**Figure 10**).
 - Retirer le butyromètre et faire la lecture directement sur le butyromètre.
- **Méthodologie pour la crème fraîche et produit fini**
- Introduire 10 ml de crème fraîche dans un bécher et complétée aux 100 ml.
 - On obtient une dilution, agité bien pour permettre la dilacération de la crème.
 - Traiter la dilution comme le lait ordinaire par la méthode GERBER classique, donc mettre 10 ml d'acide sulfurique dont le butyromètre on ajoute 11 ml de la dilution et 1 ml d'alcool iso amylique.
 - Après la centrifugation lire directement la graduation de la matière grasse de butyromètre et multiplier x 10.
 - Résultats exprimés en g/l.



Figure 9 : photo originale de Butyromètre



Figure 10 : photo originale de Centrifugeuse

II.3.1.3. Détermination de l'extrait sec total (EST) (Norme Colaital)

➤ **Principe**

C'est la masse (matière sèche) restante après dessiccation complète par la technique d'infrarouge d'un certain volume de l'échantillon, il regroupe l'ensemble des constituants à l'exception de l'eau, d'une autre manière l'extrait sec est la masse restante après élimination de l'eau présente dans l'échantillon.

➤ **Méthodologie**

- Fixer le dessiccateur (**Figure 11**) à une température de 95°C pour la poudre de lait et le lactosérum, 120°C pour la crème fraîche, 80°C pour les sucres, 110°C pour les crèmes glacées.

- Tarer la capsule et peser 1.2g de poudre de lait et lactosérum, 2g pour la crème fraîche les sucres et 3g pour les crèmes glacées.
- Faire la dessiccation du produits environs 10 min pour tous les produits sauf les crèmes glacées 20 min.
- Lire directement sur le dessiccateur le taux d'humidité en %.



Figure 11 : Photo originale de Dessiccateur

II.3.1.4. Détermination de l'acidité titrable (AT) (Norme Colaital)

➤ Principe

Titration de l'acidité par une solution alcaline en présence de phénophtaléine.

➤ Méthodologie pour la poudre de lait et lactosérum

- Peser 2g de la poudre dans un bécher au préalable taré.
- Ajouter 18ml d'eau distillée laissé au repos pendant 5min.
- Titrer le mélange à l'aide de la soude NaOH N/9 après avoir ajouté quelque goutte de phénophtaléine 1% jusqu'au virage rose pale.
- Le résultat est exprimé en degré Dornic dont il est calculé comme suit :

$$A = \frac{V}{2}$$

➤ Méthodologie pour la crème fraîche et produit fini

- Introduire 10 ml de crème dans un bécher.
- Ajouter quelque goutte de phénophtaléine.
- Titrer avec Na OH jusqu'à obtention d'une couleur rose pale.
- Lire directement le résultat sur la partie d'acidimétrie graduée.
- Le résultat est exprimé en degré Dornic : c'est la quantité de la soude versée.

II.3.1.5. Détermination de la teneur en cendre (Afnor, 1986)**➤ Principe**

Les cendres sont des substances résultantes de l'incinération de la matière sèche à 600°C pendant 4 heures dans un four à moufle.

➤ Mode opératoire

- Les capsules sont d'abord lavées puis séchées dans l'étuve et mise dans un dessiccateur.
- On pèse les capsules et on y ajoute 5g de produit.
- Ensuite, on place les capsules dans le four à 600°C pendant 4h.
- Puis, on refroidit les capsules dans le dessiccateur et on pèse les nouveaux poids.

➤ Expression des résultats

Le taux des cendres exprimé en pourcentage est égal à :

$$TC\% = \left[(P3 - \frac{P1}{P}) \times 100 \right]$$

Où :

P= P2 – P1

P1 : le poids de la capsule vide (g).

P2 : le poids de la capsule vide et la prise d'essai (g).

P3: le poids de la capsule + échantillon après incinération (g).



Figure 12 : Photo originale Four à moufle

II.3.1.6. Dosage des protéines par la méthode de Kjeldhal (JORA N° 75)**➤ Principe**

La teneur en protéines a été déterminée suivant la méthode de **KJELDHAL**, dont la détermination du taux de protéines se fait par le dosage de l'azote total suite à une minéralisation qui permet la transformation de l'azote organique, en sulfate d'ammonium, sous l'action de l'acide sulfurique concentré à chaud en présence de catalyseurs appropriés.

➤ Mode opératoire**1. Minéralisation**

- Peser de 0.5 à 2g d'échantillon à analyser selon l'importance d'azote dans l'échantillon et l'introduire dans les matras.
- Rajouter sur l'échantillon 2g de catalyseur (5g de sulfate de potassium et 0.5g de sulfate de cuivre) et 20ml d'acide sulfurique concentré dans chaque matras.
- Après l'apparition de la couleur verte, compter 2 heures et ajouter 80ml d'eau distillée en agitant et en refroidissant sous un courant d'eau (**annexe I**).

2. Distillation

- Ajouter 75 ml de NaOH (40%) dans les matras (**annexe I**).
- Placer un erlenmeyer de 250 ml contenant 50 ml d'acide borique plus 0.5 ml d'indicateur coloré (rouge de méthyle et vert bromocrésol) puis distiller complètement.

3. Titrage

- Transvaser dans un bécher.
- Titrer avec NaOH (0.1N) jusqu'à virage de la couleur (**annexe I**).

➤ Expression des résultats

La teneur en protéines rapporté à la matière sèche se calcule comme suit :

$$P = \frac{[(V - V_0) \times 0,14 \times k]}{M}$$

P : protéines exprime en %.

V : volume HCl N/10 versé en (ml).

V₀ : Volume d'HCl N/10 versé pour l'essai à blanc en (ml).

M : Masse d'échantillon en (g).

K : coefficient selon la nature du produit (6.38).



Figure 13 : Photo originale de Minéralisateur



Figure 14 : Photo originale Distillateur

II.3.1.7. Dosage des sucres totaux (Dubois 1956).

➤ Principe

La méthode de Dubois permet de doser les oses en utilisant le phénol et l'acide sulfurique concentré. Les sucres donnent une couleur jaune-orangé dont l'intensité de la couleur est proportionnelle à la concentration des sucres totaux. La densité optique est déterminée à 490 nm.

➤ Mode opératoire

1. Préparation de la gamme d'étalon

Afin de déterminer la concentration en sucre des échantillons, il est nécessaire d'établir un droit étalon. Il faut préparer plusieurs solutions de lactose de concentration connue. La manipulation devient alors :

- Dans une fiole de 100ml peser 0.01 g de lactose (0.1g/l) et ajuster avec l'eau distillé jusqu'au trait de jauge.
- Préparer huit solutions filles de différents concentrations connues (0.01; 0.012 ;0.014 ;0.016 ;0.018 ;0.020 ;0.022 ;0.024).
- Dans des tubes à essais ajouter 1ml de solution fille 1ml de phénol 5%, et 3ml d'acide sulfurique.
- Agiter au vortex.
- Mettre à l'obscurité 30 min (**annexe II**).
- Lire l'absorbance à 490 nm par un spectrophotomètre (**Figure 15**).
- Tracer la droite d'étalonnage.

2. Préparation de l'échantillon à analyser

- Préparer une dilution mère : dans une fiole de 100 ml peser 1g de l'échantillon et ajuster avec l'eau distillé jusqu'au trait de jauge.
- Prépare une dilution fille : prélever 1ml de la dilution mère et la maitre dans une fiole de 50ml et ajuster avec de l'eau distillé jusqu'au trait de jauge .
- Continuer l'analyse en suivant les mêmes étapes de la gamme d'étalon (**annexe II**).



Figure 15 : Photo originale de Spectrophotomètre

II.3.2. Confirmation des résultats physico-chimique

On a confirmé quelques paramètres physico-chimiques du lactosérum en poudre doux et produit fini par un Food Scan (**Figure 16**) a été faite au niveau de l'entreprise Promasidor Berber Cheraga-Alger.

Les paramètre confirmer sont :

- ✚ pH ; Acidité titrable ; EST et les protéines.



Figure 16 : Food Scan (Gerber Instruments)

II.3.3. Les analyses microbiologiques

Le contrôle microbiologique permet de garantir la sécurité et la salubrité des aliments. Il permet d'éviter la présence de microorganismes pathogènes dans les produits afin de ne pas risquer une altération de la qualité hygiénique des produits finis avant leur commercialisation.

Les analyses microbiologiques portent essentiellement sur la détection et le dénombrement des germes pathogènes dans le produit.

Le contrôle microbiologique permet de garantir la sécurité et la salubrité des aliments. Il permet d'éviter la présence de microorganismes pathogènes dans les produits afin de ne pas risquer une altération de la qualité hygiénique des produits finis avant leur commercialisation.

Les analyses microbiologiques portent essentiellement sur la détection et le dénombrement des germes pathogènes dans le produit.

Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des germes dénombrés.

Tableau 10 : Analyses microbiologiques effectuées sur les produits selon **Journal Officielle N°39**

Germes recherchés	Produit	Milieux de culture	T°/durée d'incubation
Enterobacteriaceae	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lait en poudre et lactosérum en poudre ✓ Produit fini ✓ Crème fraîche 	VRBG	37°C/24h
Salmonella	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lait en poudre et lactosérum en poudre ✓ Produit fini ✓ Additifs en poudre ✓ Crème fraîche 	HEKTOEN	37°C/24h
Staphylocoque a coagulase +	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Lait en poudre et lactosérum en poudre 	Baird Parker	37°C/24h

	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Produit fini ✓ Additifs en poudre ✓ Crème fraiche 		
Levure et moisissure	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Additifs en poudre ✓ Les sucres 	Sabouraud	37°C/24h
Germe aérobie à 30°C	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Produit fini ✓ Additifs en poudre ✓ Les sucres 	PCA	30°C/72h
ASR	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Les sucres 	VF	37°C/24h,48h
E. coli	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Additifs en poudre 	Gélose Désoxycolate	44°C/24h
Coliforme totaux	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Additifs en poudre 	Gélose Désoxycolate	44°C/24h

II.3.3.1. Préparation de la solution mère

- Désinfecter la paillasse à l'aide de l'eau de javel,
- Introduire aseptiquement 25 grammes de l'échantillon à analyser dans un flacon préalablement taré contenant 225ml de l'eau.
- Au début et dans des tubes à essai stérilisés (autoclave pendant 20min à 120°C et une pression de 1 bar), un volume de 9ml d'eau physiologique stérilisée est introduit.
- A l'aide d'une micropipette, un volume de 1 ml de solution mère est introduit dans le tube contenant 9ml de diluant (eau physiologie stérile) à la température ambiante, une dilution de 10^{-1} est obtenue
- L'utilisation des dilutions décimales a pour but de faciliter le dénombrement des germes.
- Mélanger soigneusement la prise d'essai et le diluant pendant 5 à 10 secondes.

II.3.3.2. Dénombrement des Salmonelles (NA 1203/ISO 6579 ,2002)**➤ Principe**

Les techniques consistent en :

- Un pré enrichissement destiné à revivifier les cellules de Salmonelles et de permettre leur développement ultérieur dans le liquide d'enrichissement
- Un enrichissement qui est basé sur les principes d'inhibition des bactéries à GRAM positifs et sur une inhibition la plus complète possible des coliformes et éventuellement d'autres entérobactéries.

II.3.3.3. Recherche et dénombrement des Staphylocoques aureus (NF V08-057-1,1994)

Pour la recherche des Staphylococcus aureus, on utilise le milieu de Baird-Parker.

II.3.3.4. Recherche et dénombrement les Enterobacteriaceae (ISO 21528-2)

Pour la recherche des Enterobacteriaceae, on a utilisé le milieu VRBG.

II.3.3.5. Recherche et dénombrement des Germe aérobie à 30°C (ISO 4833-1)

Pour la recherche des germes aérobies, on utilise le milieu PCA.

II.3.3.6. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (ISO 21527-1/ JORA N° 58/ 2017).

Pour la recherche des levures et moisissure on utilise le milieu sabouraud.

II.3.3.7. Recherche et dénombrement des anaérobie sulfito-réducteur (ISO 15213/ JORA N° 52/2015)**➤ Principe**

La recherche des Clostridium sulfito-reducteurs s'effectue sur gélose viande foie additionnée de sulfite de sodium et d'alun de fer. Le sulfite est réduit en sulfure et réagit avec les ions ferriques en provoquant le noircissement des colonies des Clostridium sulfito-réducteurs.

II.3.3.8. Recherche et dénombrement d'E. coli et les coliformes totaux (ISO 7251/ JORA N° 58/ 2017)**➤ Principe**

Les deux groupes de microorganismes les plus utilisés comme indicateurs de contamination bactérienne sont les coliformes totaux et les coliformes fécaux. Le groupe des coliformes totaux comprend toutes les bactéries aérobies et anaérobies facultatives, Gram-, non sporulées,

cytochrome oxydase négative en forme de bâtonnets qui font fermenter le lactose avec dégagement de gaz au moins de 48 h à 35 °C. Le groupe des coliformes fécaux comprend les coliformes pouvant former des gaz en moins de 24h à 44,5°C (Desjardins, 1997).

NB : Le mode opératoire de chaque germe recherché est indiqué dans l'**annexe III**.

II.3.4. L'analyse sensorielle

Les descripteurs de propriété organoleptique retenus sont :

La consistance, la couleur, l'odeur, texture en bouche, arôme, sucrosité et description générale de l'agrément

Le jury se compose de 58 personnes dont 17 étudiants, 30 employés l'équipe de l'laboratoire physico chimie et microbiologie et leur responsable de l'industrie Colaital-Birkhadem et Berber-Cheraga et aussi 11 membres de la famille. L'âge de cette population varie entre 18 et 56 ans. Chaque personne reçoit une série de cinq échantillons composés de crèmes glacées à différents pourcentages de lactosérum (0%, 25%, 50%, 75%, 100%) et une fiche d'évaluation sensorielle (annexe 4).

