

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique



Université Saad Dahlab Blida



Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Alimentaires

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme master académique

Option : Sécurité Agroalimentaire et Assurance Qualité

Thème

**Valorisation du lactosérum par son incorporation
dans une farine destinée à la biscuiterie**

Présenté par:

M^{elle} HASSNAOUI Dalila

M^{elle} IKHLEF FARIDA

Devant le jury

M^{me} ABDELLAOUI Zakia

MCB

USDB

président

M^{me} IDRES Aicha

MCA

USDB

Examinatrice

M^{me} FERNANE Samia

MAA

USDB

Promotrice

Année universitaire:2020 /2021

Remerciements

Nos premiers remerciements vont au bon dieu le tout puissant, pour la force la volonté et la patience qu'il nous a donné pour mener à bien ce travail.

Nous adressons nos plus vifs remerciements et nos sincères reconnaissances et gratitudees à :

Nos chers parents qui nous ont guidés depuis notre enfance vers le chemin du savoir

Notre promotrice M^{me} FERNANE Samia pour l'encadrement, ses orientations et ses conseils, ainsi que pour le temps qu'elle nous a consacré pour la réalisation de ce travail ;

M^{me} ABDELLAOUI Zakia qui nous a fait l'honneur d'accepter de présider ce jury, à qui nous adressons nos sincères gratitudees

M^{me} IDRES Aicha qu'a bien voulu sacrifier une partie de leur temps pour examiner ce travail

Toute notre gratitude au chef service du laboratoire service microbiologiques de l'usine BIMO M^{me} FATIMA pour nous accueillir dans le laboratoire et pour nous avoir aidées par toutes les moyens possibles. Ainsi que l'ensemble du personnel du laboratoire :

M^{me} NAWEL chef service du laboratoire service physico-chimiques,

M^r SAMIR chef du production des biscuits, et les ingénieurs : SAMIA, NADIA, LINDA, IBETIHAL , SIDALI, NOUREDDINE, HAKIM.

En fin nous tenons à remercier tous nos professeurs du primaire jusqu'à l'université, à ceux qui n'ont pas été cités par omission involontaire de nos par et qui ont contribué à la réalisation de ce travail, nous leurs présentons toutes nos excuses et nous leurs disons merci à toutes et à tous.



Dédicace

J'ai l'immenses plaisir de dédier le fruit de mes études tout d'abord à mon dieu qui m'a donné sa bénédiction du savoir et de l'étude.

Aux les bonheurs de ma vie mes très chers parents, aucun hommage ne pourrait être à la hauteur de ce qui me données. Que dieu protégez-les pour nous et procure bonne santé et longue vie.

Mon cher père, un homme qui a vécu pour sa famille.

« J'espère mon père que tu es fier de moi »

Ma chère mère, une femme qui a sacrifié sa vie pour ces enfants.

« J'espère ma mère que je serai toujours à la hauteur de tes attentes »

A mes sœurs et mes frères, pour les sacrifices et l'amour qu'ils m'ont témoignés à mes égards

MOHAMED, ABDELLEAH et ABDERAOUF, DJAMILA, RABEA, ASMA et NAWEL.

A mes chères nièces et mes chères neuves.

ZAHRA ET ANFAL, YACIN, SOHAIB, AHMED, ZAKARIA et WALID.

A mes beaux-frères BILAL, NOURELDIN et BOUJAMAA.

Je tien un grand remercient à madame Beneleman Samira qui a été me encouragé et m'aidé par ses conseils.

A ma très chère amie et ma binôme FARIDA et sa famille.

A toutes mes très chères amies : FERIEL, CHAIMA, YASMINE, ANFAL, HANANE, ZAHRA.

A tous les personnes qui me sont très chères et que me donne le soutien.

DALILA

Dédicace

Je dédie le fruit de mes études tout d'abord à mon dieu le savant qui m'a donné sa bénédiction du savoir et de l'étude.

A mes très chers parents : ma mère, ma mère, puis ma mère qui représente toutes les choses positives dans ma vie, et que je ne peux exprimer ce qu'elle a fait pour moi, puis à mon père qui a déployé tous les moyens possibles pour ma réussite.

A ma grande mère que le dieu la protège

A mes chers frères et sœurs Hayat, Rachia qui m'ont soutenu pendant mes études et à ses enfants : Riham, Houssam, Allaa, Boutheina, et Aya.

A ma sœur Leila et son marie qui m'ont aidée pendant la période de stage.

A Mr RAMDANE S qui m'a beaucoup aidé par ses conseils et son soutien.

A ma très chère amie et excellente binôme Dalila et sa famille.

A toutes mes très chères amies : Achoiak, Boutheina, Manel, Hanane, Imen, Sabrina, souade, sihame, zahra

FARIDA

Résumé

La farine est le dérivé du blé le plus utilisé pour fabriquer différents aliments notamment les biscuits, d'où le souci de l'améliorer par des produits qui lui donneront à sa valeur nutritionnelle. De ce fait, l'incorporation du lactosérum dans la farine, pourrait constituer une prescriptive de la valorisation de ce sous-produit de l'industrie fromagère.

Cette étude a eu pour objectif d'améliorer la qualité nutritionnelle de la farine biscuitière par un essai de fabrication de Cookies à base de farine enrichie avec de la poudre de lactosérum à différents pourcentages à savoir 15,25 et 35%.

Des analyses ont été effectuées sur le lactosérum, la farine et les biscuits préparés, dans le but d'évaluer l'effet de l'incorporation du lactosérum sur leurs caractéristiques physicochimiques.

Les analyses physico-chimiques (pH, taux de cendres, teneur en eau, teneur en protéines, taux de matière grasse et acidité) effectuées sur la poudre de lactosérum, ont donné des résultats (6,5 pour le pH, 3,3% pour la teneur en eau, 7,2% pour le taux de cendres, 10,8%, 1% et 0,14% pour respectivement les protéines, la matière grasse et l'acidité) comparables aux normes recommandées par le CODEX STAN, 289-1995 et conformes aux valeurs exigées. Ce qui confirme que le lactosérum utilisé est de bonne qualité physicochimique. L'apport du lactosérum à la farine a permis, de neutraliser son pH (6,30 pour la farine à 35% de lactosérum), de faire abaisser sa teneur en eau, et d'augmenter son taux de cendres et son acidité, ainsi que sa teneur en protéines. Par contre, une diminution du taux de gluten a été observée (entre 20 à 19,8%). De même, la teneur en eau analysée des biscuits préparés, a enregistré un abaissement (6,47% pour les biscuits à base de farine à 15% de lactosérum), contrairement au pH qui a augmenté.

De plus, le contrôle microbiologique a révélé une bonne qualité microbiologique de la poudre de lactosérum, de la farine et des Cookies préparés. Le test de dégustation des Cookies préparés à base de farine à différents taux de poudre de lactosérum, a révélé que ces derniers ont été approuvés et ont montré une acceptabilité de la part des dégustateurs, en enregistrant dans certains cas des résultats proches des Cookies à base de farine témoin sans lactosérum. Dans l'ensemble, les biscuits de la formulation de 35% et de 15% ont été les mieux plus appréciés, notamment, pour leur goût.

Mots clés : lactosérum, farine de biscuit, valorisation, taux d'incorporation.

Abstract

Flour is the derivative of wheat most used to make various foods including cookies, hence the concern to improve it with products that will give it its nutritional value. As a result, the incorporation of whey in the flour could constitute a prescription for the valuation of this by-product of the cheese industry.

The objective of this study was to improve the nutritional quality of biscuit flour by a trial production of cookies based on flour enriched with whey powder at different percentages, namely 15.25 and 35%.

Analyzes were performed on the whey, flour and prepared cookies, in order to assess the effect of the incorporation of whey on their physicochemical characteristics.

The physic-chemical analyzes (pH, ash content, water content, protein content, fat content and acidity) carried out on the whey powder gave results (6.5 for the pH, 3.3% for the water content, 7.2% for the ash content, 10.8%, 1% and 0.14% for proteins, fat and acidity respectively) comparable to the standards recommended by the CODEX STAN, 289-1995 and comply with the required values. This confirms that the whey used is of good physicochemical quality. The contribution of the whey to the flour made it possible to neutralize its pH (6.30 for flour with 35% whey), to lower its water content, and to increase its ash content and its acidity, as well than its protein content. On the other hand, a decrease in the gluten level was observed (between 20 to 19.8%). Likewise, the analyzed water content of the prepared cookies recorded a decrease (6.47% for cookies made from 15% whey flour), unlike the pH which increased.

In addition, the microbiological control revealed a good microbiological quality of the whey powder, the flour and the prepared Cookies.

The tasting test of Cookies prepared from flour at different levels of whey powder, revealed that the latter were approved and showed acceptability on the part of the tasters, recording in some cases results close to Cookies based on control flour without whey. Overall, the cookies in the 35% and 15% formulation were top rated, especially for their taste.

Keywords: whey, biscuit flour, valuation, incorporation rate

الملخص

الدقيق الأبيض من مشتقات القمح الأكثر استعمالاً في إنتاج مختلف الصناعات الغذائية من بينها البسكويت، ومنه الاهتمام بتحسينه بالمنتجات سيعطيه قيمته الغذائية. نتيجة لذلك، يمكن أن يشكل دمج مصل اللبن في الدقيق وصفة طبية لتقييم هذا المنتج الثانوي لصناعة الجبن.

الهدف من هذه الدراسة هو تحسين الجودة الغذائية لدقيق البسكويت من خلال إنتاج تجريبي بصناعة بسكويت أساس دقيق غني بمسحوق مصل اللبن بنسب مختلفة، وهي 25.15 و 35%.

تم إجراء التحليلات على مسحوق مصل اللبن، الدقيق والبسكويت المحضر ، من أجل تقييم تأثير دمج مصل اللبن على خصائصهم الفيزيائية والكيميائية.

أعطت التحليلات الفيزيائية والكيميائية (الأس الهيدروجيني ، محتوى الرماد ، محتوى الماء ، محتوى البروتين ، محتوى الدهون والحموضة) التي أجريت على مسحوق مصل اللبن النتائج (6.5 للرقم الهيدروجيني ، 3.3% لمحتوى الماء ، 7.2% لمحتوى الرماد ، 10.8% و 1% و 0.14% للبروتينات والدهون والحموضة على التوالي) مقارنة بالمعايير الموصى بها من قبل -289 CODEX STAN 1995 وتتوافق مع القيم المطلوبة. هذا يؤكد أن مصل اللبن المستخدم ذو جودة فيزيائية كيميائية جيدة. مكنت مساهمة مصل اللبن في الدقيق من معادلة الرقم الهيدروجيني (6.30) للدقيق مع 35% مصل اللبن) ، وخفض محتواه المائي ، وزيادة محتوى الرماد وحموضته ، بالإضافة إلى محتواه من البروتين. من ناحية أخرى ، لوحظ انخفاض في مستوى الغلوتين (بين 20 إلى 19.8%). وبالمثل ، سجل المحتوى المائي الذي تم تحليله في البسكويت المحضر انخفاضاً (6.47% للبسكويت المصنوع من 15% دقيق مصل اللبن) ، على عكس درجة الحموضة التي زادت.

بالإضافة إلى ذلك ، كشفت المراقبة الميكروبيولوجية عن جودة ميكروبيولوجية جيدة لمسحوق مصل اللبن والدقيق والبسكويت المحضر.

أظهر اختبار تذوق البسكويت المحضر من الدقيق بمستويات مختلفة من مسحوق مصل اللبن ، أن الأخير قد تمت الموافقة عليه وأظهر قبولاً من جانب المتذوقين ، حيث سجل في بعض الحالات نتائج قريبة من البسكويت المحضر بناءً على دقيق بدون مصل اللبن. بشكل عام ، البسكويت المحضر بتركيبية 35% و 15% أعلى تصنيفاً ، خاصة بالنسبة لمذاقها.