Les instructions et des explications préliminaires sont données aux dégustateurs avant chaque dégustation.

Elles portent essentiellement sur les descripteurs de propriétés organoleptiques des crèmes glacées.



Figure 17 : Photos originale des échantillons et déroulement du test organoleptique

CHAPITRE 2

RESULTATS ET DISCUSSION

CHAPITRE 2 RESULTATS ET DISCUSSION

I. Résultats des analyses physico-chimiques

Les résultats des analyses physico-chimique des matières premières et produit fini obtenue sont résumés dans les tableaux si dessous.

En a effectuée 3 essais pour chaque paramètre.

I.1. Matières premières

Tableau 11 : Résultats des analyses physico-chimique des matières premières

Produit Paramètre	Lactosérum en poudre doux	Poudre de lait 0%	Crème Fraiche
pH	6.45	6,74	6.1
AT (°D)	13.8	15,5	15.75
Matière Grasse (%)	1.2	-	26.4
EST %	97.59	96.46	33.8
Taux de cendre (%)	1.8	-	-
Taux de protéine (%)	11.63	-	-
Taux de sucre (%)	70.2	-	-

Les résultats montrent que le pH de la PLD, la poudre du lait à 0% et la crème fraiche sont acides et très comparables se traduisant par une acidité titrable variant entre 13.8 et 15.75 °D. Pour la PLD, les valeurs sont conformes aux valeurs d'un Lactosérum doux (pH variant entre 5 et 6.3 et une acidité comprise entre e15 et 22°D) (Benslama.A, 2016).

La poudre de lait 0% a un pH de 6.74, cette valeur est proche à celle citée dans la norme du **CODEX STAN 207-1999** (6.6 – 6.8).

L'acidité titrable de la poudre de lait 0% est de 15.5°D, une valeur qui se rapproche de la norme interne de l'entreprise COLAITAL et qui varie entre 15°D et 17°D.

La teneur en matière grasse de la PLD trouvée (1,2%) est nettement supérieure à 0.05% (Valeur limite pour un lactosérum doux, citée **Bylund, 2003**). Cette différence s'explique par le fait que la poudre du lactosérum utilisée dans le présent travail a subi un traitement de déshydratation. La teneur en cendres du lactosérum en poudre doux est de 1.8%. Cela signifie qu'il y a une petite quantité de minéraux et de matières inorganiques présentes dans ce produit.

L'extrait sec de la poudre de lactosérum est de 97.5%, ce qui signifie que 97.5% de la poudre de lactosérum est composée de substances autres que l'eau. Cela inclut principalement le lactose, protéine, la matière grasse et d'autres composants présents dans la poudre de lactosérum.

Un taux de protéine de 11,63 % dans le lactosérum en poudre doux signifie que cette substance contient 11,63 grammes de protéines pour chaque 100 grammes de lactosérum en poudre.

Ce taux est élevé par rapport au lactosérum liquide doux, qui contient environ 0,60 % de protéines (**Bylund, 2003**). Cette augmentation significative du taux de protéines est due au processus de déshydratation utilisée pour obtenir la poudre de lactosérum, ce qui entraîne une concentration des protéines.

Un taux de sucre de 70,2 % dans le lactosérum doux signifie que cette substance contient 70,2 grammes de sucre pour chaque 100 grammes de lactosérum doux. Il est important de noter que le sucre principal du lactosérum est le lactose, et il représente environ 4,5 % dans le lactosérum liquide doux (**Bylund, 2003**).

La différence significative entre le taux de sucre dans le lactosérum liquide et le lactosérum doux est due au processus de déshydratation utilisé pour obtenir la poudre de lactosérum, ce qui entraîne une concentration de taux de sucre.

L'extrait sec de la poudre de lait 0% est de 96.46% ; cela signifie que 96.46% de la poudre de lait est composée de substances autres que l'eau tel que les glucides, les protéines et d'autres composants.

Selon les résultats qu'on a trouvé une teneur en matière grasse de 26,4 % dans la crème fraîche, alors cela diffère légèrement de la valeur indiquée sur l'emballage qui est de 28 %. Cela suggère que le fabricant a spécifié cette valeur comme étant la teneur en matière grasse moyenne de leur produit. Les fabricants de produits alimentaires calculent généralement une valeur moyenne pour la teneur en matière grasse, car elle peut varier légèrement d'un lot à l'autre.

Une teneur en extrait sec de 33,8 % dans la crème fraîche indique une quantité importante de

composants solides après évaporation de l'eau. Une teneur en extrait sec plus élevée est généralement associée à une crème fraîche plus épaisse et crémeuse et dans notre cas on a utilisé une crème fraîche légère.

I.2. Produit fini

Les résultats des analyses physico-chimiques des produits formulés sont regroupés dans le **tableau 12**.

Tableau 12 : Résultats des analyses physico-chimique des produits finis

	Ech 1 0%	Ech 2 25%	Ech 3 50%	Ech 4 75%	Ech 5 100%
PH	6.51	6.49	6.36	6.27	6.10
AT (°D)	14.9	14.6	14.5	14.2	13.9
Matière Grasse(%)	5.8	6	6.2	6.8	7.2
EST%	36.09	37.09	37.23	39.46	40.28
Taux de protéine(%)	3.02	2.74	2.54	2.26	2.06
Taux de sucre (%)	20.9	21.90	22.5	23.5	24.1

1) pH

- les valeurs de pH sont relativement proches les unes des autres même si on observe dans les résultats une légère diminution du pH, mais elle reste faible.
- Ces valeurs de pH indiquent que le produit présente un niveau d'acidité relativement neutre à légèrement acide.
- La légère diminution du pH revient aux faibles pourcentages de l'acide lactique contenant dans le lactosérum doux (0.05) (**Bylund, 2003**).
- Influence d'autres ingrédients : Les autres ingrédients utilisés dans la formulation de crèmes glacées peuvent également avoir une influence sur le pH. Dans notre cas, prenons l'exemple d'une crème fraîche avec un pH de 4,8.

2) AT

- Une diminution de taux d'acidité en fonction des quantités du lactosérum ajoutés. Cette diminution est due donc à la pauvreté du lactosérum en acide lactique.
- l'acidité peut être influencée par d'autres facteurs tels que les procédés de fabrication, les ingrédients ajoutés, ainsi que d'autres acides présents dans les ingrédients utilisés.

3) MG

Selon les résultats obtenus, une légère augmentation de la teneur en matière grasse a été observée. Cette augmentation peut être attribuée à l'incorporation de la PLD, qui contient environ 1-2% de matière grasse, par rapport à la poudre de lait 0% qui ne contient que des traces négligeables de matière grasse. Ainsi, l'ajout de lactosérum en poudre doux dans la formulation des échantillons de crème glacée a contribué à augmenter la teneur en matière grasse totale du produit final.

4) EST

L'augmentation de l'extrait sec total dans les échantillons de crème glacée peut être justifiée par les changements dans la composition des ingrédients utilisés lors de la substitution de la poudre de lait par le lactosérum en poudre à différents pourcentages (25%, 50%, 75%, 100%). Le lactosérum en poudre a généralement une teneur plus élevée en matières grasses et en glucides que la poudre de lait. En conséquence, lorsque le lactosérum en poudre est ajouté à la crème glacée à des pourcentages plus élevés, la teneur totale en matières solides augmentera, ce qui se traduira par une augmentation de l'extrait sec total.

5) Protéine

On observe que la teneur en protéines diminue à mesure que la proportion de lactosérum augmente et que la proportion de poudre de lait diminue. Cela est cohérent avec le fait que le lactosérum contient moins de protéines que la poudre de lait.

6) Taux de sucre

Les résultats indiquent une nette augmentation du taux de sucres, passant de 21,10% à 24,20%. Cette évolution est cohérente et peut être attribuée à la richesse en lactose du lactosérum, qui est d'ailleurs le composé le plus prédominant. Le lactosérum contient naturellement une quantité significative de lactose.

I.3. Confirmation des résultats physico-chimique

Tableau 13 : Résultats des analyses physico-chimiques de lactosérum en poudre er produits finis par Food Scan

Produit Paramètre	Lactosérum en poudre doux	Ech 1 0%	Ech 2 25%	Ech 3 50%	Ech 4 75%	Ech 5 100%
pH	6.40	6.56	6.45	6.34	6.28	6.12
Matière Grasse(%)	1.4	5.7	5.9	6.3	6.7	7
EST%	96.93	36.53	37.30	38.04	39.29	40.20
Taux de protéine(%)	12	3.61	3.02	2.82	2.50	2.15

- En comparant nos résultats de référence avec les résultats du Foodscan, nous avons observé une similitude, ce qui suggère une précision cohérente du Foodscan dans la mesure des paramètres analysés.

II. Résultats des analyses microbiologiques

II.1. Matières premières

Tableau 14 : Résultats des analyses microbiologique des matières premières

	Germes aérobie à 30 °C	Levures et moisissures	Anaérobies sulfito-réducteurs	Staphylocoque a coagulase positif	Coliformes totaux	Salmonella	E. coli	Enterobacteriaceae
Emulsifiant	ABS	ABS	-	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Stabilisant	ABS	ABS	-	ABS	ABS	ABS	ABS	-
Saccharose	ABS	ABS	ABS	-	-	-	-	-
Dextrose	ABS	ABS	ABS	-	-	-	-	-
Glucose	ABS	ABS	ABS	-	-	-	-	-
Lactosérum	-	-	-	ABS	-	ABS	-	ABS
Poudre de lait	-	-	-	ABS	-	ABS	-	ABS
Crème fraîche	-	-	-	ABS	-	ABS	-	ABS

NB : Les limites microbiologiques et les boîtes pétri de chaque produit sont indiquées dans l'ordre dans l'**annexe IV**.

Les résultats microbiologiques indiquent une absence totale de tous les germes pathogènes recherchés dans les matières premières. Cette absence totale est un indicateur d'une excellente qualité microbiologique des ingrédients utilisés :

- Les germes aérobies à 30 °C : Ces micro-organismes aérobies se développent en présence d'oxygène à une température de 30 °C. Leur absence indique l'absence de contamination ou de détérioration des matières premières.
- Les levures et moisissures : Les levures et les moisissures sont des micro-organismes fongiques qui se développent dans des conditions de faible humidité et de températures modérées. Leur absence suggère qu'il n'y a pas de contamination fongique dans les matières premières.
- Les anaérobies sulfito-réducteurs : Les anaérobies sulfito-réducteurs sont des bactéries qui se développent en l'absence d'oxygène et réduisent les sulfites en sulfures. Leur absence indique l'absence de contamination bactérienne spécifique dans les matières premières.
- Les staphylocoques à coagulase positive : Les staphylocoques à coagulase positive sont des bactéries potentiellement pathogènes présentes dans l'environnement et les matières premières. Leur absence est rassurante, car elle indique l'absence de contamination bactérienne pouvant mettre en danger la sécurité des produits finis.
- Les coliformes totaux, Salmonella, E. coli, Entérobactéries : Ces bactéries sont souvent utilisées comme indicateurs de la contamination fécale et peuvent être présentes dans les matières premières contaminées. Leur absence suggère l'absence de risque potentiel pour la sécurité alimentaire.

II.2. Produit fini

Tableau 15 : Résultats des analyses microbiologique de produit fini

	Ech 1 0%	Ech 2 25%	Ech 3 50%	Ech 4 75%	Ech 5 100%	Limites microbiologiques (ufc (1) /g ou ufc/ml)	
						m	M
Entero- bactériacées	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	10	10 ²
Germe aérobie à 30°C	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	10 ⁵	10 ⁶
Staphylocoque a coagulase positif	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	10	10 ²
Salmonella	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	Absence dans 25g	

- Les résultats des analyses microbiologiques montrent que les cinq échantillons sont conformes à la norme Algérienne (**JORA N°39, 2017**) où il a été noté l'absence totale de tous les germes pathogènes recherchés.

NB : Les boîtes pétri après incubation se trouvent dans (**annexe VI**).

III. Résultats de l'analyse sensorielle

Les résultats de nos préparations des cinq échantillons se trouvent dans (**annexe VII et VIII**) après turbinage et congélation. Et les tableaux pour réaliser ces diagrammes cet trouve dans **l'annexe IX**.

III.1. Consistance

Les résultats de l'appréciation de la consistance sont illustrés par **la figure 18**

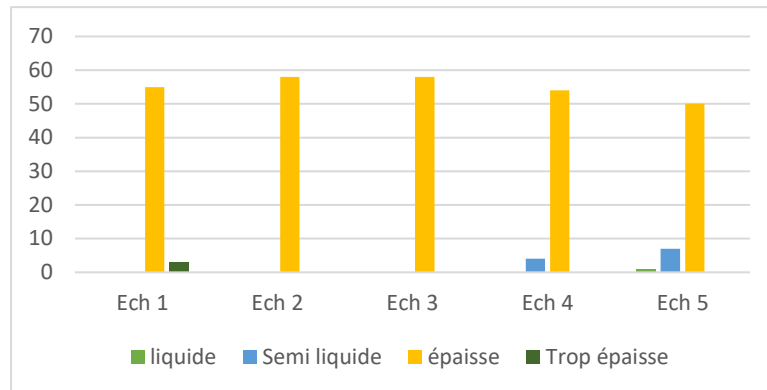


Figure 18 : Consistance des crèmes glacées.