الكلمات المفتاحية: مصل اللبن ، دقيق البسكويت ، التقييم ، نسبة الدمج.

Sommaire

Introduction	1.2
---------------------	------------

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lactosérum

I.1. Généralités sur le lactosérum	3
I.1.2. Place du lait dans la consommation algérienne	3
I.1.3. Définitions du lait	4
I.2. Principaux constituants du lait	4
I.3. Définition du fromage	5
I.4. Le lactosérum	7
I.4.1. Définition du lactosérum	7
I.4.2. Origine du lactosérum	8
I.4.3. Caractéristiques du lactosérum	8
I.4.4. Types de lactosérum	8
I.4.4.1. Lactosérum doux	9
I.4.4.2. Lactosérum acide	9
I.4.5. Composition du lactosérum	9
I.4.6. Caractéristiques des principaux composants du lactosérum	11
I.4.6.1. Le lactose	11
I.4.6.2. Les protéines	11
I.4.6.3. les sels minéraux	14
I.4.6.4. Les vitamines	15
I.4.6.5. La matière grasse	16
I.5. Pouvoir polluant du lactosérum	16
I.6. Stockage et conservation du lactosérum	16

Chapitre II Valorisation du lactosérum

II.1. Définitions de la valorisation	17
II.2. Valorisation du lactosérum	17
II.3. Procédés physiques de la valorisation du lactosérum	19
II.3.1. Récupération des fines et séparation des gras	19
II.3.2. Concentration de solides totaux	19
II.3.1.1. Clarifications	19
II.3.1.2. Ecrémage	19
II.3.1.3. Refroidissement	20
II.3.2. Concentration de solides totaux	20
II.3.2.1. L'osmose inverse	20
II.3.2.2. Evaporation	20
II.3.2.3. Séchage	20

II.3.3. Fractionnement des solides Totaux	21
II.3.3.1. Protéines	21
II. 3.3.2. Lactose	23
II.3.3.3. Les Sels minéraux	25
II.3.4.Procédés biotechnologique de valorisation du lactosérum	25
II.4.Domains d'utilisation du lactosérum	26
II.4.1. Utilisation dans le secteur pharmaceutique	26
II.4.1.1 .Le lactose	26
II.4.1.2 .Les isolats de protéines	26
II.4.1.3. Les sels minéraux dans le domaine pharmaceutique	27
II.4.2. Utilisé comme source énergétique	27
II.4.2.1.Les biocarburants	27
II.4.2.2. La Méthanisation	27
II.5. Substrat de fermentation	28
II.6. Dans le secteur agroalimentaire	28
II.6.1.En boulangerie	29
II.6.2.En les boissons	29
II.6.3. En fromagerie	30
II.6.4. En confiserie	30
II.6.5. En l'industrie de deuxième transformation des céréales	30

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

III.1.Historique	33
III.2.Définition du biscuit	33
III.3.Classification des biscuits	34
III.3.1. Suivant leur fabrication	35
II.3.1.1 Pâtes dures et semi dures	35
III.3.1.2. Pâtes molles type	35
III.3.2. Suivant la méthode de coupe et la mise en forme	35
III.3.3. Suivant la valeur nutritionnelle	35
III.4. Etude des matières premières	36
III.5. Farine destinée à la fabrication de biscuit	36
III.5.1. Définition de la farine	36
III.5.2. Composition de la farine	37
III.5.3. Facteurs essentiels de qualité de la farine	38
III.6. Incorporation de la poudre de lactosérum dans la farine destinée à la biscuiterie	38
III.7.Composition et amélioration de la farine par incorporation de la poudre de lactosérum	40
III.7.1. Protéines	40
III.7.2. La matière grasse	40
III.7.3. Le sucre	41
III.7.4. L'eau	41
III.7.5. Le sel	42

III.7.6. Les substances levant	43
III.7.7. La lécithine	43
III.7.8. Les œufs	43
III.7.9. Les arômes	44
III.7.10. Le lait	45
III.8. Critères de qualité des biscuits	46
III.8.1. Qualité technologique	46
III.8.2. Qualité hygiénique	46
III.8.3. Qualité organoleptique	47
III.9. Apports nutritionnels des biscuits	47

Etudes expérimentales

IV. Matériel et méthodes	48
IV.1. Objectif et lieu de stage	48
IV. 2. Matériel	48
IV.3. Méthodes	48
IV.3.1 Echantillonnage	48
IV.3.2. Analyses physico-chimiques	49
IV.3.2.1. Analyses physico-chimiques de la farine	49
IV.3.4. Analyses microbiologiques	58
IV.4.1. Essai d'incorporation de lactosérum dans la farine destinée à la fabrication des biscuits	64
IV.4.2. Analyses physico-chimiques des farines enrichies en poudre de Lactosérum	64
IV.4.3. Elaboration des biscuits	65
IV.4.4. Analyses physico-chimiques des biscuits	67
IV.4.5. Analyses microbiologiques des biscuits	68
IV.4.6. Evaluation sensorielle des caractéristiques organoleptiques des biscuits élaborés.	69
V. Résultats et discussion	70
V.1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques	70
V.1.1. Sur le lactosérum	70
V.1.2. Sur la farine	71
V.1.3. Résultats des analyses physico-chimiques du biscuit (Cookies)	79
V.2. Résultats des analyses microbiologiques	80
V.2.1. Sur la farine	80
V.2.2. Poudre de lactosérum	81
V.2.3. Biscuit	81
V.3. Résultats de l'évaluation sensorielle des biscuits préparés	82
Conclusion	89
Annexes	
Référence bibliographiques	

Liste des tableaux

Tableau 1 : Composition générale du lait de vache	5
Tableau 2 : Différents types de lactosérum	8
Tableau 3 : Composition moyenne es différents types de lactosérum	10
Tableau 4 : Comparaison de la composition en acides aminés entre le lactosérum et le lait de vache (en g/100g de protéines.	14
Tableau 5 :Compositions minérale du lactosérum acide et doux	15
Tableau6 : compositions en vitamines du lactosérum	15
Tableau 7 : Applications du lactosérum dans la transformation des aliments et boissons	29
Tableau 8 : Critères physico-chimiques de la farine biscuitière	38
Tableau 9 : Taux d'utilisation du lactosérum dans les formulations pour biscuits	39
Tableau 10 : Composition du sérum en acides aminés, comparée à celle de l'œuf (en g/16gd'azote)	44
Tableau 12 : Quantités d'ingrédients utilisés pour la fabrication du biscuit « Cookies »	65
Tableau 13 :Quantités d'ingrédients pour la préparation des cookies selon les trios essais	67
Tableau 14 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lactosérum	70
Tableau 15 : Résultats du pH de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum.	71
Tableau 16 : Résultats de la teneur en eau de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum	73
Tableau 17 : Résultats du taux de cendres de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum	74
Tableau 18 : Résultats de l'acidité de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum	75
Tableau 19 : Résultats du dosage des protéines de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum	76
Tableau 20 : Résultats de la teneur en gluten de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum	76
Tableau 21 : Résultats des analyses physico-chimiques du biscuit témoin et des biscuits préparés à différents taux de lactosérum	79
Tableau 22 : Résultats du contrôle microbiologique sur les différentes farines	80
Tableau 23 : Résultats des analyses microbiologique de la poudre de lactosérum	81
Tableau 24 : Résultats des analyses microbiologiques du biscuit	82
Tableau 25 : Résultats de l'analyse sensorielle des cookies préparés	83

Liste des figures

Figure 1 : Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation	6
Figure 2 : Aspect du lactosérum	7
Figure 3 : Diagramme explicatif de récupération de lactosérum	8
Figure 4 : Schéma de valorisation de lactosérum	18
Figure 5 : Procédé de traitement des protéines	21
Figure 6 :Schéma de fabrication du lactose à partir de perméat d'ultrafiltration	24
Figure 7 : Diagramme récapitulatif des domaines d'utilisation d lactosérum	26
Figure 8 : Utilisation du lactosérum	31
Figure 9 : Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farine, en matières grasses et en sucres	34
Figure 10 : Composition de la farine	37
Figure11 : Diagramme de fabrication des cookies	66
Figure12 : pH de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum	72
Figure13 : Teneur en eau de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum	73
Figure14 : Taux de cendre de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.	75
Figure 15 : L'acidité de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.	76
La Figure 16 : Dosage des protéines de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.	76
Figure 17 : Taux du gluten de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.	79
Figure 18 : Evaluation de la forme des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.	84
Figure 19 : Evaluation de la couleur des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.	85
Figure 20 : Evaluation de l'odeur des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine	86
Figure 21 : Evaluation du goût des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.	86
Figure 22 : Evaluation de la friabilité des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.	87
Figure 23 : Appréciation générale des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.	88
Figure 24 : Cookies préparés aux différents taux du lactosérum.	88

Liste des Annexes

ANNEXE N° I

Présentation de l'unité BIMO

Présentation de laboratoire contrôle de qualité ATLASS Labo

ANNEXE N° II

1-Matériel

2. Photographies originale de les matériels utilisées pour les analyses physicochimiques et microbiologiques

Figure 1 : pH mètre

Figure 2 : Humidimètre

Figure 3 : Centrifugeuse

Figure 4 : Four à moufle

Figure 5 : Dessiccateur

Figure 6 : Agitateur

Figure 8 : Bain marie

Figure 7 : Balance

Figure 9 : Bec bunsen

Figure 10 : portoir avec tube à vis

Annexe N°III

Compositions des milieux de cultures

Figure13 : photographies représente plans de travail préparé pour faire les analyses microbiologique

Schéma montre différent les étapes d'analyses microbiologiques

Annexe V

La figure 14 : présente une photographie de crémage des ingrédients.

La figure15 : présente une photographie de la pâte obtenue après le pétrissage

La figure 16 : présente une photographie des cookies façonnés manuellement.

La figure17 : présente la rentrer de nos cookies au four à l'aide d'un tapis

La figure 18 : présente une photographie du refroidissement des cookies à l'aide des ventilateurs.

La figure 19 : Photographies des cookies préparées à base de farine de différent pourcentage du la poudre de lactosérum comparé avec cookies témoin sans lactosérum.

Abréviations

C° : Degré celsius

D° : Degré dornic

O : oxygène

DBO : Demande Biologique en Oxygène.

U : Micron

FAO : Food and Agriculture Organisation of the united nation

GN : gélose Nutritive

T° : température

WPC : concentré de protéines de lactosérum (whey protein concentrate)

WPI : Isolat protéique de lactosérum (whey protein isolate)

OMS : organisation mondial de santé

pH : potentiel d'hydrogène

ISO : International Organization for Standardization

J,O,R,A :Journal officiel de la République Algérienne

MS :Matière Sèche.

NA : Norme Algérienne

NF : Norme Française



Introduction



Introduction

Ces dernières années, le secteur agroalimentaire a connu un développement remarquable, qui a eu des conséquences néfastes sur le plan écologique, vu le rejet de quantités énormes de déchets issus des différentes industries, ce qui a eu un impact néfaste sur l'environnement et par conséquent sur la santé humaine. Pour cette raison, des chercheurs se sont intéressés depuis des décennies aux procédés et technologies qui permettront la récupération et la valorisation des résidus, aboutissant à des produits biologiques à valeur ajoutée.

En Algérie, l'industrie laitière et la fromagerie sont les industries qui génèrent le plus de déchets organiques. Le lait et les produits laitiers occupent une place prépondérante dans la ration alimentaire des algériens, ils apportent la plus grande part de protéines d'origine animale. Par son apport en énergie métabolisable, le lait présente une forte concentration en nutriments de base (**Mahaut et al. 2000**).

Produire 10 litres de lait permet d'obtenir 1 Kg de fromage et 9 litres de lactosérum, soit 600 g de lactosérum en poudre, qui contient environ 50% des nutriments du lait de départ : protéines solubles, lactose, vitamines et minéraux, ainsi qu'une grande quantité d'environ 20% (6g/l) de protéines de lait, ce qui le rend riche en nutriments. De ce fait, il constitue un produit intéressant vu sa richesse en acides aminés essentiels (lysine et tryptophane), en lactose et en divers vitamines, notamment celles du groupe B (**Tetra Pak ,1995 ; Boudry et al. 2012**).

La valorisation de ce sous-produit va permettre ainsi de minimiser le risque de pollution provoquée par son rejet dans les eaux résiduaires.

Afin de réduire le risque de contamination dû au lactosérum, différents procédés de recyclage ont été mis en œuvre.

De ce fait, les poudres de lactosérum et dérivés sont aujourd'hui très utilisés comme ingrédients non seulement pour leurs bonnes propriétés techno-fonctionnelles (industrie laitière, confiserie, charcuterie...), mais aussi nutritionnelles (élaboration d'aliments diététiques, pharmaceutiques ou infantiles). Le séchage du lactosérum a pour but essentiel de stabiliser les produits par extraction de l'eau. L'amélioration des technologies, les changements des habitudes alimentaires, la baisse des coûts, et une meilleure stabilité des

poudres sont les principales raisons qui ont contribué à l'accroissement de l'utilisation des produits sous forme déshydratée (**De Witt, 2001**).

Bien qu'on reconnait que la farine a une influence prépondérante sur la confection de la pâte, où elle demeure l'ingrédient principal, le biscuitier a toujours beaucoup de mal à préciser les caractéristiques des farines qui lui sont nécessaires, il pense qu'aucun des critères permettant d'étudier la farine n'est vraiment déterminant pour une bonne aptitude biscuitière, si bien que les spécifications pour les farines destinées à la biscuiterie ne sont pas toujours très fixées, et en tout cas, sont extrêmement variables d'un produit à l'autre (**Armand et Germain, 1992**).

Dans ce contexte, ce travail a pour objectif de valoriser la poudre de lactosérum, en l'incorporant dans une farine destinée à la biscuiterie en vue de l'enrichir en protéines et nutriments se trouvant dans le lactosérum et ainsi élaborer un biscuit riche du point de vue nutritionnel.

L'étude a été divisée en deux parties :

- La première partie : comportant une synthèse bibliographique avec trois chapitres : « Généralités sur le lait et le lactosérum, Valorisation du lactosérum et domaines d'utilisation et enfin, Incorporation du lactosérum dans farine destinée à la biscuiterie »

- La deuxième partie : comportant une étude expérimentale avec deux chapitres : Un chapitre consacré aux Matériel et méthodes utilisés et un autre aux différents résultats obtenus et leur interprétation.



Chapitre I

Généralités sur le lactosérum



I.1. Généralités sur le lactosérum

L'industrie laitière est parmi les industries les plus importantes en Agroalimentaire. D'une part, du fait qu'elle se caractérise par la transformation d'une unique matière première et non pas par l'assemblage de matières premières diverses et d'autre part parce qu'elle produit une multitude de fabrications et de produits.

I.1.2. Place du lait dans la consommation algérienne

Le lait occupe une place importante dans la consommation algérienne. Selon **Srairi, (2008)**, il est retenu par les pouvoirs publics comme une source principale de protéines animales des populations dans les pays du Maghreb (Algérie, Maroc, Tunisie). Cependant, des politiques d'états ont été adoptées dans ces pays et des instruments ont été mis en place depuis l'indépendance, du fait de l'importation continue des produits laitiers en raison du développement démographique et du taux d'urbanisation qui a considérablement augmenté (**Srairietal, 2007**).

En outre, vu sa richesse en éléments nutritifs, le lait représente 65.6% de protéines animales, supérieures à celles de la viande (22.4%) et des œufs (12.1%), ainsi, une gramme de protéines obtenues à partir du lait, coûte huit fois moins cher que la même quantité obtenue de la viande (**Amellal, 1995**), ce qui favorise l'augmentation de la consommation qui est jugée de 110kg/an (**Ferrah, 2000 ; Dilmi, 2008**), l'évolution de cette consommation a bondi de 90 litres à 115 litres (Bourbouze, 2001). Cette forte consommation est plus élevée que celle de la Tunisie qui est de 80kg (**Khaldi et Naili, 2001**) et celle du Maroc 32 kg (**Arraba et al, 2001**), mais elle reste très éloignée de celle de la France où elle est estimée de **400 litres/habitant /an (Boumghar, 2000)**.

La situation du marché présente des projections à moyen terme, relatives aux marchés mondiaux des produits laitiers sur la période **2019-2028**. Elle passe en revue les évolutions prévues en termes de prix, de production, de consommation et d'échanges pour le lait, les produits laitiers frais, le beurre, le fromage, le lactosérum, le lait écrémé en poudre et le lait entier en poudre, et examine en conclusion les principaux risques et incertitudes susceptibles d'avoir une incidence sur les marchés mondiaux des produits laitiers dans les dix années à venir (**OCDE, FAO 2019-2028**).

I.1.3. Définitions du lait

Le lait est un système complexe et hétérogène dont la composition chimique varie en fonction de l'espèce, la race, l'âge, le stade et le nombre de lactation, ainsi que l'alimentation et les conditions de traitement (**Grappin et al ,2000. ;Walstra et al, 2005**).

Le lait a été défini au cours du congrès international de la répression des fraudes à Genève en 1908, comme étant le produit intégral de la traite totale et ininterrompue d'une femelle laitière bien portante bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être recueilli proprement et ne doit pas contenir de colostrum (**Debry, 2006**).

En Algérie et selon le journal officiel, le mot « LAIT » est réservée exclusivement au produit de la sécrétion mammaire normale, obtenue par une ou plusieurs traites sans aucune addition ou soustraction et n'ayant pas été soumis à un traitement thermique (**Arrêté de 18/08/1993, décret du 27/10/1993**).

I.2. Principaux constituants du lait

Les principaux constituants du lait cités par ordre décroissant sont :

- De l'eau très majoritairement ;
- Des glucides principalement représentés par le lactose ;
- Des lipides essentiellement des triglycérides rassemblés en globules gras ;
- des protéines, caséines rassemblées en micelles, avec des albumines et globulines solubles ;
- Des sels et minéraux à l'état ionique et moléculaire ;
- Des éléments à l'état de traces mais au rôle biologique important : enzymes, vitamines, oligo-éléments.

Le tableau 1 donne un exemple de composition biochimique du lait de vache.

Tableau 1 : Composition générale du lait de vache

Constituants majeurs	Variations limites (%)	Valeurs moyennes (%)
Eau	85.5-89.5	87.5
Matière grasse	2.4-5.5	3.7
Protéines	2.9-5.0	3.2
Glucides	3.6-5.5	4.6
Minéraux	0.7-0.9	0.8
Constituants mineurs : enzymes, vitamines, pigments, cellules, divers, gaz		

(Lapointe-vignola, 2002)

I.3. Définition du fromage

Au plan technologique, le fromage est de la caséine plus ou moins débarrassée des autres constituants du lait et plus ou moins transformée. La norme **FAO/OM Sn°A-6, 1978, modifiée en 1990** donne la définition suivante :

« Le fromage est le produit frais ou affiné, solide ou semi-solide, dans lequel le rapport protéines de lactosérum /caséines n'excède pas celui du lait obtenu :

-Par coagulation du lait écrémé, lait partiellement écrémé, crème de lactosérum ou babeurre, ou en combinaisons, grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés, est par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation

-Par l'emploi de la technique de fabrication entraînant la coagulation du lait et/ou des matières obtenues à partir du lait, présentant des caractères physiques, chimiques et organoleptiques similaires à ceux du produit défini plus haut ».

Il existe plusieurs types de fromage, à savoir :

Le fromage « affiné » est celui qui n'est pas prêt à la consommation immédiatement après la fabrication, et qui doit être maintenu pendant un certain temps à une certaine température et dans les conditions nécessaires pour les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage.

Le fromage « frais ou non affiné » est du fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après la fabrication (**FAO, 1995**).

Fromage riches ou enrichis en lactoprotéines, on peut, par ultrafiltrations du lait de fromagerie, obtenir une matière sèche de telle manière que le lactosérum ne soit pas perdu lors de la fabrication du fromage. Ainsi, toutes les protéines sériques restent dans le fromage qui en contient dès lors 15% au lieu de 2 à 3%.

De même, les teneurs en calcium et phosphore sont plus élevés et celles du sodium et potassium légèrement plus faibles. Lors de la protéolyse enzymatique, les protéines solubles résistent mieux que les caséines : les teneurs en acides aminés libres et en composés azotés solubles seront relativement plus bas. On peut même enrichir la matière sèche fromagère en protéines solubles. Dans ce cas, la teneur en protéines sériques, relative peut atteindre 35% (FAO,1995).

La figure 1, englobe les types de sérums issus de la première transformation du lait.

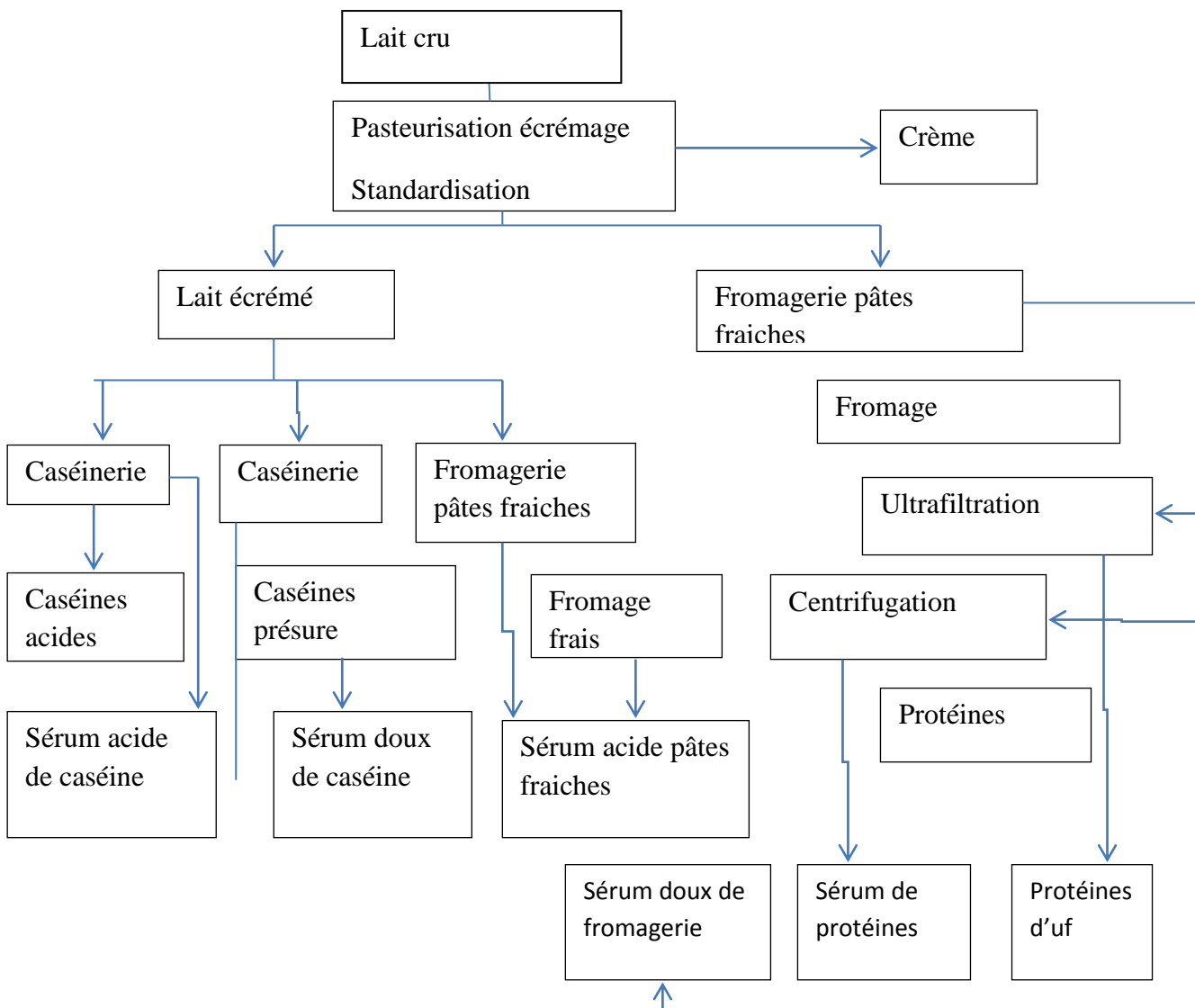


Figure 1 : Schéma technologique d'obtention des principaux types de sérums issus de la première transformation (Luquet et François,1990)