➤ Interprétation

- Échantillon 1 : la plupart des dégustateurs ont décrit cet échantillon comme ayant une consistance épaisse qui représente une dominance d'environ 95% . Aucun dégustateur n'a noté qu'il était liquide ou semi-liquide.
- Échantillons 2 et 3 : Tous les dégustateurs ont décrit ces échantillons comme étant épais, sans aucune mention de liquide ou de semi-liquide. Il est important de noter que ces deux échantillons ont obtenus une dominance de 100%.
- Échantillon 4 et 5 : La plupart des dégustateurs ont trouvé que ces échantillons avait une consistance épaisse qui représente une dominance de 93% pour échantillon 4 et 86% pour échantillon 5 , mais certains l'ont décrit comme semi-liquide qui représente dans l'ordre 7% et 14%. Aucun évaluateur n'a noté qu'il était liquide ou trop épais.

La consistance majoritairement épaisse des crèmes glacées peut être influencée par plusieurs facteurs, tels que la composition et les ingrédients, la teneur en matières grasses, le procédé de fabrication, la température de stockage et les préférences régionales. Ces éléments combinés contribuent à créer une expérience sensorielle unique pour les consommateurs, en leur offrant une texture dense et crémeuse, ce qui pourrait indiquer une consistance très homogène et uniforme.

III.2. Couleur

Les résultats de l'appréciation de la couleur sont illustrés par **la figure 19**.

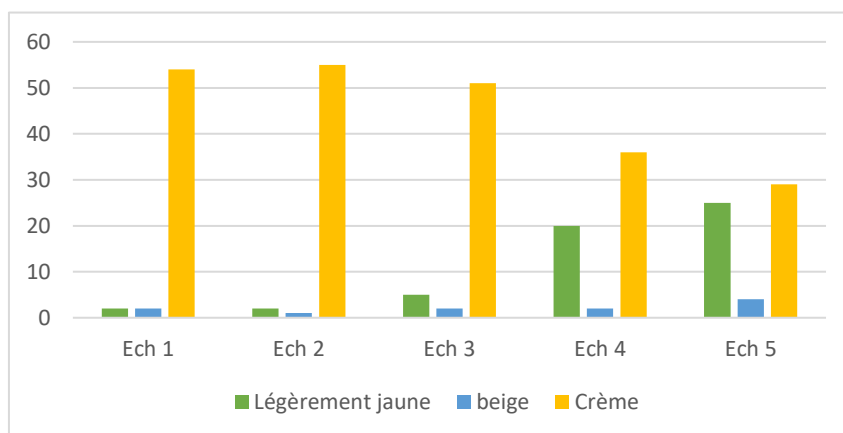


Figure 19 : Couleur des crèmes glacées.

➤ Interprétation

- Échantillons 1 et 2 et 3 : Les dégustateurs ont observé une légère couleur jaune pour ces échantillons qui représente un pourcentage dans l'ordre 3%, 3% et 9%, suivie par la couleur beige qui représente un pourcentage dans l'ordre 3%, 2% et 3%. La couleur crème a été la plus fréquemment mentionnée, avec un pourcentage indiquée dans l'ordre 93%, 95% et 88%, indiquant une couleur dominante pour ces échantillons.
- Échantillons 4 et 5 : un nombre important de dégustateurs ont noté une couleur jaune plus intense pour ces échantillons avec un pourcentage indiquée dans l'ordre 34% et 43%, avec une présence moins marquée de la couleur beige. Cependant, la couleur crème reste la plus dominante, même si elle a été moins notée par rapport aux échantillons précédents, avec un pourcentage indiquée dans l'ordre 62% et 50%.

Dans notre cas, la substitution de la poudre de lait par le lactosérum peut avoir contribué à des variations subtiles de couleur, avec une légère augmentation de la teinte jaune dans les échantillons 4 et 5 par rapport aux échantillons 1, 2 et 3.

III.3. Odeur

Les résultats de l'appréciation de l'odeur sont illustrés par la figure 20

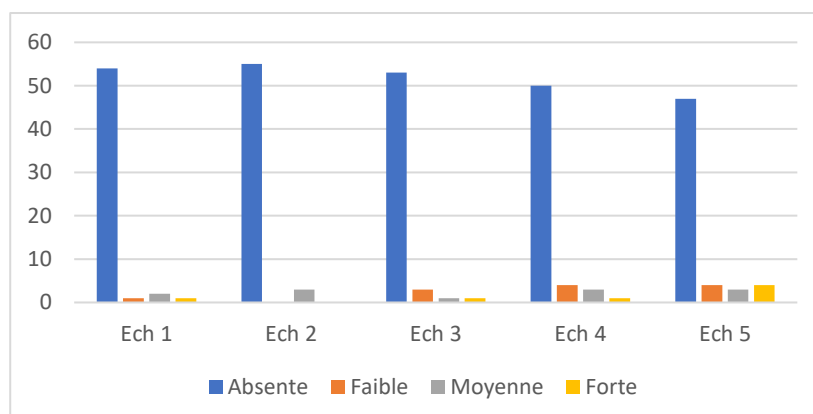


Figure 20 : Odeur des crèmes glacées.

➤ Interprétation

- Échantillon 1 et 2 et 3 : La plupart des dégustateurs ont noté une absence d'odeur concernant le lactosérum pour ces échantillons avec une dominance indiquée dans l'ordre 93%, 94% et 91% . Seulement quelques-uns ont signalé une faible et odeur moyenne et forte.
- Échantillon 4 et 5 : Les dégustateurs ont noté une plus grande variété d'odeurs pour ces échantillons. Mais la majorité a signalé une absence d'odeur avec une dominance indiquée dans l'ordre 86% et 81%, et une minorité ont noté une odeur faible à moyenne. Seulement quelques-uns ont signalé une odeur forte.

L'odeur de la crème glacée peut être influencée par divers facteurs, tels que les ingrédients utilisés, la présence d'arômes. Dans ce cas, la substitution de la poudre de lait par du lactosérum semble avoir conduit à une absence d'odeur dominante dans les échantillons, avec seulement quelques dégustateurs notant une légère présence olfactive.

III.4. Texture en bouche

Les résultats de l'appréciation de la texture sont illustrés par la **figure 21**

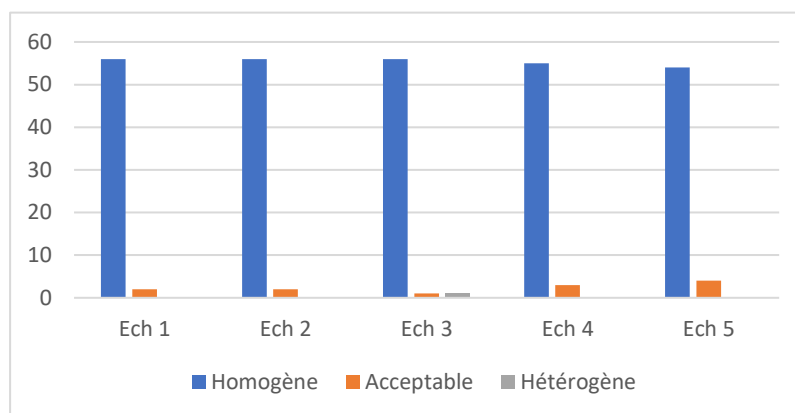


Figure 21 : Texture en bouche des crèmes glacées.

La grande majorité des dégustateurs ont trouvé la texture en bouche des cinq échantillons Homogènes avec une dominance de 96% pour les échantillons 1,2 et 3 et une dominance de 95% et 93% pour les échantillons 4 et 5, c'est-à-dire qu'ils ont perçu une consistance uniforme et cohérente. Seulement quelques-uns ont noté que la texture était acceptable, indiquant peut-être une légère variation ou imperfection, mais globalement satisfaisante.

La texture de la crème glacée est un aspect clé de l'expérience gustative et peut être influencée par plusieurs facteurs, tels que la composition des ingrédients, la méthode de fabrication, et les conditions de congélation. Dans ce cas, la substitution de la poudre de lait par du lactosérum semble avoir préservé une texture globalement homogène et satisfaisante pour la plupart des dégustateurs.

III.5. Arôme

Les résultats de l'appréciation de l'arôme sont illustrés par la **figure 22**.

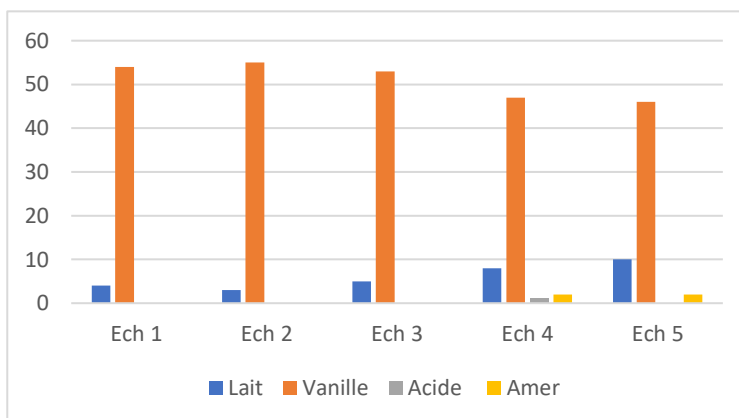


Figure 22 : Arome des crèmes glacées.

- Échantillon 1, 2 et 3 : La plupart des dégustateurs ont noté un arôme de vanille pour ces échantillons, indiquant une présence dominante de cet arôme, avec une dominance 93%, 95% et 91%. Une minorité ont noté l'arôme lait, Ils n'ont pas noté d'arôme acide ou amer dans ces échantillons.
- Échantillon 4 et 5 : Les dégustateurs ont noté un arôme de vanille pour ces échantillons avec une dominance de 81% et 79%, bien que dans une proportion légèrement moins marquée que les échantillons précédents. Certains dégustateurs ont également noté un arôme de lait avec un pourcentage indiquée dans l'ordre de 13% et 17%, indiquant une présence de cet arôme, mais à un niveau inférieur. Tandis que quelques-uns ont noté un arôme acide et amer.

L'augmentation du pourcentage de l'incorporation du lactosérum semble avoir légèrement affecté le profil aromatique des échantillons, avec une diminution de l'intensité de l'arôme de vanille et une légère présence de l'arôme du lactosérum.

III.6. Sucrosité

Les résultats de l'appréciation de la sucrosité sont illustrés par **la figure 23**.

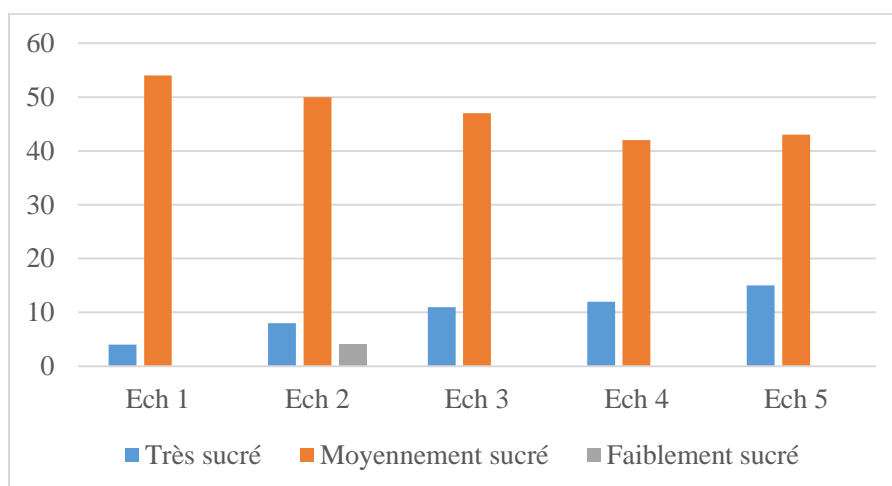


Figure 23 : Sucrosité des crèmes glacées.

➤ L'analyse de ces résultats a montré ce qui suit :

- Échantillons 1, 2, et 3 : la majorité des dégustateurs ont classé ces échantillons comme moyennement sucrés, avec une dominance de 93 %, 86 % et 81 %. Cependant, d'autres dégustateurs ont qualifiés ces échantillons comme très sucrés, représentant respectivement 7 %, 13 % et 18 % des opinions. Par ailleurs, quatre dégustateurs ont noté l'échantillon 2 comme faiblement sucré.

- Échantillons 4 et 5 : échantillons considérés comme moyennement sucrés par la majorité des dégustateurs avec une dominance de 72% et 74%. Certains dégustateurs ont également classés ces deux échantillons comme très sucrés représentant respectivement 20 % et 26 % des opinions.

Le niveau de sucre perçu dans les crèmes glacées peut être influencé par plusieurs facteurs, tels que la quantité de sucre ajoutée, les ingrédients utilisés et les préférences individuelles des dégustateurs.

Dans ce cas, la substitution de la poudre de lait par du lactosérum semble avoir eu un effet subtil sur le niveau de sucre des échantillons, les échantillons 4 et 5 ont été perçus comme légèrement plus sucrés que les autres échantillons.

III.7. Description finale

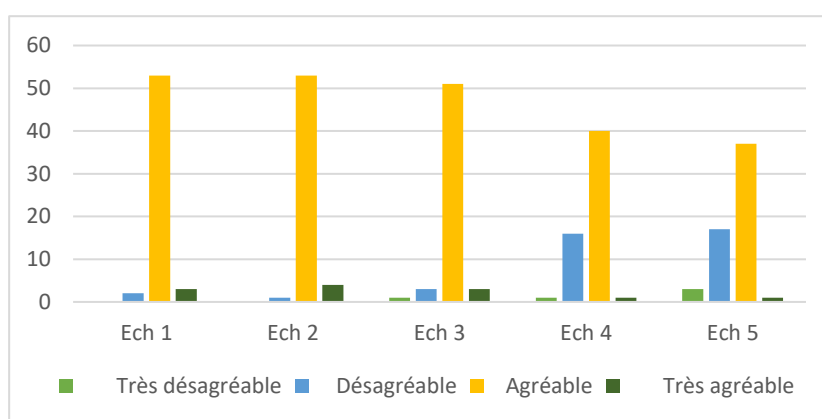


Figure 24 : Description finale des crèmes glacées.