I.4. Le lactosérum

I.4.1. Définition du lactosérum

La transformation du lait en fromage génère une quantité importante de rejets. Ces rejets sont produits au cours du processus même de fabrication. Le caillage du lait entraîne une coagulation des protéines, libérant ainsi **le lactosérum** jusqu'à 30% de la valeur du lait transformé (**BrangerA et al, 2009**).

Traditionnellement, l'opération qui suit l'étape de coagulation, consiste à séparer la phase coagulée du reste du lait au cours d'une opération d'égouttage : la fraction liquide ainsi recueillie, est appelée « lactosérum » (**Bergel et al ; 2004**).

Le lactosérum est un liquide vert translucide qui se sépare du caillé après la coagulation du lait durant la fabrication du fromage et de la caséine (**Chantal et Shana, 2002**). Sous l'action de divers agents :

-**La présure**, enzyme protéolytique de la caillette des veaux ;

-**L'acide lactique**, dans la fabrication du fromage frais et des caséines lactiques (**Luquet, 1985**).

Le lactosérum est constitué de la phase aqueuse du lait, laquelle contient l'ensemble des éléments solubles de celui-ci. Le lactose, les sels solubles, un peu de matière grasse et des protéines solubles. Il contenant une quantité importante de protéines de lait, environ 20% (6g/l) et riche en éléments nutritifs (**Ilker et al, 2006**).

La figure 2 représente l'aspect du lactosérum.



Figure 2 : Aspect du lactosérum (<https://www.annabac.com/annales-bac/conserver-du-lait>)

I.4.2. Origine du lactosérum

Le lactosérum est récupéré lors du processus de fabrication du fromage. La figure 3 explique le diagramme de récupération du lactosérum.

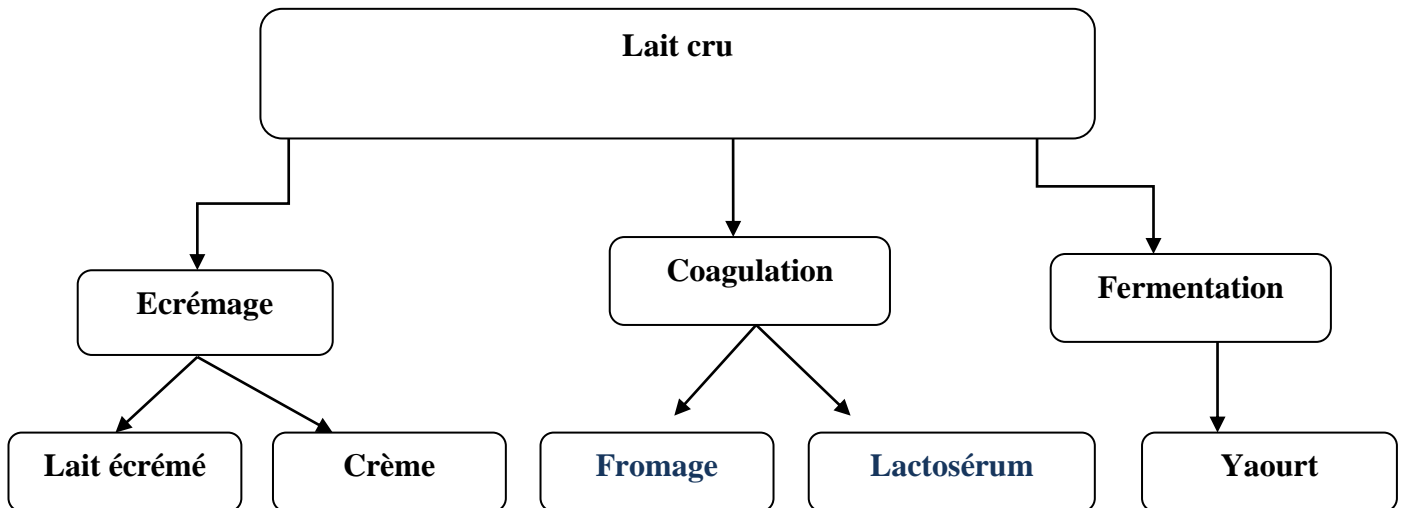


Figure 3: Diagramme explicatif de récupération de lactosérum
(site web <https://www.annabac.com/annales-bac/conservation-du-lait>)

I.4.3. Caractéristiques du lactosérum

Le lactosérum se caractérise par un liquide de couleur jaune verdâtre trouble, de saveur fraîche, faiblement sucrée par le lactose, contenant 94% d’eau, de protéines, de sucres et de faibles quantités de matière grasse. Il possède une haute valeur nutritive grâce à sa richesse en vitamines, sels minéraux et protéines.

I.4.4. Types de lactosérum

Selon le type de la coagulation employée, lactique ou présure, on distingue deux types de lactosérum : acide et doux (Werner et al, 2010).

Tableau 2 : Différents types de lactosérum

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

(Adrian et al., 1995).

Les différents types de lactosérum sont classés par Adrian et al (1995), comme suit :

I.4.4.1. Lactosérum doux

Le lactosérum doux est issu de la fabrication du fromage à pâte cuite, à pâte pressée et de la caséine après le traitement du lait par voie enzymatique, généralement par la présure (**Dendouga, 2006**).

Il se définit par :

- Un degré d'acidité supérieure à 18D° (**Boudier et Luquet, 1980**) ;
- Un pH compris entre 5.8 et 6.5 ;
- Il Contient moins de minéraux et d'acide lactique que les lactosérums acides.

I.4.4.2. Lactosérum acide

C'est la phase aqueuse résultant de la fabrication des fromages à pâtes molles ou fraîches ou de caséines, pour lesquels le caillage a lieu sans emprésurage, c'est-à-dire par acidification (coagulation lactique) d'où leur nom (**Benaouida, 2008**).

Il se définit par :

- Un degré d'acidité inférieur à 18D° (**Boudier et Luquet1980**) ;
- Un pH inférieur à 5 ;
- Il est très chargé en minéraux et en acide lactique ;
- Il est plus difficile à valoriser que les autres types de lactosérums, d'où un prétraitement nécessaire.

I.4.5. Composition du lactosérum

La composition du lactosérum dépend du lait d'origine et du procédé de coagulation des caséines.

En industrie laitière, la plus grande partie de l'eau contenue dans le lait se retrouve dans le lactosérum et avec elle toutes les substances solubles ; les protéines, le lactose, les protéines solubles et les peptides, les sels minéraux solubles (chlorure) et les matières grasses. Les protéines présentes sont des matières azotées qui ne se précipitent pas, elles représentent (20%) des protéines du lait, ce sont les albumines (75%) les globulines (10%) et divers autres molécules (15%).

A cette composition, s'ajoutent les vitamines, avec des quantités importantes de riboflavine (B₂) qui donne la couleur jaune verdâtre au lactosérum, l'acide pantothénique (B₅), la thiamine(B₁), la pyridoxine (B₆) et l'acide ascorbique (c) (**Woo, 2002**).

La composition des différents types de lactosérum est résumée dans le tableau 3

Tableau 3 : Composition moyenne es différents types de lactosérum

	Lactosérum doux		Lactosérum acide		
	Pâte pressée cuite (Emmental)	Pâte pressée Non cuite (Edam)	Pâte fraîche	Caséines	Camembert
Teneur en eau (%)	93.5	95	94	94	93.5
Extrait sec (%)	6.5	5.00	6.00	6.00	6.5
pH	6.70	6.50	6.00	4.60	6.1
Composition en g/l					
Lactose	76.00	75.0	65.5	74.00	75
Protéines	13.50	13.50	12.00	12.00	12
Cendres	8.00	8.00	9.00	12.00	8.25
Acide lactique	1.80	2.80	10.00	1.80	2.20
Matière grasse	1.00	1.00	0.5	0.50	1
Minéraux (ca)%	0.6	0.65	1.90	1.80	0.70

(Sottiez.1999)

I.4.6. Caractéristiques des principaux composants du lactosérum

I.4.6.1. Le lactose

Le lait collecté est transformé en fromages et le lactosérum qui en résulte, renferme une quantité de lactose.

Le lactose, diholoside réducteur constitué d'une molécule de galactose et d'une molécule de glucose reliées entre elle par une liaison β 1-4, se présente sous forme de deux stéréo-isomères en équilibre en solution : lactose α et lactose β , selon la position dans l'espace du groupement -OH du carbone réducteur du glucose,

La solubilité du lactose est faible par rapport à celle des autres sucres : elle est fonction de la température. Cette propriété est notamment exploitée pour sa purification par cristallisation **et (Romain et al, 2002)**

Le lactose contribue à stabiliser le pH intestinal d'où une meilleure utilisation digestive du calcium et du phosphore ; cette stabilité du pH évite l'installation de flores purifiantes **(Sottiez, 1990)**.

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

I.4.6.2. Les protéines

Le lactosérum contient diverses protéines aux propriétés technologiques et nutritionnelles intéressantes **(Gwenaelle, 2004)**

Les protéines sont très recherchées en diététique à cause de leur très haute valeur nutritive présentant un grand intérêt dans l'industrie alimentaire en raison de leurs propriétés fonctionnelles. Telle que leur pouvoir émulsifiant, à cause de la présence de la matière grasse, ainsi que pour leur pouvoir gélifiant dont leur rôle dans la coagulation à la chaleur et de plus pour leur pouvoir moussant **(Werner et al ; 2010)**.

Les protéines du lactosérum sont riches en acides aminés soufrés, en particulier la cystéine, alors que les caséines sont riches en méthionine, en proline, en lysine, en tryptophane, et en résidus phosphorylés présentant une teneur faible en acides aminés soufrés et notamment en cystine **(Geneviève , 1997)**.

Les protéines du lactosérum demeurent solubles après déstabilisation de la caséine par acidification au pH 4.6 ou après action de la chymosine.

Elles ont aussi d'intéressantes propriétés fonctionnelles (pouvoir gélifiant et moussant). Malheureusement, elles ne représentent qu'environ 9% de la matière sèche du lactosérum.

On peut distinguer trois procédés principaux de concentration ou d'isolations de protéines sériques : les procédés à membrane, la chromatographie d'échange d'ions, et la déminéralisation des eaux mères de la cristallisation du lactose qui met en jeu les techniques de la déminéralisation des lactosérums (**Werner J, 2010**).

Les principales protéines du lactosérum sont d'après **Jouan(2002)** :

- **La lactalbumine**

C'est une petite protéine de PM de 14200 daltons. Son taux moyen dans le lactosérum est de 1.3 g par litre. Elle fait partie du lactose synthétase à l'origine de la synthèse du lactose. Elle présente de fortes analogies avec le lysozyme, mais elle ne partage pas les propriétés bactéricides du lysozyme. Cette carence est, semble-t-il due à la substitution d'une molécule d'acide glutamique du centre actif du lysozyme par une molécule d'histidine dans la lactalbumine.

- **La β -lactoglobuline**

C'est la protéine la plus abondante du lactosérum provenant du lait de vache, son taux est de 2.5 à 3 g par litre et elle représente 50% des protéines lactosériques sous sa forme monomère, elle a un PM de 18400 daltons et à l'état naturel, elle se trouve sous forme dimérique (PM 36800). Il est à noter son absence dans le lait de femme (**Jouan, 2002**).

- **La Sérum albumine**

Elle est présente dans le lactosérum à la concentration de 0.30 g par litre. Elle a un caractère acide avec un pH de 4.7. Elle est d'origine sanguine. Grâce à sa faculté de liaisons réversibles, elle joue le rôle de transporteur de molécules et ions divers : colorants, médicaments, acides gras, métaux bivalents.

- **La Lactoferrine**

C'est une glycoprotéine (2.7% de glucides). Elle fixe deux atomes de fer par molécule et sa teneur dans le lactosérum est de 0.10g/l.

La lactoferrine exerce des propriétés bactériostatiques liées à sa capacité à chélater le fer nécessaire au développement de nombreuses bactéries.

- **La lactoperoxydase**

Elle appartient au groupe des glycoprotéines. Elle possède un atome de fer par molécule. Son taux est de 0.070g/l de lactosérum et son pH est de 8.1.

La lacto-peroxydase constitue un puissant système de lutte contre le développement des bactéries. Elle est bactéricide vis-à-vis des bactéries Gram négatif et bactériostatique vis-à-vis des germes Gram positif.

- **Les immunoglobulines**

Ce sont des glycoprotéines de masse moléculaire élevée. Leur taux moyen est de 0.65g/l de lactosérum. Ces protéines anticorps assurent la transmission de l'immunité de la mère au jeune animal.

- **Le Caséinomacropéptide**

C'est un glycopeptide issu de l'hydrolyse de la k-caséine par la chymosine. Il est caractérisé par sa richesse en acides aminés alcools, sérine et thréonine, qui constituent le quart des acides aminés totaux. La partie polysaccharidique est liée aux molécules de thréonine. Son taux est compris entre 1.20 et 1.50 g/l de lactosérum.

- **Les protéoses-peptones**

Ce sont des peptides libérés par une hydrolyse de type trypsine de la β -caséine. On distingue trois types de protéoses -peptones : la protéose -peptone 5, la protéose-peptone 8 lente (pp8-l).

La composition en acides aminés des protéines du lactosérum, comparée à celle du lait de vache.

Le tableau 4 montre la comparaison entre la composition en acides aminés du lactosérum et du lait de vache.

Tableau 4 : Comparaison de la composition en acides aminés entre le lactosérum et le lait de vache (en g/100g de protéines).

Acides aminés	Lactosérum	Lait de vache
Acide aspartique	9,0	7,8
Thréonine	5,9	4,6
Serine	4,6	5,75
Acide glutamique	15,7	22,2
Proline	5,5	10,1
Glycine	1,95	2
Alanine	4,2	3,5
Valine	5,5	7,15
Isoleucine	5,6	5,75
Leucine	8,7	10
Tyrosine	2,65	5,1
Phénylalanine	3,35	5,35
Méthionine	1,75	2,6
Cystine	1,5	0,9
Lysine	8,1	8,5
Histidine	1,7	2,9
Arginine	2,2	3,55
Tryptophane	1,4	1,4

(Lapoint- Vignola,2002).

I.4.6.3. les sels minéraux

Les sels minéraux principaux présents dans le lactosérum sont : le sulfate, les chlorures, les phosphates, les citrates de calcium, le sodium, le magnésium et le potassium.

Le lactosérum contient en moyenne 4.8 g de sels minéraux, soit une réduction d'environ 50% par rapport à la teneur initiale du lait (Bardy et al, 2016).

Il est à noter que les caractéristiques du lait sont variables selon les espèces, les races, l'environnement, l'alimentation et les états physiologiques et sanitaires des animaux, Toutefois, on estime qu'en moyenne un litre de lait est composé de 8.5 à 9g de sels minéraux dont 1.2 g de calcium et 0.95g de phosphate. Après réalisation du processus de transformation du lait, le lactosérum doux aura une teneur de 2.5à 4.7g de minéraux par litre de lactosérum et le lactosérum acide en contiendra entre 4.3 à7.2 g.

Le tableau 5, donne un aperçu sur les taux de minéraux présents dans lactosérum

Tableau 5: Compositions minérale du lactosérum acide et doux

Concentration (g/l)		
Constituant	lactosérum doux	lactosérum acide
Calcium	0.04-0.06	1.2-1.6
Magnésium	0.08	0.11
Phosphate	1.0-1.7	2.0-4.5
Citrate	1.2-1.7	0.2-1.0
Sodium	0.4-0.5	0.4-0.5
Potassium	1.4-1.6	1.4-1.6
Chloride	1.0-1.2	1.0-1.2

(Rameshet al ,2015)

- **Le lactosérum déminéralisé**

Etant donné la teneur élevée en minéraux du lactosérum, sa déminéralisation est une étape essentielle pour la valorisation de ce sous-produit à des fins diététiques. Le plus ancien procédé utilisé, est l'échange d'ions, puis l'électrodialyse a été utilisée et plus récemment la nano filtration, mais pour des raisons économiques et d'efficacité de l'électrodialyse reste la plus employée, On préfère déminéraliser du lactosérum déjà concentré à un extrait sec d'environ 20-25 %, cette étape de concentration est réalisée par évaporation ou par osmose inverse (Werner et al , 2010)

I.4.6.4. Les vitamines

Les vitamines de lactosérum sont en majorité des vitamines hydrosolubles, puisque la matière grasse a été presque totalement éliminée entraînant avec elle des vitamines liposolubles.

Le lactosérum contient en majorité des vitamines de type : B₁, B₂, B₃, B₅, B₆, B₉ et de la vitamine C (tableau 6).

Tableau6 : compositions en vitamines du lactosérum

Vitamines	Quantité (en mg/100g)
Thiamine (B ₁)	0.4
Riboflavine(B ₂)	43
Pyridoxine(B ₆)	5.3
Cobalamine(B ₁₂)	0.16
Acide pantothénique	45
Acide folique	0.03
Biotine	116

(Vrignaud,1980)

I.4.6.5. La matière grasse

La matière grasse du lactosérum diffère principalement de la matière grasse du lait et de la crème sous forme globulaire plus ou moins altérée, consécutive aux actions mécaniques et chimique subies pendant les phases de préparation, de coagulation du lait et de l'égouttage (Ramet, 1993).

Une certaine quantité de lipides du lait est entraînée dans le lactosérum brut, cependant cette quantité est faible, le plus souvent, dans les traitements industriels, le lactosérum est écrémé, la matière grasse ainsi récupérée est utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix.

I.5. Pouvoir polluant du lactosérum

La production du fromage, entraîne le rejet d'énormes quantités de résidus. Le perméat de lactosérum est une solution riche en lactose et en minéraux convenable pour la fermentation.

Le lactosérum représente 90% du volume original du lait utilisé en fromagerie et en est le principal sous-produit.

L'impact du lactosérum sur l'environnement a été quantifié sur les changements climatiques, la qualité des écosystèmes, la santé humaine et les ressources (Arevalo, 2017).

Il est riche en protéines et en lactose, ce qui le rend dommageable aux écosystèmes aquatiques (DBO de 40 à 50g O₂/l de lactosérum), alors que la norme de rejet pour une entreprise est de 30mg d'O₂ / litre (Lachebi et al ; 2011),

Le haut contenu de lactose représente une charge environnementale importante qui rend obligatoire leur gestion (Arevalo, 2017).

Le lactosérum engendre une pollution organique importante, ainsi 1 litre de lactosérum correspond environ 85% de la pollution journalière générée par un habitant (Laplanche et al., 2006)

I.6. Stockage et conservation du lactosérum

Selon (Boudier et Luquet, 1989), le stockage et la conservation du lactosérum dépend de plusieurs facteurs qui peuvent affecter la qualité du produit, tels que la température et le pH. Certaines études ont traité du problème de stockage du lactosérum et ont démontré qu'un stockage du lactosérum à 4°C pendant deux semaines ne montre aucune variation notable de la composition chimique.

Par contre, à température ambiante (20°C), les variations de la composition sont assez importantes, notamment si le sérum a étéensemencé et s'il est doux. Globalement, le stockage à température ambiante se manifeste par une diminution notable du taux de matière sèche et l'acidité des sérums augmente moins vite quand il est stocké en grandes quantités.



Chapitre II
Valorisation du lactosérum



II.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.

II.2. Valorisation du lactosérum

L'industrie laitière mondiale a réalisé une avance technologique majeure dans la valorisation de lactosérum (**Jouan, 2002**).

La présence de nutriments résiduels (du lait) est à l'origine de la charge organique élevée dans le lactosérum. Ces éléments nutritifs peuvent être valorisés et exploités pour la production de divers produits à valeur ajoutée. Le progrès réalisé en biotechnologie ces dernières années a été mis en service pour améliorer la gestion des effluents du lactosérum.

Actuellement, une bonne fraction du lactosérum est transformée en produits à valeur ajoutée. Cependant, malgré tous ces efforts, d'importantes quantités de lactosérum, qui représentent la moitié de la production totale, restent inutilisées. Ainsi, de nouvelles issues doivent être développées pour la valorisation du lactosérum dans le but de limiter ses incidences sur l'environnement (**Panesar et al ; 2007**).

Deux méthodes sont utilisées pour la valorisation-transformation du lactosérum en produits à valeur ajoutée.

La première est le traitement direct (transformation physique) ; cette méthode permet l'obtention de la poudre de lactosérum ; de concentrés de protéines sériques de l'isolat de protéines sériques, du perméat de lactosérum, du lactose et d'autre fractions.

La deuxième méthode est basée sur des procédés biotechnologiques. Le lactosérum étant utilisé comme substrat pour les enzymatiques/microorganismes, ce qui permet l'obtention de produits à valeur ajoutée. Ces produits sont utilisés principalement pour l'alimentation animale, il s'agit de protéines unicellulaires de pro-biotique, d'acides organiques, d'enzymes, de caroténoïdes de bio-conservateurs, des gommes biologiques, d'exopolysaccharides et de bioplastiques (**Kosseva et al, 2009 ; Panesar et al, 2013, Siso, 1996**).

La valorisation de lactosérum passe par la séparation de ses principaux constituants. Elle donne naissance à l'industrie de fabrication des ingrédients laitiers, industrie extrêmement florissante qui

fait appel à des technologies très sophistiquées, jusqu'à alors réservées à l'industrie chimique et pharmaceutique (Werner et al, 2010).

La valorisation du lactosérum est faite en le transformant en produits ayant une plus grande valeur économique. Cette valorisation est importante pour éviter de payer des frais de traitement ou de disposition du lactosérum (Prazeres et al,2012).

La figure 4 explique clairement les différents procédés de valorisation du lactosérum.