- **De ces résultats il est à noter ce qui suit :**
 - Échantillons 1,2 et 3 : ont été principalement perçus comme étant agréables avec une dominance de 91% pour les échantillons 1 et 2 et 88% pour échantillon 3, avec une proportion significative très agréables représentant respectivement 5% pour les échantillons 1 et 3 et 7 % pour l'échantillon 2, certains sont évalués comme désagréables, une minorité des dégustateurs ayant cette perception.
 - Échantillon 4 et 5 : La catégorie la plus fréquemment attribuée était "Agréable" avec une dominance de 69% et 63%, Un nombre significatif d'évaluateurs ont trouvé les échantillons "Désagréable" représentant respectivement 27 % et 29 % des opinions. et seulement quelques-uns l'ont classé comme "Très désagréable" alors qu'un seul évaluateur a jugé les échantillons comme "Très agréable".

- La substitution de la poudre de lait par du lactosérum semble avoir entraîné des différences subtiles dans les caractéristiques sensorielles des échantillons de crème glacée. Ces différences apparaissent à partir du pourcentage de 75%, avec une légère modification de l'arôme de vanille accompagnée d'une subtile présence d'arôme de lait, attribuée à la présence du lactosérum dans cette proportion.
- Une légère diminution de la consistance épaisse et une perception de sucre légèrement plus élevée qui apparaisse beaucoup plus dans les échantillons de 75% et 100%.
- La plupart des dégustateurs ont trouvé les échantillons de 0% jusqu'à 50% globalement agréables à déguster, avec une texture homogène et une satisfaction gustative satisfaisante.
- Cela suggère que notre étude de valorisation peut envisager une substitution de la poudre de lait par le lactosérum à un pourcentage de 50%. De plus, en améliorant notre formulation et notre processus de fabrication, nous pensons pouvoir atteindre des pourcentages plus élevés. Nous avons évalué cette amélioration en comparant nos crèmes glacées de 50% de pourcentage, fabriquées avec la même formulation, dans un atelier de crème glacée **figure 25**, où nous avons constaté un produit plus agréable que celui fabriqué manuellement avec une sorbetière, , Et aussi, nous avons fait un essai pour la formulation de 50% en ajoutant de la poudre de cacao à notre formulation pour réduire la sensation de sucré. En effet, nous avons constaté un goût moins sucré, principalement en raison de l'amertume du cacao (**annexe X**).



Figure 25 : Crèmes glacées de 50% fabriquées avec un atelier de crème glacée

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Conclusion

Cette étude vise à valoriser le lactosérum doux en poudre dans la formulation de crèmes glacées, en substituant la poudre de lait.

Les analyses physico-chimiques des échantillons de crèmes glacées préparés par incorporation du lactosérum en poudre à différents taxu ont révélé des variations dans les caractéristiques des crèmes glacées. Les échantillons contenant des pourcentages plus élevés de lactosérum présentaient des niveaux accrus de matières grasses et de sucre, ainsi qu'une légère diminution du pH, du taux de protéines et de l'acidité. Cependant, ces variations n'ont pas compromis la qualité microbiologique des crèmes glacées, comme l'ont démontré les analyses microbiologiques. L'évaluation sensorielle a montré que les crèmes glacées formulées avec des pourcentages inférieurs de lactosérum (jusqu'à 50%) étaient plus appréciées en termes de texture homogène, de satisfaction gustative et de préférence des consommateurs. Cependant, des améliorations peuvent être apportées à la formulation et au processus de fabrication pour atteindre des pourcentages plus élevés de substitution tout en maintenant une qualité sensorielle élevée. L'utilisation du lactosérum en poudre dans les crèmes glacées offre une opportunité de transformer un sous-produit en ingrédient de valeur, tout en contribuant à la réduction de l'impact environnemental. Cette approche peut contribuer à la durabilité de l'industrie et à la satisfaction des consommateurs en offrant des produits de qualité supérieure.

Comme **perspectives à notre travail nous proposons :**

- La réalisation d'une analyse économique détaillée afin d'évaluer les coûts de production, les économies potentielles de l'utilisation du lactosérum en poudre dans la fabrication de crèmes glacées. De plus, une analyse environnementale approfondie devrait être réalisée pour évaluer l'impact de cette approche sur les ressources naturelles, les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'eau et la gestion des déchets. Cette analyse permettra de mieux comprendre les avantages environnementaux potentiels de l'utilisation du lactosérum en poudre par rapport à la poudre de lait.
- L'amélioration de la formulation des crèmes glacées à base de lactosérum en poudre par application à grande échelle dans l'industrie des crèmes glacées.
- Aux industriels algériens à établir un processus de recyclage et de valorisation du lactosérum liquide afin d'éviter l'importation de poudre de lactosérum. Cela permettrait de résoudre les inconvénients liés au rejet du lactosérum liquide et de promouvoir une utilisation plus efficace des ressources locales.

REFERENCES

BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Adrian, J., Legrand G et Frangne R., (1991). Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et doc. Lavoisier. 3ème édition : 116p.
- Allais C., 1981 : La valorisation du lactosérum : les bases et les problèmes : la technique laitière n°952.
- Ali Mahamane , O et Yacouba Mai- Kodomi, A. (2016). "Valorisation du lactosérum comme milieu de culture pour la production de métabolites d'Aspegillus niger". Mémoire de master, Université M'hamed Bouguerra, Boumerdès. 59P.
- Andreasen, T. G et Nielsen, H., (1998). Ice cream and aerated desserts. Dans R. Early Ed. The technology of dairy products, Blackie-Academic& Professional- Thomson Science., G. B., p. 301-326.
- Annie Imbert-Pondaven. Étude de l'évolution de la composition des lactosérums au cours de leur conservation. Le Lait, 1977, 57 (568), pp.521-546.
- Arabi, L et Lounass, F. (2018). " vérification des bonnes pratique de fabrication et d'hygiène des crèmes glacées fabriqué à « YETI-GLACE ». Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 41P.
- Auliffe M.K.W., Scotter D.R., Macgregor A.N, Earl K.W., 1982: Casein whey waste water effects on soil permeability. Journal of Environmental Quality, 11: 31 -34.

B

- Baghli, Mea. (2021). "Étude comparative : valorisation du lactosérum comme sous-produit de l'industrie laitière". Mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid, Tlemcen. 58P.
- Belala,H. (2019). Biochimie et physico-chimie alimentaire : valorisation des sous-produits de lait [en ligne]. [Consulté le 02-3-2023]. Disponible sur : <https://drive.google.com/file/d/16-AzyCI5f7DMbceq_xMVMbHGXSKasf2i/view >.
- Benabbou, A et Bentalab, SM. (2016). " Valorisation du lactosérum liquide en l'incorporant dans la fabrication les crèmes glacées de type sorbet.". Mémoire de master, Université de Tlemcen, Tlemcen. 72P.
- Benslama, A. *le lait et lactosérum* [en ligne]. [Consulté le 17-3-2023]. Disponible sur : <https://fsesnv.univ-biskra.dz/images/stories/cours_bio/le%20lactoserum.pdf >.

- Boudi, O et Hami, S. (2015). " Effet de la température, du temps de maturation sur le taux de foisonnement, les paramètres physicochimiques et microbiologiques des crèmes glacées GINI glaces (Fréha) ". Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 64P.
- Bostick R.-M., Potter J.-D., Kushi L.-H., Sellers T.-A., Steinmetzk A., Mckezie D.-R., Gaptur S.-M and Folsom A.-R. (1993). Sugar, meat and fat intake, and non-dietary MSK factors for colon cancer incidence in Iowa women (United States). *Cancer causes and control*. Vol 5. 38-52. Edition: Rapid Communications of Oxford Ltd 38 et 48.
- Bouguerra, M et Laouier, Neh. (2019). " Qualité microbiologique des crèmes glacées commercialisées dans la ville de Guelma et étude de la sensibilité aux antibiotiques des bactéries isolées ". Mémoire de master, Université 8 mai 1945, Guelma. 58P.
- Boulkroune, A et Debbah, A. (2019). "Valorisation du lactosérum pour la production d'une enzyme coagulante du lait ". Mémoire de master professionnalisant, Université Frère Mentouri Constantine 1, constantine.47P.
- Boutonnier, J. L., Tirard-collet, P., 2002. Produits laitiers glacés, in : Lapointe-Vignola, C. (Ed.), *Science et technologie du lait : transformation du lait*. Presses Inter Polytechnique, Fondation de Technologie Laitière du Québec, pp. 417-442.
- Boutonnier J.L. 2001. Crèmes glacées, glaces et sorbets : formulation et fabrication. *Technique de l'ingénieur*. P 10.
- Bretagne commerce international, *L'agroalimentaire ses réseaux de distribution en Algérie et au Maroc*. [en ligne]. [Consulté le 8-5-2023]. Disponible sur : < <https://L-agroalimentaire-et-ses-reseaux-de-distribution-en-algerie-et-au-maroc-webinaire.html>>.
- Bruno Edgar Cha Vez Montes. (2002). "effet de formulation et des condition de foisonnement et congélation sur la rhéologie et la structure de la crème glacée". Thèse de doctorat. Institut national polytechnique, lorraine. 184P.
- Bylund, G., *Dairy processing handbook*. 2003: Tetra Pak Processing Systems ABC.

C

- Chenenfa, S et Aoudia, A. (2017). "Valorisation du lactosérum issu de la fabrication de fromage à pâte molle type camembert par la formulation d'une boisson lactée à base de

jus de figue de barbarie *Opuntia ficus indica* ". Mémoire de master, Université A. MIRA, Bejaia.46P.

- **Clarke C. 2004. The science of ice cream. Advencing the chemical science. P208.**
- **Christine, T., Aimar, P., Daufin, G et Sanchez, V., (1986). Etude du transfert de Matière lors de l'ultrafiltration de lactosérum doux sur membrane minérale : le lait, 66(4), 371-390.**

D

- **Davidaff R.-A. (2002). Maigraine: Manifestation, Pathogenesis and management. Contemporary neurology Series (CNS). Second edition: Oxford University press.**
- **Dekkal, C et Doumane, A. (2021). « Essai de valorisation du lactosérum comme Substituant d'eau de process par une simulation sur Excel dans la formulation d'une crème glacée ».Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri de Tizi Ouzou.60P.**
- **De La Fuente M.A., Hemar Y., Tamehana M., Munro P.A. et Singh, H., (2002). Process Induced changes in whey proteins during the manufacture of whey protein Concentrates. International dairy journal 12 (2002), pp361-369.**
- **De Souza, R. R., Bergamasco, R., da Costa, S. C., Feng, X., Faria, S. H. B., et Gimenes, M. L., (2010). Recovery and purification of lactose from whey. Chemical Engineering and Processing: Process Intensification, 49(11), 1137–1143.Disponible sur: <<http://doi.org/10.1016/j.cep.2010.08.015> >.**
- **Dewitt, D.P. (2001). Fundamentals of Heat and Mass Transfer. 5th Edition, LTC, Guanabara Dois, Rio de Janeiro.**

F

- **FAO-ONU. (2017). Production alimentaire: fromage (Algérie).**
- **FAO, 1995 : Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO : Alimentation et nutrition n° 28**
- **Fiaux, J. (2004). "Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost." Revue suisse Agric 36(5): 220-224.**
- **Fick M., (2016). Rapport de projet, valorisation du lactosérum.**
- **Fluegel, S. M., Shultz, T. D., Powers, J. R., Clark, S., Barbosa-Leiker, C., Wright, B. R., & Miller, A. J. (2010). Whey beverages decrease blood pressure in prehypertensive and hypertensive young men and women. International dairy journal, 20(11), 753-760.**

G

- G. Crini et P. M. Badot, **Traitement et épuration des eaux industrielles polluées : Procédés membranaires, bioadsorption et oxydation chimique**. Franche-Comté, Ed. : Presses Universitaire, 2007.
- Ghasemi, M., Najafpour, G., Rahimnejad, M., Beigi, P. A., Sedighi, M et Hashemiyeh, B., (2009). **Effect of different media on production of lactic acid from whey by Lactobacillus bulgaricus**. *African Journal of Biotechnology*, 8(1).
- Gana S et Touzi A, 2001. **Valorisation du lactosérum par production de levures lactiques avec les procédés de fermentation discontinue et continue**. *Rev . Energ .Ren : production et valorisation –Biomasse*, 5158.
- Gerber instruments, **Votre spécialiste en solutions d'analyse pour le laboratoire [en ligne]**. [Consulté le 8-6-2023]. Disponible sur : < <https://www.gerber-instruments.com/fr/>>.
- Goff, H.D., 2007. **Ice cream**, in: Fox, P. F., Paul, L. H. (Ed.), *Advanced dairy chemistry Volume 2: lipids*. McSweeney, pp. 441-448.
- Gelin J. C et Tailliez., (2002). **Influence des constituants biochimiques sur la stabilité des crèmes glacées**.
- Goff H. D., Davidson V. J., Cappi E. (1994). **Viscosity of cream mix at pasteurization temperatures**. *Journal of Dairy Science*, 77 (2207-2213).
- Goff H. D., Frelson B., Sahagian M. E., Hauber T. D., Stone A. P., Stanley D. W. (1995). **Structural development in ice cream. Dynamic rheological measurements**. *Journal of Texture Studies*, 26 (5) pp. 517-536.
- Gryson, C., Walrand, S., Guillet, C., & Boirie, Y. (2008). **Protéines fonctionnelles : le nouvel « Eldorado » des aliments santé**. *Médecine des maladies métaboliques*, 2(4), 355-362.