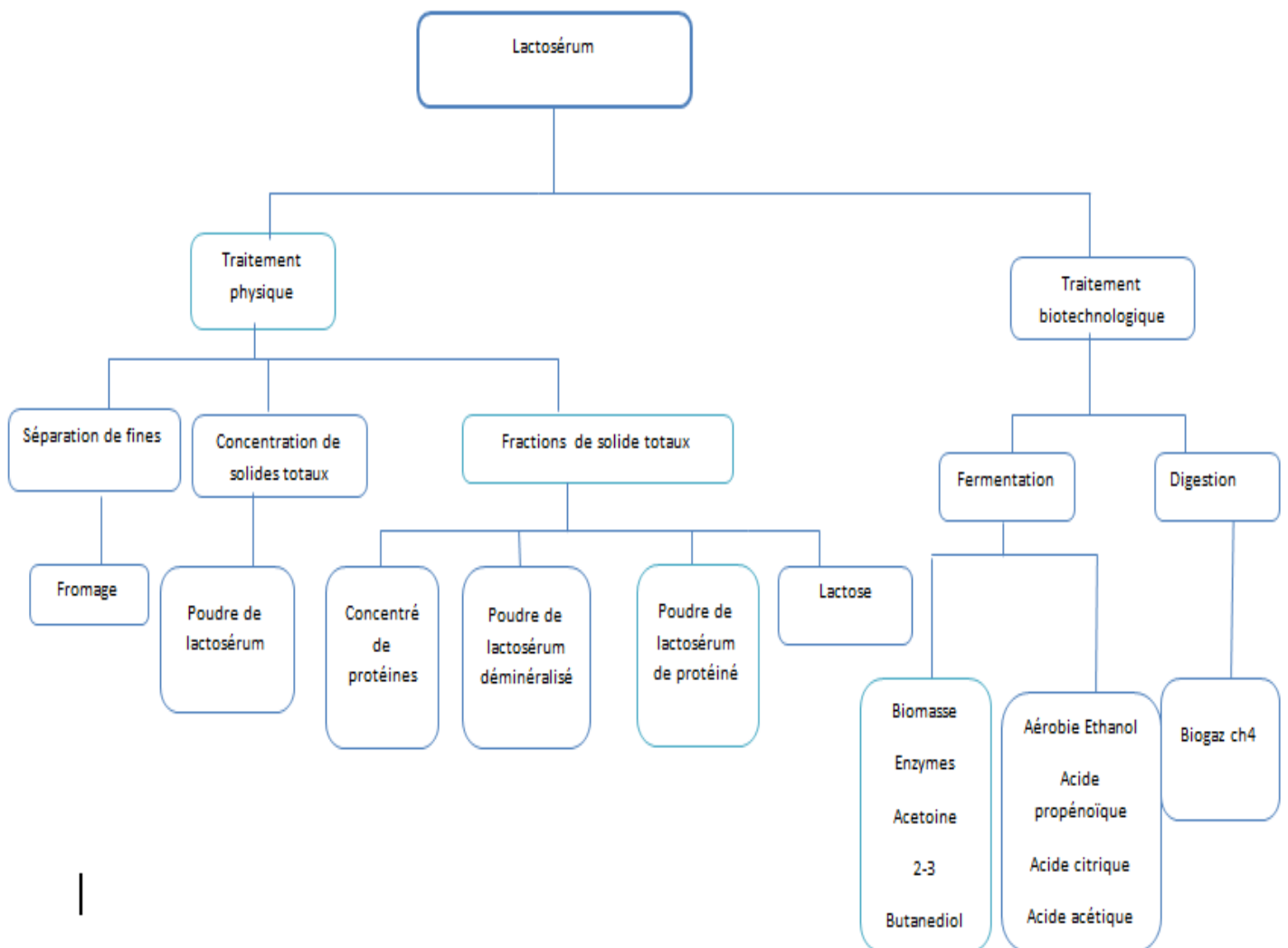


Figure 4 : Schéma de valorisation de lactosérum (Yadav et al,2015)

II.3. Procédés physiques de la valorisation du lactosérum

L'accroissement considérable des quantités de fromage fabriquées par unité de production ne permettent plus d'éliminer le sérum directement, l'élimination se fait par déversement dans les cours d'eau où il serait à l'origine de pollution grave due à la fermentation de ses matières organiques et à la diminution de la teneur en oxygène dissous dans l'eau au-dessous d'un seuil acceptable.

Un litre de sérum nécessite 40g d'oxygène pour que ses matières organiques soient détruites par oxydation microbienne. Dans ces conditions, il est devenu indispensable de le traiter.

Avant toute utilisation, le sérum est généralement filtré et centrifugé afin de récupérer les particules du caillé et la matière grasse. Les méthodes de traitement du sérum sont variées et permettent d'obtenir de nombreux produits (FAO, 1995).

II.3.1. Récupération des fines et séparation des gras

II.3.1.1. Clarifications

Ce procédé consiste en l'étape de récupération de petites agglomérations des caséines connues aussi sous le nom de fines (Spreer, 1998).

L'utilisation des technologies à membranes est en plein essor, bien que les problèmes de colmatage limitent cette expansion (Grégorio, 2007). Les membranes peuvent être utilisées pour la clarification afin d'éliminer les particules (cas des membranes MF et UF).

La teneur en fines séparables dans le lactosérum varie entre 0.05% et 0.20% pour les fromages à pâte ferme et semi-ferme tandis qu'elle est de 1% pour les fromages à pâte molle (IDF, 1997).

II.3.1.2. Ecrémage

C'est le processus de séparation de la matière grasse contenue dans le lactosérum. Cette étape utilise le principe de la centrifugation. En effet, la centrifugation occupe une place importante dans l'industrie laitière pour la séparation de la matière grasse de basse densité à l'intérieur des canaux de l'équipement pendant que le lactosérum écrémé se déplace vers l'extérieur des canaux (Lapointe-Vignola, 2002 ; Branger et al, 2007).

La teneur en matière grasse de 25 % à 40%, peut être partiellement réutilisée dans la fabrication du fromage.

II.3.1.3. Refroidissement

C'est le traitement et conservation de la crème ou du lait par des procédés thermiques : pasteurisations, stérilisation, refroidissement, Ensemencement (**Burlet ,2007**).

Des périodes plus longues de stockage nécessitent une pasteurisation du lactosérum directement après l'élimination des graisses et des fines (**Tetra pack, 2003**).

II.3.2. Concentration de solides totaux

La concentration a pour but d'éliminer la quantité d'eau présente dans le lactosérum.

Les concentrés du lactosérum obtenus par des procédés à membrane sont appelés concentras.

Ces sont des produits généralement manufacturés sous forme de poudres (**Werner, 2010**).

L'osmose inverse (OI) qui est surtout utilisée pour éliminer l'eau.

II.3.2.1. L'osmose inverse

C'est un procédé Baro membranaire « les procédé Baro membranaires sont ces procédés de filtration qui ont fait leur preuve pour combattre efficacement la pollution présente dans de nombreux type d'effluents industriels comme les rejets provenant des industries agroalimentaires » (**Gérégorio et al, 2009**). Ce qui permet de concentrer les solides totaux du lactosérum de 6 à 18% (**Rodem, 2010**). L'équipement est constitué d'un réservoir d'alimentation, d'une membrane, de deux manomètres et d'au moins une pompe. Le lactosérum entre dans le système tangentiellement à la membrane qui, sous pression, permet de séparer le retentât (retenue) et le perméat (résidu) (**Lapointe-Vignola, 2002**).

Fellows (2009) affirme que le mode opératoire de la concentration du lactosérum (continu ou batch) a une influence sur les besoins énergétiques du système. Si l'équipement d'OI travaille en continu, 10KWh par 1000 l d'eau enlevés sont nécessaire.

II.3.2.2. Evaporation

C'est un procédé qui permet de retirer des fractions par ébullition du lactosérum, le produit est chauffé avec de la vapeur dans un système d'échange de chaleur qui a besoin d'une grande quantité d'énergie pour faire bouillir l'eau (**Lapointe-Vignola, 2002**).

II.3.2.3. Séchage

Grâce au séchage, la production de lactosérum en poudre est devenue possible. Le séchage doit être réalisé en deux phases : dans la première phase, le lactosérum est évaporé jusqu'à une teneur en matière sèche comprise entre 58-62%, dans la deuxième phase, le concentré est transformé en poudre dans un séchoir à pulvérisation (**Tetra pack, 2003**).

II.3.3. Fractionnement des solides Totaux

II.3.3.1. Protéines

Les protéines du lactosérum sont et de loin, les protéines les plus adaptées à la nutrition des êtres humains (**Jouan, 2002**). Grâce à leurs propriétés fonctionnelles, elles jouent un grand nombre de rôles spécifiques dans la texture des préparations alimentaires. Il existe divers techniques d'extraction : le procédé le plus ancien est la thermo coagulation. Aussi semble-t-il qu'il est préférable de recourir aux procédés modernes qui sont l'ultrafiltration et les échanges d'ions (**FAO, 1995**), les procédés sont :

❖ Coagulation

Les protéines sériques coagulées à la chaleur sont en fait des composés hétérogènes contenant principalement des protéines, mais aussi des matières grasses, du lactose et des cendres. En outre, leur digestibilité est proche de 100%, elle est donc meilleure que celle des protéines sériques.

❖ Ultrafiltration

Les procédés d'ultracentrifugation permettent de pousser plus ou moins loin la séparation entre nutriments. On peut obtenir une matière sèche de concentration très variable (de 12 à 70%).

On cite comme procédé ;

L'ultrafiltration sur membrane : les membranes utilisées, en matériau polymère ou en céramique, réalisent en effet la séparation différentielle et la concentration sélective des seules protéines et ce, à basse température, avec une consommation énergétique très modérée. Les concentrés de protéines de lactosérum « CPL » obtenus ont un rapport N*6.38/Matière sèche variant entre 0.35 et 0.75 ; alors que les isolats de protéines « WPI » avec ce même rapport dépassent 0.90 (**Romain, 2002**).

❖ L'échange d'ions

C'est une purification des protéines sériques basée sur l'échange d'ions, les protéines majeures du lactosérum (β lactoglobuline et α lactoalbumine) étant chargées négativement à pH neutre se fixent sur des échangeurs anioniques et les protéines mineures (lactoferrine-immunoglobulines -lactoperoxidase) sont chargées positivement étant donné leur pHi élevé, elles sont exclues de la colonne dans laquelle se trouvent les résines. Lorsque la résine est

saturée, il est procédé à un rinçage suivi d'une élution des protéines en modifiant les conditions du solvant, ce procédé permet de préparer des isolats protéiques complément délactosés (**Romain, 2002**).