H

- Hachi, A. (2014). **"Etude comparative de l'incorporation de deux types de lactosérum (acide et doux) dans un fromage fondu "**. Mémoire de master Université Saad Dhlab Blida 1, Blida.80P.
- Hadji, L et Iassamen, S. (2020). **" Etude théorique sur les différentes voies de valorisation du lactosérum dans les produits alimentaires"**. Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 39P.
- Hartel R. W. (1996). **Ice crystallization during the manufacture of ice cream**. *Trends in Food Science and Technology*, 7 (10) pp. 315-321.

- Hull, P., 2011. Glucose syrups: technology and applications. John Wiley & Sons

J

- J. Mallevialle, P. E. Odendaal, M. R. Wiesner, American Water Works Association Research, Foundation, Lyonnaise des eaux « Water treatment- Membrane processes» New York : McGraw-Hill, 1996.
- Jakubowicz, D., Froy, O., Ahrén, B., Boaz, M., Landau, Z., Bar-Dayana, Y., ... & Wainstein, J. (2014). Incretin, insulinotropic and glucose-lowering effects of whey protein pre-load in type 2 diabetes: a randomised clinical trial. *Diabetologia*, 57(9), 1807-1811.
- Jean-Yves Dionne ; Passeport santé, Janvier 2011.
- Jouan P., (2002). Lactoprotéines et lactipeptides: propriétés biologiques. Ed. INRA. pp.128.

K

- Kevin, W. K. Yee., Dianne, E et Wiley, J., (2006). Whey protein concentrate production by continuous Ultra-filtration operability under constant operating condition: journal of membrane science Doi: 10-1016/J.Mensci.2006 12.026.
- Khodja, Z et Yousfi, N. (2020). "Etude de différentes voies de valorisation du lactosérum dans l'industrie agroalimentaire". Mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf, M'sila.40P.

L

- L'agroalimentaire et ses réseaux de distribution en Algérie et au Maroc : Répartition des IAA par secteur d'activité [en ligne]. [Consulté le 08-5-2023]. Disponible sur : <<https://www.bretagnecommerceinternational.com/donnee/lagroalimentaire-et-ses-reseaux-de-distribution-en-algerie-et-au-maroc/>>.
- LAKAS, L et MRABET, S. (2020)."Qualité physico-chimique et microbiologique des crèmes glacées commercialisées à Ouargla". Mémoire de master, Université Kasdi Merbah, Ouargla. 30P.
- Linden G ; Lorient D, (1994). Biochimie agro- industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. Ed Masson, Paris, 67p
- Linden, G et Lorient, D., (1994). Biochimie agroalimentaire. Valorisation alimentaire de la production agricole. ED. Masson, paris Milan Barcelone.

- **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 & Francois M. (1990). Lait et les produits laitiers, vache, brebis, chèvre. Tome II. Techniques et documentation- Lavoisier, 621p.**
- **Luquet, F.M. et Boudier, J.F., (1989). Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale (Apria),21,1989, p 40-41-53-59-76-104-105.**

M

- **Mahaut H., Jeantet R., Brulet G., Schuck P. (2000). Les produits industriels laitiers, Ed : Tec-Doc Lavoisier : 152, 153,155.**
- **Mahmud Hossain, K.M., Lutful Kabir, S. M., Mufizur Rahman, M., Bahanur Rahman, M., Choudhury, K.A., 2012. organoleptic and microbial quality of ice cream sold at retail stores in Mymensingh, Bangladesh. Journal of Microbiology Research, 2(4): 89-94.**
- **McSweeney P.L.H., O'Mahony J.A. 2016. Advanced dairy chemistry. Quatrième édition. Springer. P508.**
- **Madden J. K. (1989). Ice cream. Dans A. J. Wilson (ed.), Foams: physics, chemistry and structure. Springer-Verlag, pp. 185-196.**
- **Marwaha, S. S., & Kennedy, J. F. (1988). Whey—pollution problem and potential utilization. International journal of food science & technology, 23(4), 323-336.**
- **Marshall R. T., Arbuckle W. S. (1996). Ice cream. 5 ed., Chapman & Hall, New York.**
- **Marshall, R.T., 2001. Frozen Desserts, in: Marth, E. H., Steele, J. (Ed.), applied dairy microbiology. CRC Press, pp. 93-126.**
- **Mereo,1980 : Les utilisations industrielles de sérum de fromagerie, revue laitière française n°365.**
- **Messous, Z et Raho, O. (2019). "Valorisation du lactosérum dans les crèmes et glaces Formulation, caractérisation organoleptique, physicochimique et bactériologique". Mémoire de master, Université Saad Dahlab Blida 1, Blida. 80P.**
- **Michel M ; Romain J ; Gerard B et Pierre S, 2000 : les produits industriels laitiers, Edition technique et documentation.**
- **Moletta R. (2002). Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris : Tech et Doc; pp. 600**

- Morel F. et Girard P., 1984 : Le lactosérum aliment des bovins. Ed. L'institut Technique de l'Elevage Bovin pour le réseau National d'expérimentation et de Démonstration et Elevage Bovin
- M. Tir « Utilisation des techniques électrochimique dans le traitement des émulsions Hydrocarbures/eau » Thèse de Doctorat, Faculté des Hydrocarbures et de la chimie, Universités de M'hamed Bougara-Boumerdès, 2009.

O

- Otmane, R et Ouazzi, N. (2019). " Caractéristiques physico-chimiques et sensorielles des glaces commercialisées en Algérie". Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 69P.

P

- Pascal ; (1998). La crème glacée, manuel de transformation du lait.
- Pruthi, J. S., 1999. Quick freezing preservation of foods. Allied Publishers.

R

- R. Moletta, M. Torrijos « Réduction de la pollution à la source. Aménagement interne. Traitement des effluents de la filière laitière » Technique de l'ingénieur, F 1501, V 1, 10 mars 1999.
- Ramos, O. L., Pereira, R. N., Rodrigues, R. M., Teixeira, J. A., Vicente, A. A., & Malcata, F. X. (2016). Whey and Whey Powders: Production and Uses. Encyclopedia of Food and Health, 498-505 <<https://doi.org/10.1016/b978-0-12-384947-2.00747-9>> .

S

- Siso, M. I, G., (1996). The biotechnological utilization of cheese whey a review bio resource technology.
- Sottiez P., (1990).produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers, tome 2. Ed ; Lavoisier, Paris. (1990), pp 357- 392
- Sottiez P. (1990). Produits dérivés des fabrications fromagères in: lait et produits laitées; vache, brebis, chèvre. Edition Lavoisier, Paris. pp.633.
- Soukoulis C., Lebesi D and TZIA C., (2008). Enrichment of ice cream with dietary fiber: Effects on rheological properties, ice crystallization and glass transition phenomena. Food Chemistry. Volume 115, Issue 2, 15 July 2009. Edition Elsevier : 665- 671.

T

- Tafat, M et Temouche, L. (2016). "Suivi de la chaine de fabrication d'une crème glacée produite au niveau de l'unité GINI glace et évaluation de sa qualité microbiologique ". Mémoire de master, Université Mouloud Mammeri, Tizi-Ouzou. 44P.
- Termoul, Z et Foularsen, W. (2018). "Effet de la date de conservation sur la qualité nutritionnelle, physicochimique et microbiologique des crèmes glacées". Mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn-Badis, Mostaganem. 45P.
- Thomet A., Renberger B., Liebefeld A., Wyses B. et Bising W., 2005 : Obtention du sérum ; revue suisse ; édition la maison rustique ; paris : 714p.
- Tirard collet, (1996). La technologie des desserts congelés confesurés. Centre d'innovation technologique agro-alimentaire, Institut de technologie agroalimentaire de Saint-Hyacinthe.

V

- Violleau V. (1999). « Déminéralisation par électrodialyse en présence d'un complexant application au lactosérum ». Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse Montpellier.p115
- Vrignaud, Y., (1983). Valorisation du lactosérum, une longue histoire. Revue laitière française n°422, P :41-46.

Y

- Yang S. Y., Jones J. H., Olsen F. J., Peterson J., 1980. Soil as a medium for dairy liquid waste disposal. Journal of Environmental Quality, 9: 370 - 372.
- Yorgun, M. S., Akmehmet balcioglu, I et Saygin, O., (2008). Performance comparison of ultrafiltration, nanofiltration and reverse osmosis on whey treatment. Desalination, 229, 204–216 <<http://doi.org/10.1016/j.desal.09.008>>

ANNEXES

ANNEXES I : Des photos originales du dosage des protéines

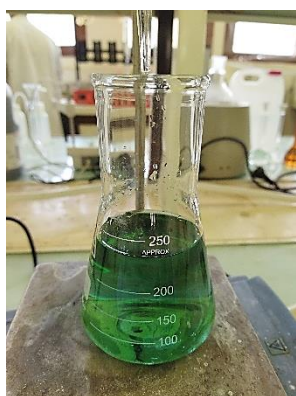
Après minéralisation



Après l'ajout de l'acide sulfurique



Avant titrage



Après titrage



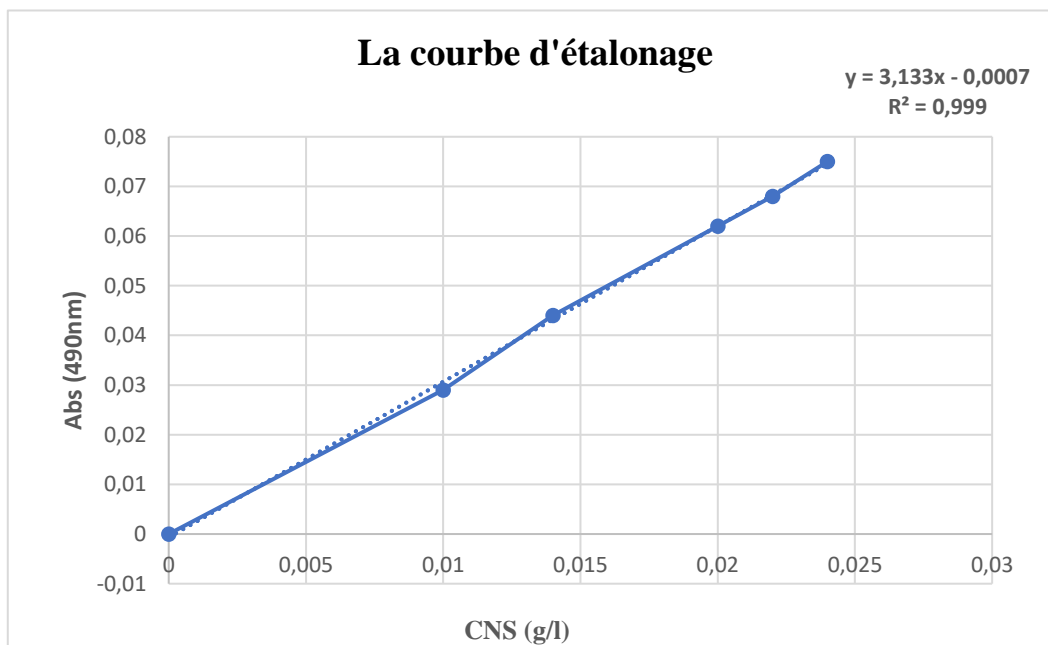
ANNEXES II : Résultat dosage des sucres

Solution mère : 0,01g dans 100ml (concentration de lactose : 0,1g/L)

Tube à essais	1	2	3	4	5	6	7	8
CNS (g/l)	0,01	0,012	0,014	0,016	0,018	0,02	0,02	0,024
Volume (ml)	5	6	7	8	9	10	11	12

La gamme d'étalon : on a éliminé trois points

CNS (g/l)	0	0,01	0,014	0,02	0,022	0,024
Abs (490nm)	0	0,029	0,044	0,062	0,068	0,075



Ech	Blanc	Lactosérum en poudre
ABS	0	0,0873
CNS(y=ax+b)	0	0,0281
CNS x 25000	0	702

Ech	Blanc	0%	25%	50%	75%	100%
ABS (490nm)	0	0,065	0,068	0,0698	0,0732	0,0751
CNS(y=ax+b)	0	0,0209	0,0219	0,0225	0,0235	0,0241
CNS x 10000 (g/l)	0	209	219	225	235	241

La gamme d'étalonnage**Les échantillons****ANNEXES III : le mode opératoire de chaque germe recherché****1. Dénombrement des Salmonelles (NA 1203/ISO 6579 ,2002)****➤ Mode opératoire****1) Pré enrichissement en milieu non sélectif**

- Prélever aseptiquement 25 ml de la suspension mère, les transférer dans les flacons de 225ml d'Eau Peptone Tamponnée pour obtenir la solution enrichisse.
- Puis Incuber le bouillon 24h à 37°C.

2) Enrichissement en milieu sélectif liquide

- Transférer 0.1 ml de la culture obtenue à partir de milieu de pré-enrichissement dans un tube contenant 10ml de bouillon SFB ;
- Incuber le bouillon SFB ensemencé à 37°C±1°C pendant 24 heures ±3 heures

3) Isolement et identification

- A partir de la culture dans le bouillon SFB après incubation, ensemencer avec une anse la surface d'une boîte de pétri contenant le milieu d'isolement sélectif (Hektoen) de façon à permettre le développement de colonies bien isolées.
- Incuber à 37°C±1°C pendant 24 heures ±3 heures
- Les colonies caractéristiques sont des colonies claires à centre noir, les tests de confirmation sont nécessaires pour l'identification biochimique.