La figure 5 montre le procédé de traitement des protéines

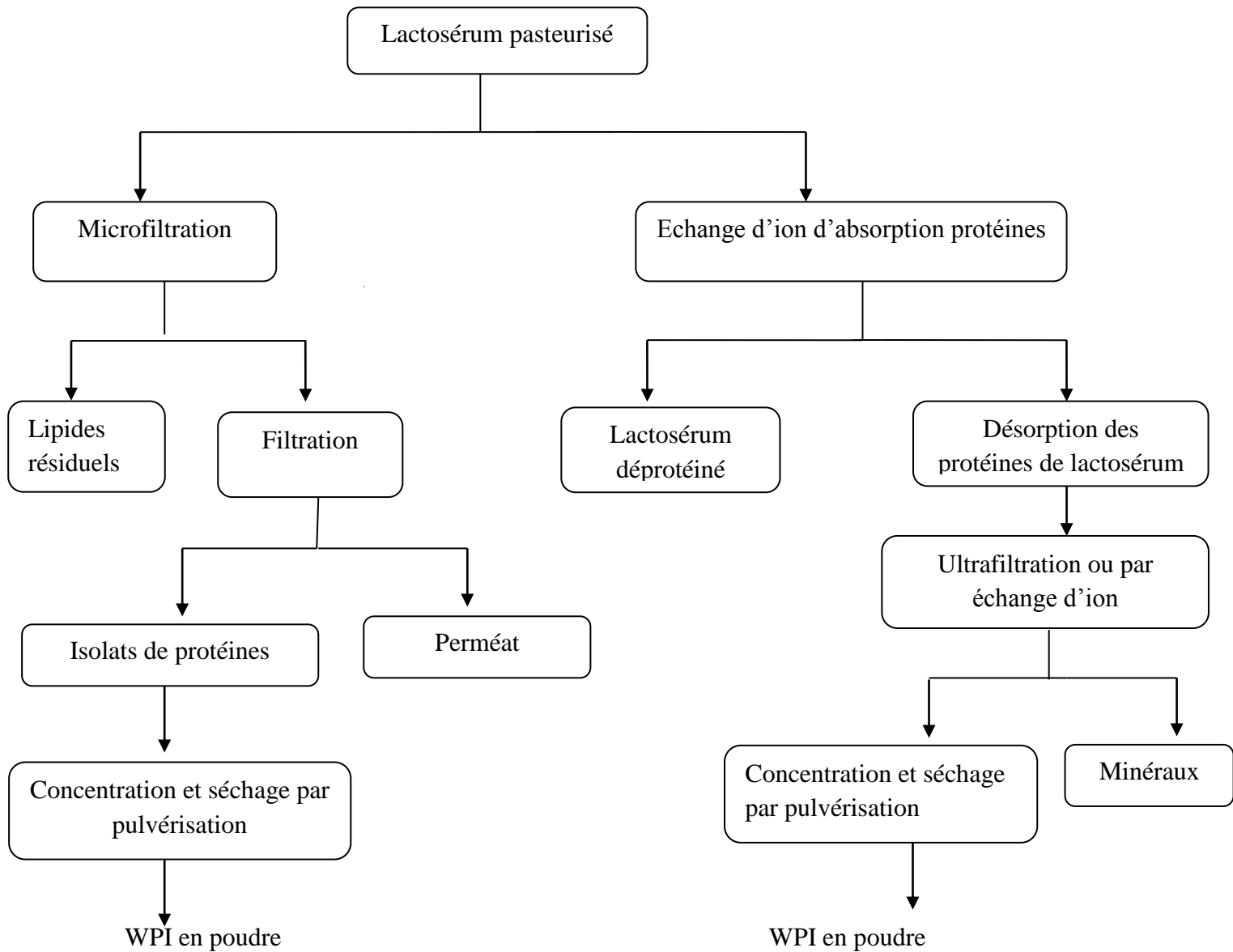


Figure 5 : Procédé de traitement des protéines (Romain,2002)

II. 3.3.2. Lactose

La fabrication du lactose se fait par évaporation du lactosérum, après élimination de la matière grasse, des protéines et des sels minéraux, puis par cristallisation du lactose, séparation et séchage des cristaux.

Il existe deux principaux types de lactose :

-Le lactose alimentaire à 99 % minimum de lactose.

-Le lactose pharmaceutique à 99.8 % minimum de lactose (FAO, 1995)

Le principal ingrédient du lactosérum est le lactose qui peut être fermenté et transformé en éthanol dans un processus créatif de recyclage des eaux usées (Unesco, 2017).

Le lactose possède des propriétés physiques et chimiques particulières ; qu'il convient de prendre en considération lors de la transformation du lait pour maîtriser entre autres les phénomènes de cristallisation ou de brunissement non enzymatique (Croguennec et al, 2008)

Généralement, le fractionnement du lactose est réalisé en trois étapes : la concentration, la cristallisation et la séparation de cristaux. Le procédé d'évaporation permet de concentrer le lactosérum entre 55 et 65% de solides totaux (Vuilleumard, 2015). Après évaporation, la cristallisation débute avec le refroidissement du sirop obtenu. Pendant la cristallisation, le lactose peut se cristalliser sous deux formes : le lactose α -monohydraté et le lactose β -anhydre. Si une solution de lactose est séchée très rapidement, les cristaux n'ont pas le temps de se former et le lactose sera obtenu sous forme vitreuse amorphe (Vuilleumard, 2015).

❖ Production du lactose hydrolysé

L'hydrolyse est généralement réalisée par voie enzymatique à l'aide de lactase. Elle se fait soit par l'enzyme libre, soit par l'enzyme immobilisée.

Après hydrolyse du lactose, son pouvoir sucrant devient environ quatre fois plus élevé (FAO, 1995).

❖ Production du lactose spray

Dans la production du lactose spray, les constituants non glucidiques du lait ou du lactosérum sont éliminés un à un jusqu'à obtenir une solution pure de lactose. Les protéines et la matière grasse sont éliminées par ultrafiltration. Le perméat contenant le lactose et les sels minéraux, est déminéralisé par électrodialyse ou échange d'ions. La solution du lactose obtenue est soumise à une concentration par évaporation suivie d'une cristallisation du lactose puis déshydratation par atomisation (Croguennec et al, 2008).

La figure 6 englobe les différents procédés de fabrication du lactose.

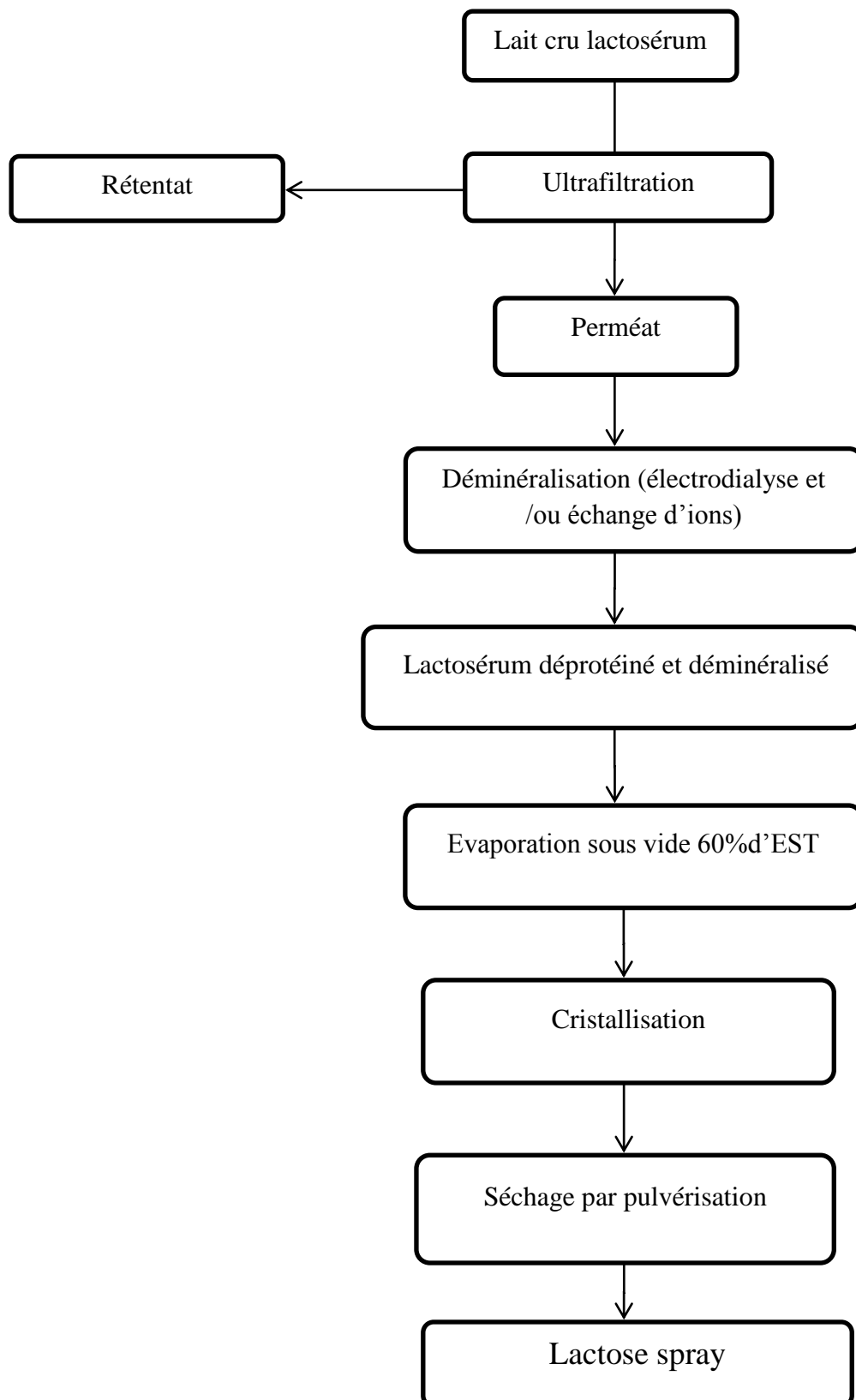


Figure 6: Schéma de fabrication du lactose à partir de perméat d'ultrafiltration (Sottiez, 1990)

II.3.3.3. Les Sels minéraux

Les sels minéraux constituent les éléments indésirables du sérum. En effet, il semblerait qu'une quantité relativement élevée constitue un obstacle à l'utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine et infantile. Mais il est utilisé pour la préparation de lactose pur et des protéines. Etant donné la teneur élevée en minéraux du lactosérum, sa déminéralisation est une étape essentielle pour la valorisation de ce sous-produit à des fins diététiques. Le procédé le plus ancien et le plus utilisé est l'échange d'ions, puis on l'électrodialyse a été utilisée et plus récemment la nano filtration.

❖ La déminéralisation

L'opération de déminéralisation consiste à retirer, à partir d'un lactosérum doux de très bonne qualité bactériologique contenant très peu d'acide lactique et de minéraux, une partie des ions métalliques et de l'acide lactique. Généralement, cette opération est effectuée par électrodialyse ou par échange d'ions. Il en résulte un produit contenant peu de minéraux et dont les propriétés organoleptiques ont été améliorées. De plus, une déminéralisation poussée suivie d'une acidification à PH 4.5 permet de se débarrasser de 99% des bactéries et de clarifier le produit en éliminant 90% des lipides résiduels. (**Vuillemard et al ; 1989**)

La déminéralisation permet d'augmenter la quantité de lactosérum pouvant être incorporée au pain et en fait un ingrédient particulièrement bien adapté pour la fabrication des produits secs (**De La Guérivière, 1981**)

II.3.4. Procédés biotechnologique de valorisation du lactosérum

La fermentation du lactosérum permet la conversion du lactose en différents composés tels que la production de biogaz, de biomasse, d'alcools, d'acide organique, d'acide aminés d'enzyme ou de lipide .Dans ce procédé, le lactose est la source de carbone ou nutriment principal pour les microorganismes à l'origine de la fermentation, la viabilité économique de ces procédés est liée à la valeur de fermentation disponibles. (**Lapointe–vignola, 2002**).

La fermentation faite généralement avec des bactéries lactiques mésophile est aussi avec thermophile. (**FAO ,1995**)

II.4. Domaines d'utilisation du lactosérum

Le lactosérum trouve son utilisation dans des domaines variés. Pour un souci de rentabilité économique, de développement durable et de diminution au maximum du risque de pollution provoquée par le lactosérum rejeté dans les eaux résiduaires. (Moletta, 2002).

En effet, ces matières renferment de nombreuses molécules valorisables notamment des protéines, minéraux, vitamines, bénéfiques à la santé humaine et animale. (Prazeres, Carvalho et al. 2012).