2. Recherche et dénombrement des Staphylocoques aureus (NF V08-057-1,1994)

➤ **Mode opération**

1) Ensemencement

- Au moment de l'emploi, faire fondre un flacon de 200ml de milieu de Baird-Parker puis refroidir à $45^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$;
- Avant utilisation, ajouter une ampoule de tellurite de potassium et 2 ml du jaune d'œuf
- Mélanger soigneusement et aseptiquement, puis répartir le milieu en boîtes de pétri à raison de 15 ml (2/3) par boîte ;
- Laisser se solidifier sur paille ;
- Porter aseptiquement 4 gouttes de dilution décimale (10^{-1}) dans une boîte de pétri contenant de la gélose Baird-Parker préalablement séchée.

2) Incubation

- Après étalement de l'inoculum, incuber les boîtes 24 à 48 heures à 37°C .

3) Lecture

- Les colonies de *Staphylococcus aureus* apparaissent sous forme de colonies noires, convexes, brillantes, entourées d'un halo d'éclaircissement dû à l'hydrolyse des protéines de l'œuf.

3. Recherche et dénombrement les Enterobacteriaceae (ISO 21528-2)

➤ **Mode opératoire**

1) Ensemencement

- A l'aide d'une pipette stérile, transférer 1 ml de chaque dilution décimale ($10^{-1}, 10^{-2}$) dans une boîte de pétri stérile préparée à cet usage et laisser une boîte de pétri comme témoin sans inoculum.
- Couler dans chaque boîte de pétri, au moins 15 ml du milieu VRBG.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de pétri sur une surface fraîche horizontale.
- Laisser se solidifier sur paille.

2) Incubation

- Incuber les boîtes de pétri pendant $24\text{h}\pm 2\text{h}$ à 37°C .

3) Lecture

- Les colonies caractéristiques sont de couleur rose à rouge ou violette (avec ou sans halo de précipitation).

4. Recherche et dénombrement des Germe aérobie à 30°C (ISO 4833-1)

➤ Mode opération

- Afin d'obtenir la dilution 10^{-2} , transférer aseptiquement 1 ml du liquide à 9 ml de diluant.
- Transférer 1 ml de la première dilution (10^{-1}), de la deuxième dilution (10^{-2}) dans des boîtes de Pétri stérile préparée à cet usage et laisser une boîte de pétri comme témoin sans inoculum.
- Couler les boîtes de pétri, au moins 15 ml du milieu PCA.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de pétri sur une surface fraîche horizontale.
- Laisser se solidifier sur pailleasse.

1) Incubation

- Incuber les boîtes de pétri pendant $72\text{h}\pm 2\text{h}$ à 30°C.

2) Lecture

- Un résultat positif se traduit par l'apparition des colonies blanches qui sont dénombrés à partir des boîtes contenant 15 à 300 colonies. Le nombre de germes (N) est exprimé en UFC/g ou ml du produit.

5. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (ISO 21527-1/ JORA N° 58/ 2017).

➤ Mode opératoire

- A l'aide d'une pipette stérile, transférer 1 ml de la dilution décimale (10^{-1}) dans une boîte de pétri stérile préparée à cet usage et laisser une boîte de pétri comme témoin sans inoculum.
- Couler la boîte de pétri, au moins 15 ml du milieu sabouraud.
- Mélanger soigneusement l'inoculum au milieu de culture et laisser le mélange se solidifier en posant les boîtes de pétri sur une surface fraîche horizontale.
- Laisser se solidifier sur pailleasse.

1) Incubation

Incuber les boîtes de pétri pendant $24\text{h}\pm 2\text{h}$ à 37°C.

2) Lecture

Les colonies de levures ressemblent à des bactéries. Elles sont brillantes, rondes, bombées et de couleurs différentes alors que celles des moisissures ont un aspect velouté et sont plus grandes, de couleur blanche ou pigmentée. Par ailleurs, étant donné que nous avons travaillé avec la dilution 10^{-1} , il faut multiplier le nombre de colonies trouvé par l'inverse de la dilution correspondante. Les résultats sont exprimés en UFC par (g) de produit.

6. Recherche et dénombrement des anaérobies sulfito-réducteur (ISO 15213/ JORA N° 52/2015)

➤ Mode opératoire

Les clostridium sulfito-réducteurs sont dénombrés sur le milieu de culture VF agar en tube pour favoriser les conditions d'anaérobiose selon le protocole suivant :

- Ensemencer aseptiquement environ 10 ml de l'échantillon à analyser en profondeur des tubes stérile.
- Chauffer les à 80 °C pendant 10 min, après les mettre sous le robinet pour faire un choc thermique afin d'éliminer les formes végétatives de bactéries formant des spores et/ou les bactéries non sporulées.
- Dans un flacon qui contient le milieu de culture VF, en ajoute les additifs l'alun de fer et le sulfite de sodium.
- Introduire dans les tubes contenant la suspension le milieu de culture Vf.
- Bien mélanger l'inoculum avec le milieu gélosé à l'aide de mouvements horizontaux, puis laisser le milieu se solidifier.
- Incuber à 37 °C pendant 24 h à 48 h.

1) Lecture

Après 24 h e 48 h d'incubation, les colonies noires, éventuellement entourées d'une zone noire, sont dénombrées comme des bactéries sulfito-réductrices

7. Recherche et dénombrement d'E. coli et les coliformes totaux (ISO 7251/ JORA N° 58/ 2017)

➤ Mode opératoire

- Porter aseptiquement 1ml à partir de la dilution 10^{-1} dans une boîte Pétri stérile, ajouter ensuite 15 ml environ de la gélose desoxycholate, homogénéiser par des mouvements en huit et laisser refroidir.
- Après refroidissement ajouter une fine couche de desoxycholate, laisser refroidir et incuber à 30°C pendant 24 h.
- La recherche des coliformes fécaux s'effectue de la même façon, sur le même milieu à partir de la solution mère. Incubation s'effectue à 44°C pendant 24 h.
- Pour chaque une des recherches un témoin de gélose non ensemencée est accompagné.

1) Lecture

Dans le cas d'un résultat positif des petites colonies roses apparaissent.

ANNEXES IV : Fiche d'évaluation sensorielle

Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté de science de la nature et de la vie
Université Saad Dahleb Blida 1
Faculté de science de la nature et de la vie
Département science alimentaire

Fiche d'évaluation sensorielle

Titre :

USDB : 2022/2023

Identifiant du personnel :

Age :

Sexe :

Niveau :

Situation professionnelle :

Lisez attentivement les instructions et posez des questions s'il y a lieu. Ne pas parler pendant la séance de dégustation.

Effectuez les évaluations dans l'ordre demandé, prenez votre temps pour noter **cinq (05)** échantillons. Vous disposez d'un feuillet pour tous les échantillons.

Prenez à chaque fois une cuillerée de **crème glacée**. Regardez, sentez et goûtez le produit. Exprimer votre degré de satisfaction concernant le caractère agréable.

Rincez-vous la bouche et attendez que le stimulus disparaisse pour déguster un autre échantillon.



1. Consistance**Echantillon 1**

- Liquide
- Semi liquide
- Epaisse
- Trop épaisse

Echantillon 2

- Liquide
- Semi liquide
- Epaisse
- Trop épaisse

Echantillon 3

- Liquide
- Semi liquide
- Epaisse
- Trop épaisse

Echantillon 4

- Liquide
- Semi liquide
- Epaisse
- Trop épaisse

Echantillon 5

- Liquide
- Semi liquide
- Epaisse
- Trop épaisse

2. Couleur**Echantillon 1**

- Jaune
- Crème
- Beige

Echantillon 2

- Jaune
- Crème
- Beige

Echantillon 3

- Jaune
- Crème
- Beige

Echantillon 4

- Jaune
- Crème
- Beige

Echantillon 5

- Jaune
- Crème
- Beige

3. Odeur**Echantillon 1**

- Absente
- Faible
- Moyenne
- Forte

Echantillon 2

- Absente
- Faible
- Moyenne
- Forte

Echantillon 3

- Absente
- Faible
- Moyenne
- Forte

Echantillon 4

- Absente
- Faible
- Moyenne
- Forte

Echantillon 5

- Absente
- Faible
- Moyenne
- Forte

4. **Texture en Bouche****Echantillon 1**

- Homogène
- Acceptable
- Hétérogène

Echantillon 2

- Homogène
- Acceptable
- Hétérogène

Echantillon 3

- Homogène
- Acceptable
- Hétérogène

Echantillon 4

- Homogène
- Acceptable
- Hétérogène

Echantillon 5

- Homogène
- Acceptable
- Hétérogène

5. **Arôme****Echantillon 1**

- Lait
- Vanille
- Acide
- Amer

Echantillon 2

- Lait
- Vanille
- Acide
- Amer

Echantillon 3

- Lait
- Vanille
- Acide
- Amer

Echantillon 4

- Lait
- Vanille
- Acide
- Amer

Echantillon 5

- Lait
- Vanille
- Acide
- Amer

6. **Sucrosité****Echantillon 1**

- Très sucré
- Moyennement sucré
- Faiblement sucré

Echantillon 2

- Très sucré
- Moyennement sucré
- Faiblement sucré

Echantillon 3

- Très sucré
- Moyennement sucré
- Faiblement sucré

Echantillon 4

- Très sucré
- Moyennement sucré
- Faiblement sucré

Echantillon 5

- Très sucré
- Moyennement sucré
- Faiblement sucré

7. Description finale**Echantillon 1**

- Très désagréable
- Désagréable
- Agréable
- Très agréable

Echantillon 2

- Très désagréable
- Désagréable
- Agréable
- Très agréable

Echantillon 3

- Très désagréable
- Désagréable
- Agréable
- Très agréable

Echantillon 4

- Très désagréable
- Désagréable
- Agréable
- Très agréable

Echantillon 5

- Très désagréable
- Désagréable
- Agréable
- Très agréable

REMARQUE :

Merci pour votre participation 😊

ANNEXES V : Les limites microbiologiques des matières premières selon JORA N° 39

Crèmes glacées et desserts lactés congelés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁵	10 ⁶
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Enterobacteriaceae (2)	5	2	50	5.10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	

Lait en poudre et lactosérum en poudre	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Arômes et additifs en poudre	Germes aérobies à 30 °C	1	—	10 ⁴	
	Coliformes totaux	1	—	10 ²	
	<i>Escherichia coli</i>	1	—	10	
	Levures et moisissures	1	—	10 ³	
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Sucres destinés à la consommation humaine et aux industries	Germes aérobies à 30°C	5	2	20	2.10 ²
	Anaérobies sulfito-réducteurs	5	2	1	10
	Levures et moisissures	5	2	1	10
	Germes acidifiants	5	2	5	50

ANNEXES VI : Les boîtes pétris après incubation

1. Poudre de lactosérum

Solution mère

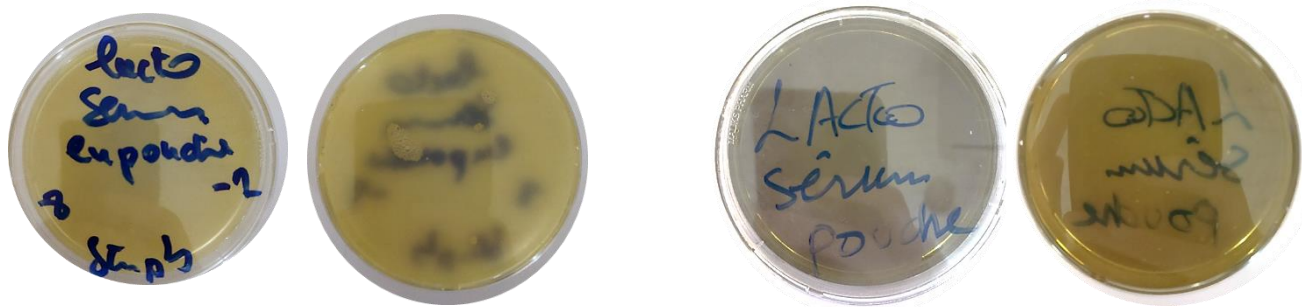


Enterobacteriaceae



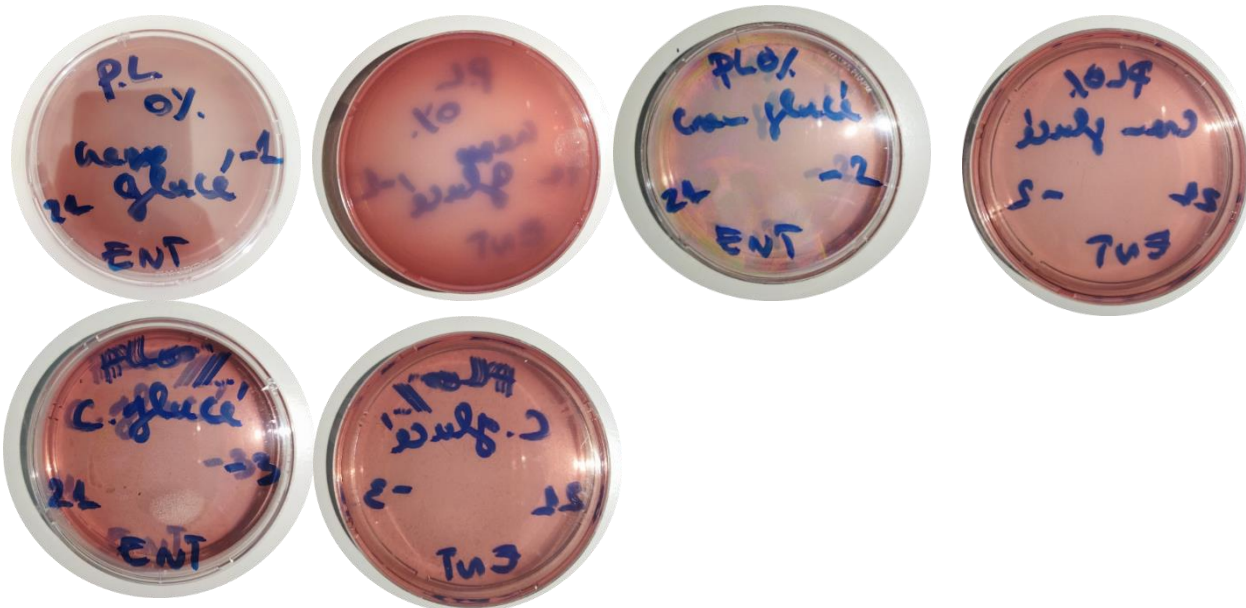
Staphylocoque a coagulase positif

Salmonella



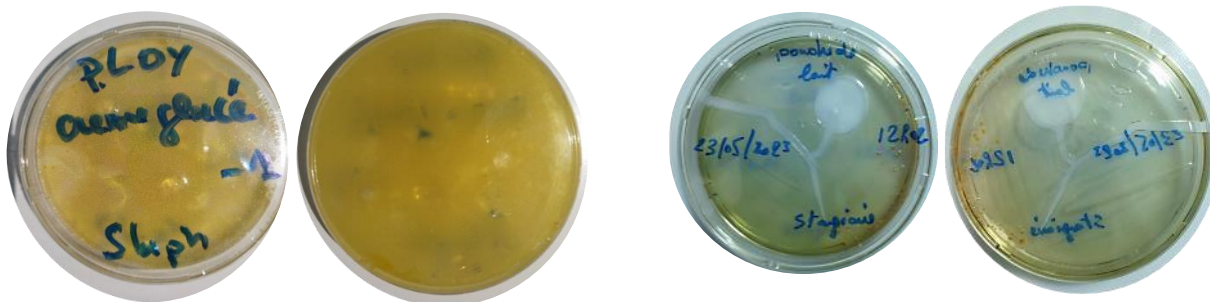
2. Poudre de lait

Enterobacteriaceae



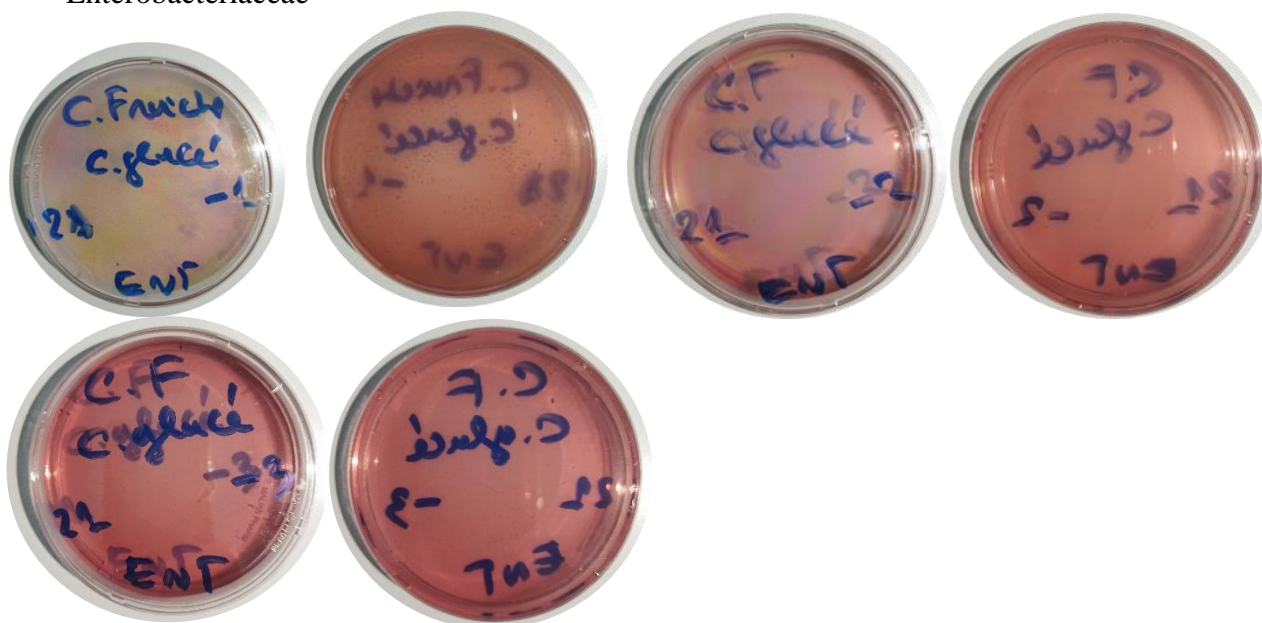
Staphylocoque a coagulase positif

Salmonella



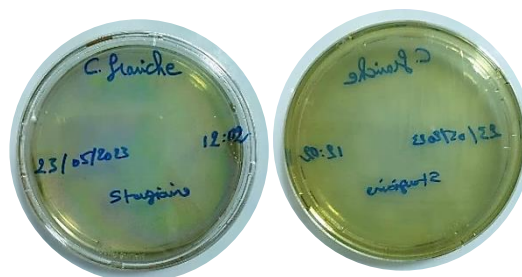
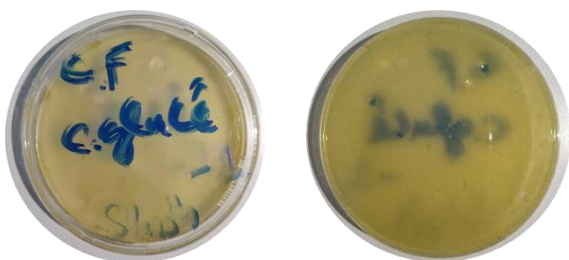
3. Crème fraiche

Enterobacteriaceae



Staphylocoque a coagulase positif

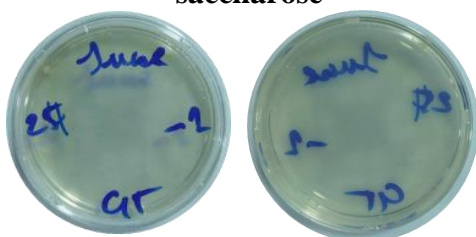
Salmonella



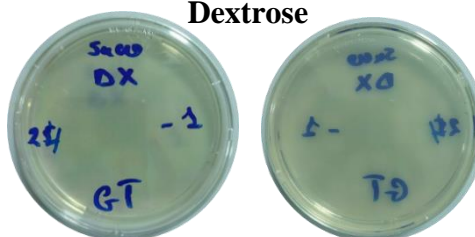
4. Les sucres

Germes aérobie à 30°

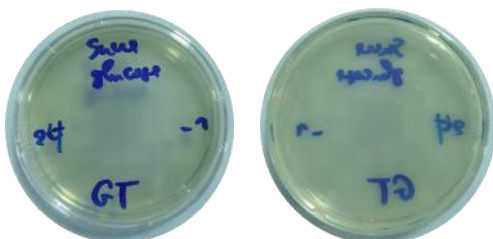
saccharose



Dextrose

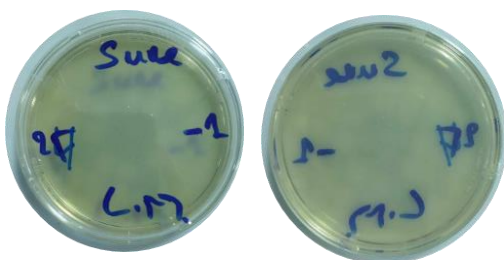


Glucose

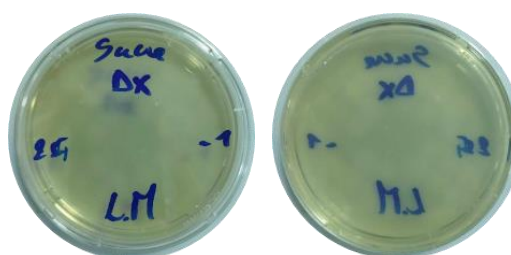


Levures et moisissures

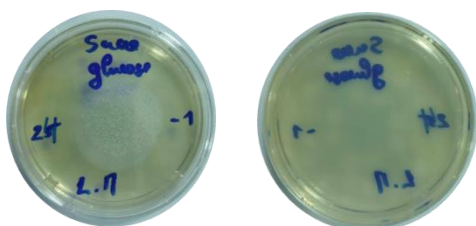
Saccharose



Dextrose



Glucose

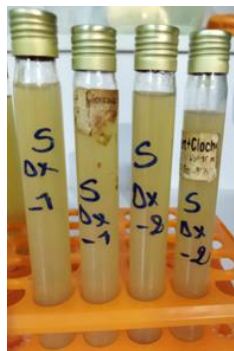


Anaérobies sulfite réducteurs

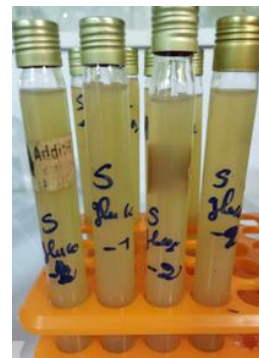
Saccharose



Dextrose

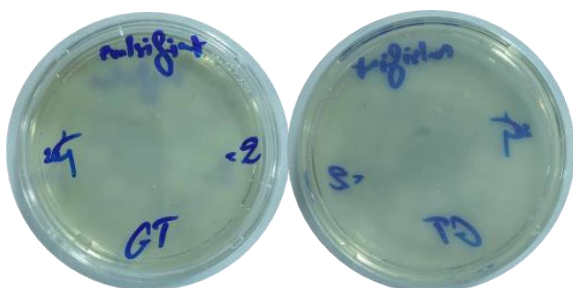


Glucose

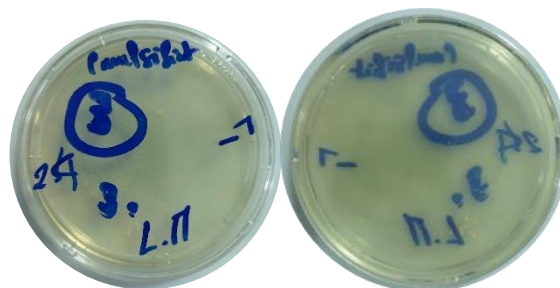


5. Emulsifiant

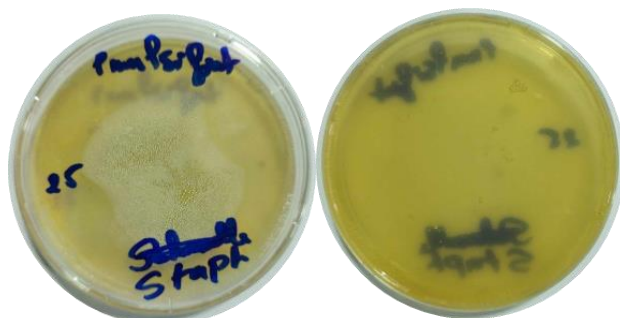
Germes aérobie à 30° C



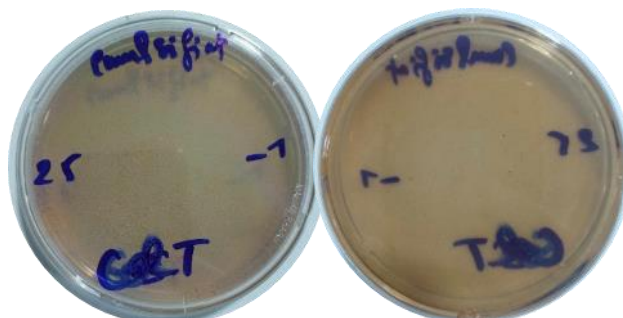
Levures et moisissures



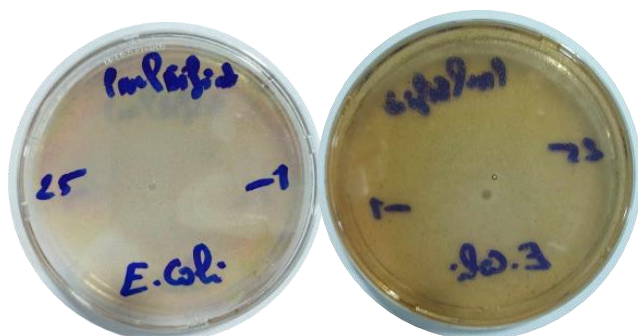
Staphylocoque a coagulase positif



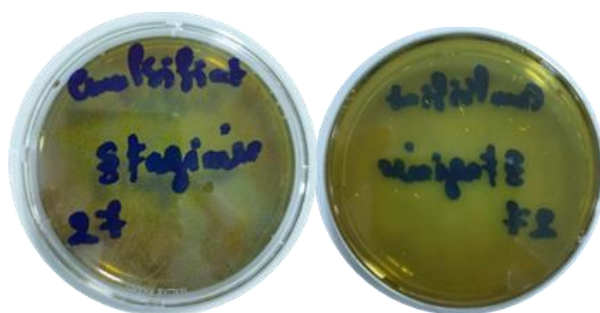
Coliformes totaux



Echerichia colis

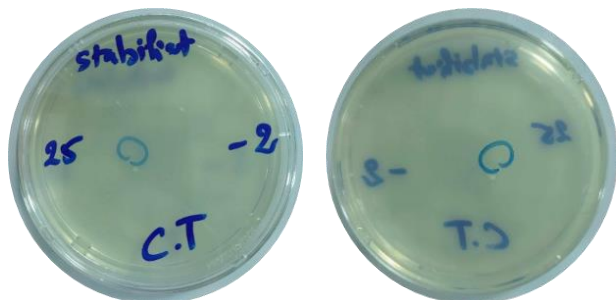


Salmonella



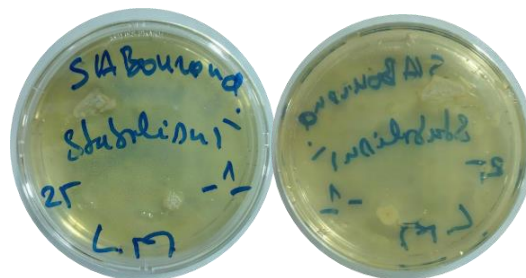
6. Stabilisant

Germes aérobies à 30° C



Staphylocoque a coagulase positif

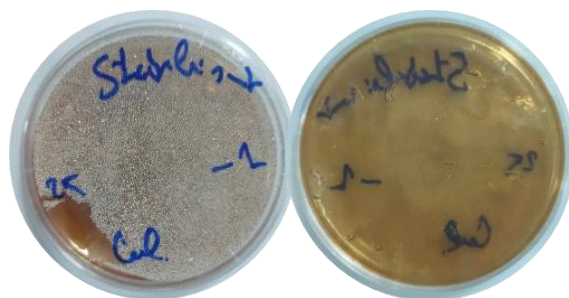
Levures et moisissures



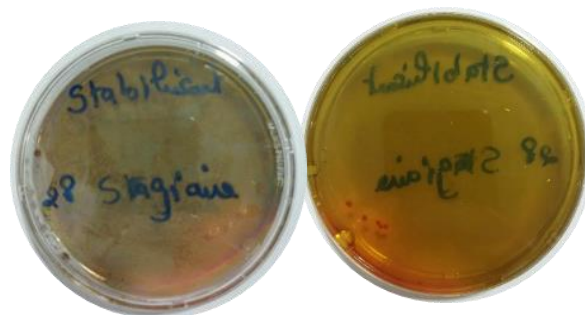
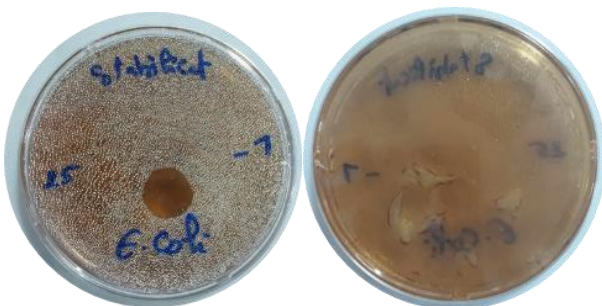
Coliformes totaux



Echerichia coli

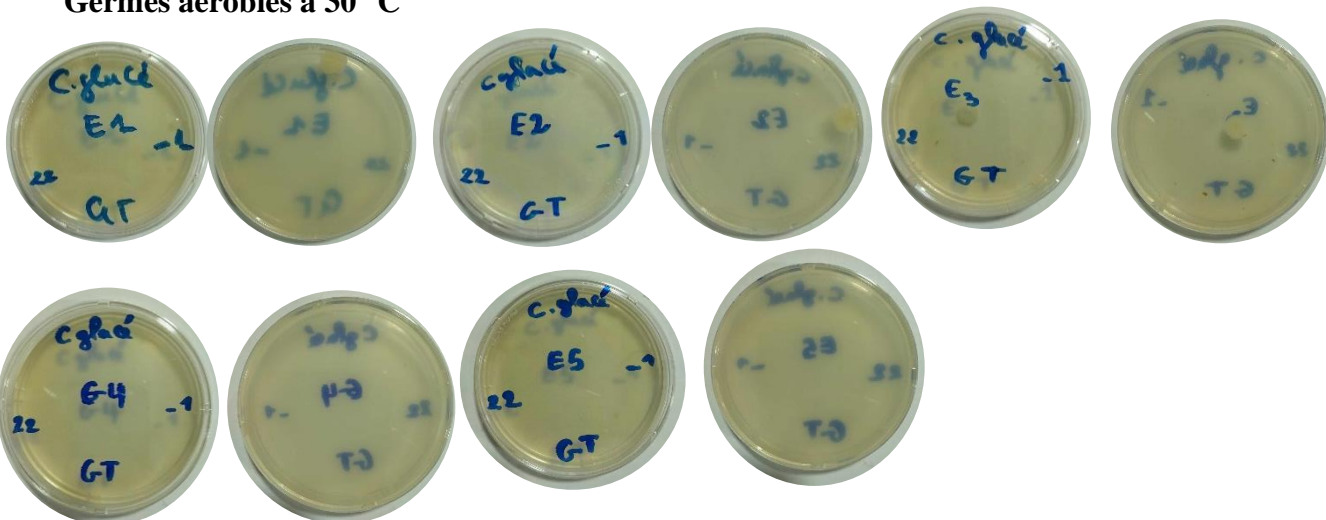


Salmonella

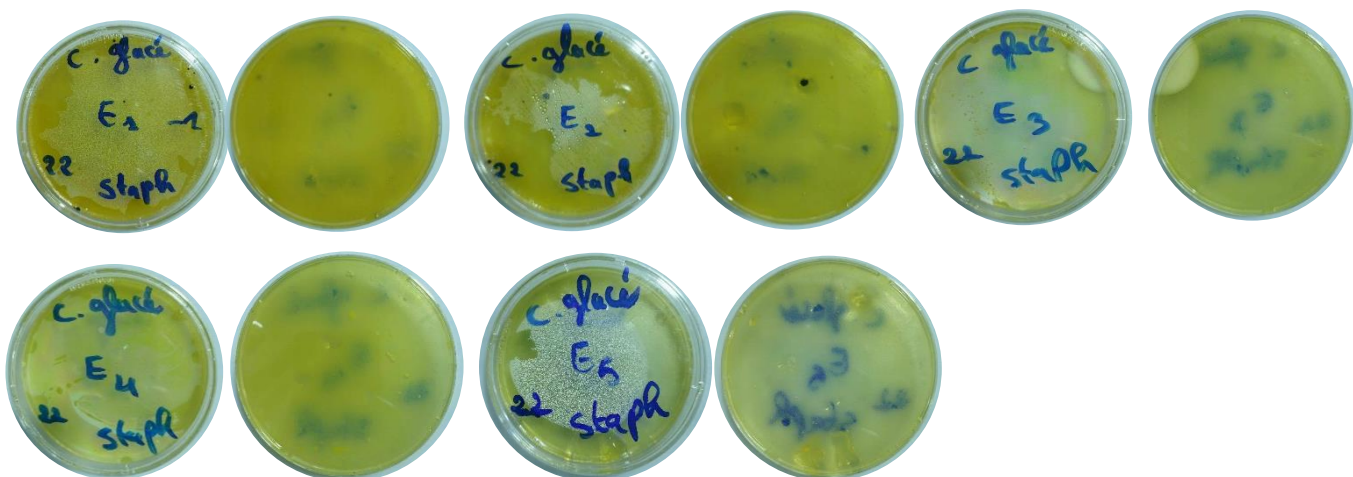


7. Produit fini

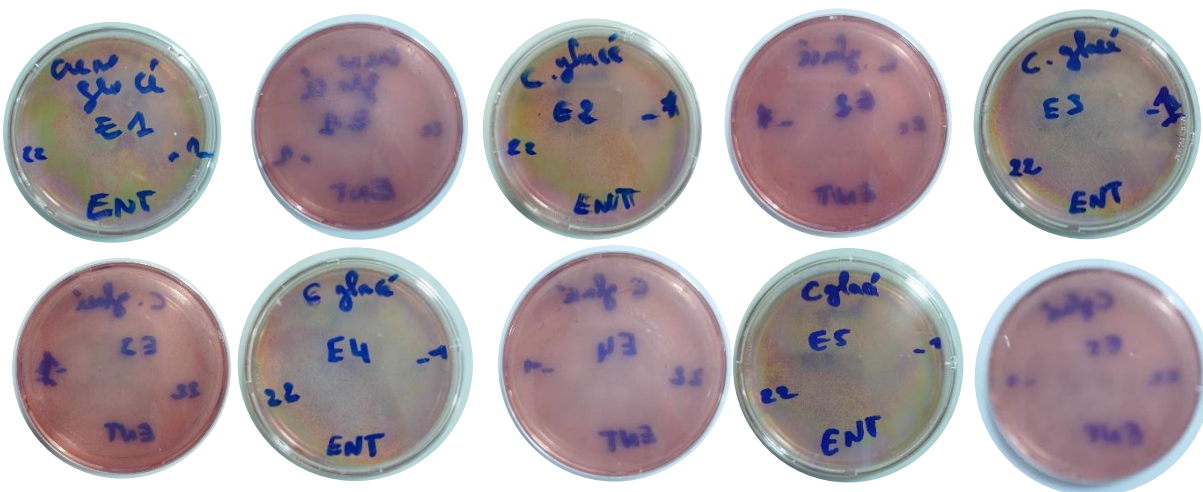
Germes aérobies à 30° C



Staphylocoque a coagulase positif



Enterobacteriaceae

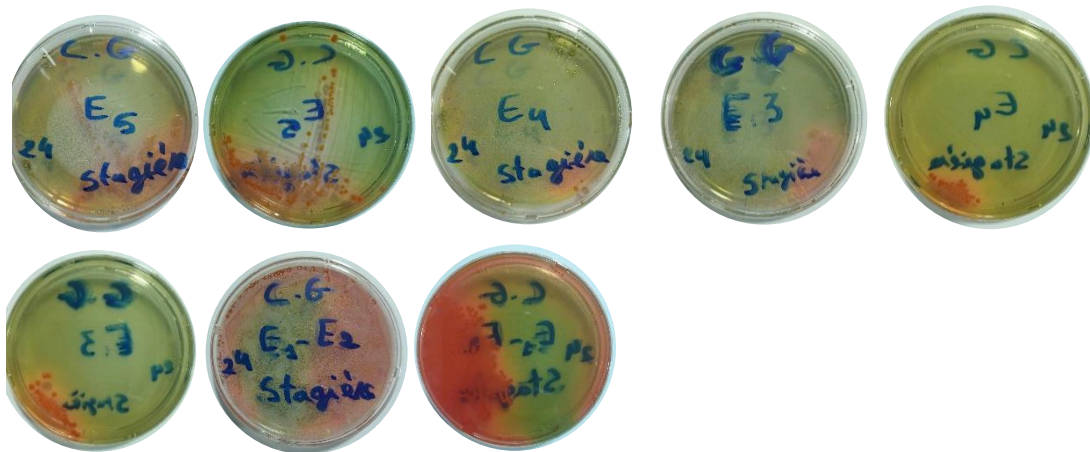


Salmonella

Enrichissement en milieu sélectif liquide



Isolement



ANNEXES VII : les cinq échantillons des crèmes glacées après turbinage (avant congélation)

Echantillon 1 : 0%



Echantillon 2 : 25%



Echantillon 3 : 50%



Echantillon 4 : 75%



Echantillon 5 : 100%



NB : La mauvaise apparence des couleurs est due à la caméra et l'éclairage.

ANNEXES VIII : Les échantillons après congélation



ANNEXES IX : Résultat d'évaluation sensorielle

1. Consistance

	Liquide	Semi liquide	Épaisse	Trop épaisse
Echantillon 1	0	0	55	3
Echantillon 2	0	0	58	0
Echantillon 3	0	0	58	0
Echantillon 4	0	4	54	0
Echantillon 5	1	7	50	0

2. Couleur

	Légèrement jaune	Beige	Crème
Echantillon 1	2	2	54
Echantillon 2	2	1	55
Echantillon 3	5	2	51
Echantillon 4	20	2	36
Echantillon 5	25	4	29

3. Odeur

	Absente	Faible	Moyenne	Forte
Echantillon 1	54	1	2	1
Echantillon 2	55	0	3	0
Echantillon 3	53	3	1	1
Echantillon 4	50	4	3	1
Echantillon 5	47	4	3	4

4. Texture en bouche

	Homogène	Acceptable	Hétérogène
Echantillon 1	56	2	0
Echantillon 2	56	2	0
Echantillon 3	56	1	1
Echantillon 4	55	3	0
Echantillon 5	54	4	0

5. Arôme

	Lait	Vanille	Acide	Amer
Echantillon 1	4	54	0	0
Echantillon 2	3	55	0	0
Echantillon 3	5	53	0	0
Echantillon 4	8	47	1	2

6. Sucrosité

	Très sucré	Moyennement sucré	Faiblement sucré
Echantillon 1	4	54	0
Echantillon 2	8	50	4
Echantillon 3	11	47	0
Echantillon 4	12	42	0
Echantillon 5	15	43	0

7. Description finale

	Très désagréable	Désagréable	Agréable	Très agréable
Echantillon 1	0	2	53	3
Echantillon 2	0	1	53	4
Echantillon 3	1	3	51	3
Echantillon 4	1	16	40	1
Echantillon 5	3	17	37	1

ANNEXES X : Essai de formulation de 50% avec l'ajout de poudre de cacao.



ANNEXES XI : photo originale des butyromètres après centrifugation

Butyromètre du lactosérum



Butyromètre de la PDL 0%



ANNEXES XII : Appareils du laboratoire microbiologie

Étuve 30°C



Étuve 37°C



Étuve 45°C



Compteur des colonies