Un diagramme qui récapitule les domaines de l'utilisation du lactosérum, est donné par la figure 7.

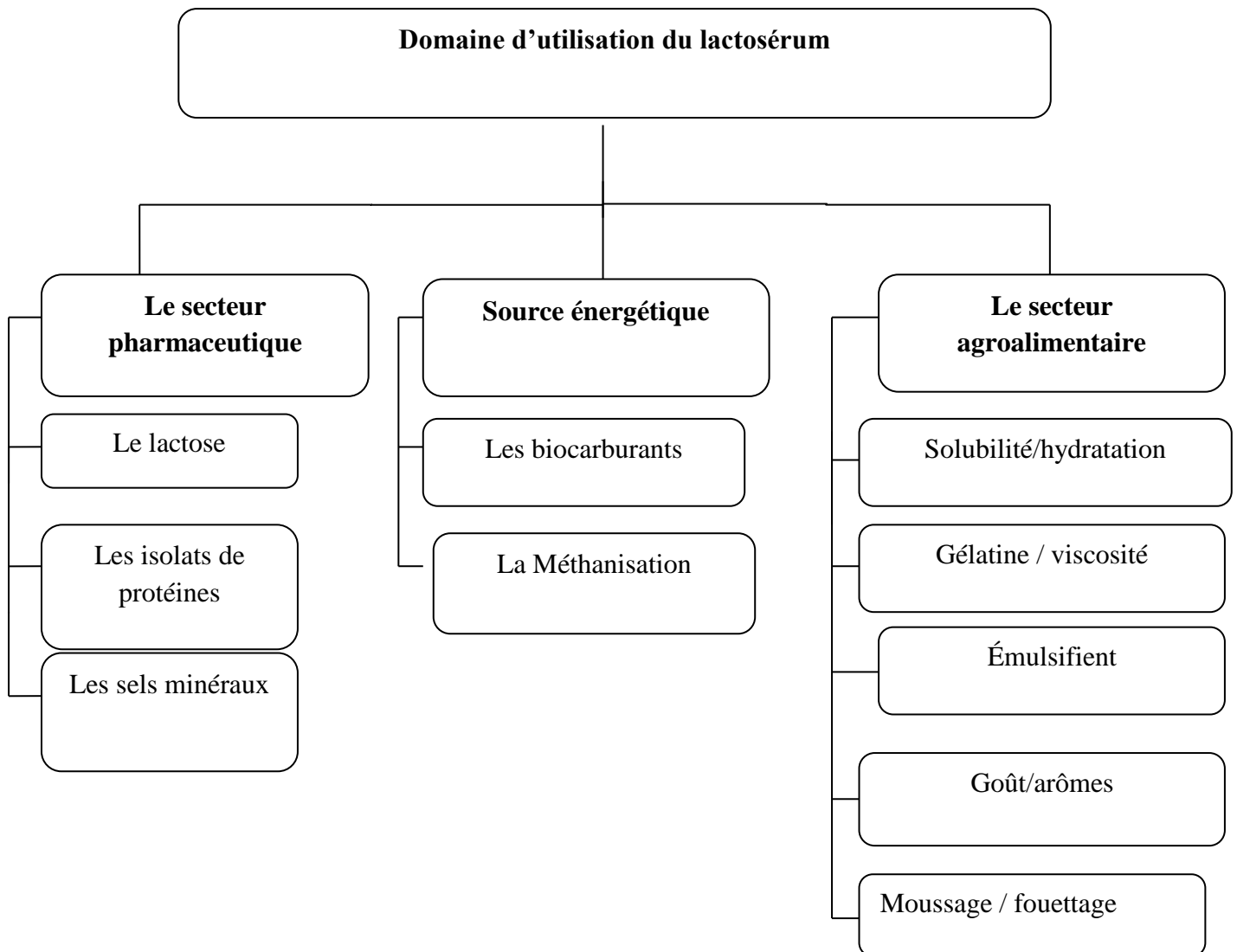


Figure 7 : Diagramme récapitulatif des domaines d'utilisation d lactosérum (Source originale)

II.4.1. Utilisation dans le secteur pharmaceutique :

L'utilisation du lactose en industrie pharmaceutique est assez large, car il ne réagit pas avec la plupart des corps pharmaceutiques et il a surtout des propriétés mécaniques intéressantes.

II.4.1.1 .Le lactose : peut être utilisé directement, sans transformation, en tant qu'excipient dans le domaine pharmaceutique et plus particulièrement dans celui de la pharmacie galénique (mise en forme médicamenteuse). Un excipient est un élément inerte qui donne une plus grande stabilité aux substances actives. Il a également des propriétés physiques qui confèrent leur forme, leur solubilité, leur dissolution correcte, ciblée aux comprimés (**Bardy et al, 2016**)

II.4.1.2.Les isolats de protéines : sont particulièrement riches en immunoglobulines qui jouent le rôle d'anticorps et ont pour effet de stimuler le système immunitaire, De manière générale, des essais ont montré que l'ingestion de quelques grammes d'isolat de lactosérum chaque jour chez des patients immuno-déficients avait des résultats positifs sur les fonctions immunitaires. (**Bardy et al, 2016.**)

II.4.1.3. Les sels minéraux dans le domaine pharmaceutique : ils interviennent notamment dans les contrôles du pH, de l'équilibre hydrique et participent à la catalyse de réactions lors du métabolisme de l'organisme. On les retrouve aussi comme constituants des os et des dents. Enfin, ils sont des composants majeurs des enzymes et des hormones (**Bardyetal, 2016**).

II.4.2. Utilisé comme source énergétique

II.4.2.1.Les biocarburants : Le lactosérum pourrait également être valorisé en biocarburant. En effet, certaines levures seraient capables de réaliser la transformation du lactose en éthanol par le biais de la fermentation. L'hydrolyse au préalable du lactose est nécessaire, ce qui donne du glucose et du galactose. L'avantage de ce procédé est la faible surface utilisée par rapport à une culture (colza...). En plus d'être bénéfique pour l'environnement, cette solution pourrait l'être aussi pour de nombreux acteurs, de la fromagerie aux distributeurs (**Bardy et al, 2016**).

II.4.2.2. La Méthanisation : La méthanisation est une digestion anaérobie (en absence d'oxygène) permettant la dégradation de la matière organique par l'intervention de

microorganismes. Cette dégradation produit deux résidus : le biogaz, constitué de 60% de méthane, de dioxyde de carbone et d'eau ; et le digeste composé de la matière organique non dégradée et de minéraux. La méthanisation du lactosérum est une alternative intéressante au procédé de traitements les plus utilisés. Elle permet de valoriser sa matière organique en énergie renouvelable, par la production de biogaz. Il est considéré que pour 1 m³ de lactosérum, 265 kW de biogaz peuvent être obtenus ou 100 kWh d'électricité et 100 kW de chaleur (Bardy et al, 2016).

II.5. Substrat de fermentation

Le lactosérum pourrait être un substrat de fermentation pour de nombreuses espèces microbiennes. Selon **Botfonja (1994)**, la croissance de certaines souches telles que *Streptococcus lactis* serait bonne sur le lactosérum seul, du fait de la richesse de celui-ci en lactose.

Le lactosérum est un bon milieu de culture permettant le développement des levures qui utilisent le lactose comme source de carbone (**Omar et Sabry, 1991**). Selon **Poget-Ramseier (1993)**, le lactosérum est un bon milieu de culture pour la production d'acide lactique par les bactéries lactiques. Etant donné que, la composition du lactosérum est déficiente en facteurs de croissance indispensables pour la multiplication de certaines bactéries, dans plusieurs études, il a été enrichi par ajout d'additifs tels que : l'extrait de levure, les bicarbonates de sodium. (**Yang et Silva, 1995**).

II.6. Dans le secteur agroalimentaire

Le lactosérum trouve son emploi dans diverses industries alimentaires, en confiserie et dans l'élaboration de préparations laitières, pauvres en matière grasse.

Sa valeur est, pour certaines applications, aussi élevée que celle du fromage. Outre son utilisation croissante dans les produits alimentaires, telle que l'alimentation pour enfants, il entre aussi dans les produits fonctionnels, comme les produits diététiques pour sportifs.

Le mode d'action du lactosérum à l'état liquide ou déshydraté dans l'industrie alimentaire et appliqué selon ses propriétés fonctionnelles dans la transformation des différents aliments et boissons (tableau 7).

Tableau 7 : Applications du lactosérum dans la transformation des aliments et boissons

Propriété fonctionnelle	Mode d'action	Produits alimentaires
Solubilité / hydratation	Les protéines fixent/ encapsulent l'eau	Boissons, pains, Gâteaux
Gélatine / viscosité	Formation et coagulation des matrices de protéines	Vinaigrettes, soupes, coagulation de fromages, produits de boulangerie, sauces.
Émulsifiant	Les protéines stabilisent les émulsions de matière grasse.	Soupes, gâteaux, vinaigrettes, aliments pour bébé, colorants à café.
Goût / arôme / brunissement	Le lactose subit une réaction de caramélisation.	Produits de confiserie, viandes cuites au four à micro-ondes, sauces, pains, produits de boulangerie, soupes, produits Laitiers.
Moussage / fouettage	Les protéines forment une pellicule stable.	Garnitures de crème fouettée, gâteaux mousseline, desserts.

(Chantal et Shana ,2002)

II.6.1.En boulangerie

D'après (BOUDIER et LUQUET, 1989).Le lactosérum doux connaît un emploi croissant dans les produits de boulangerie ; du fait de nombreux avantages qu'il présente :

Amélioration de la valeur nutritionnelle des produits due à l'apport d'acides aminées indispensables ; méthionine, Tryptophane et Lysine.

Amélioré les propriétés organoleptiques du pain.

II.6.2.En les boissons

L'utilisation du sérum pour l'obtention de boissons nutritives, à haute teneur en protéines, de digestion facile et rapide très agréable à boire.

Le lactosérum à également de nombreuses propriétés qui le rend apte d'une part, à la préparation des boissons aromatisées de façon que le mélange de lactosérum acide avec des jus de fruits donne une boisson d'une flaveur et un gout de fruit amplifié, d'autre part à la préparation de boissons aromatisées.

II.6.3. En fromagerie

Boudier et Luquet (1989) affirment que les protéines contenues dans le lactosérum sont d'une qualité nutritionnelle remarquable, puisqu'elles contiennent des acides aminés indispensables.

En effet l'incorporation de ces protéines aux fromages permet d'offrir au consommateur une gamme plus étendue de protides et d'acides aminés. Permettant ainsi:

- L'augmentation du rendement en extrait sec dégraissé ;
- l'augmentation du taux d'humidité des fromages grâce à l'albumine hydrophile, permettant ainsi de produire des fromages plus humides et possédant la même tenue qu'un fromage plus sec.

II.6.4. En confiserie

Le lactosérum a des utilisations importantes dans la fabrication de certains bonbons, peu remplace le lait car il se trouve être moins coûteux des produits laitiers utilisables en confiserie du fait de son importante teneur en eau et doit avoir un goût lacté sucré, ainsi qu'une perception saline modérée. (**Vrignaud, 1983**).

II.6.5. En l'industrie de deuxième transformation des céréales

Dans ce domaine, le lactosérum est utilisé sous forme de poudre pour la fabrication des biscuits, des gâteaux et de pâtisserie, du fait de ses propriétés fonctionnelles et nutritionnelles. Le lactosérum récupéré est généralement utilisé en nutrition humaine et animale, ainsi que dans d'autres secteurs.

La figure 8 représente les différentes débouchées d'utilisation du lactosérum.

Concentré	Poudre	Concentré
Confiserie	Panification, Biscuiterie Pâtisserie	Aliments composés

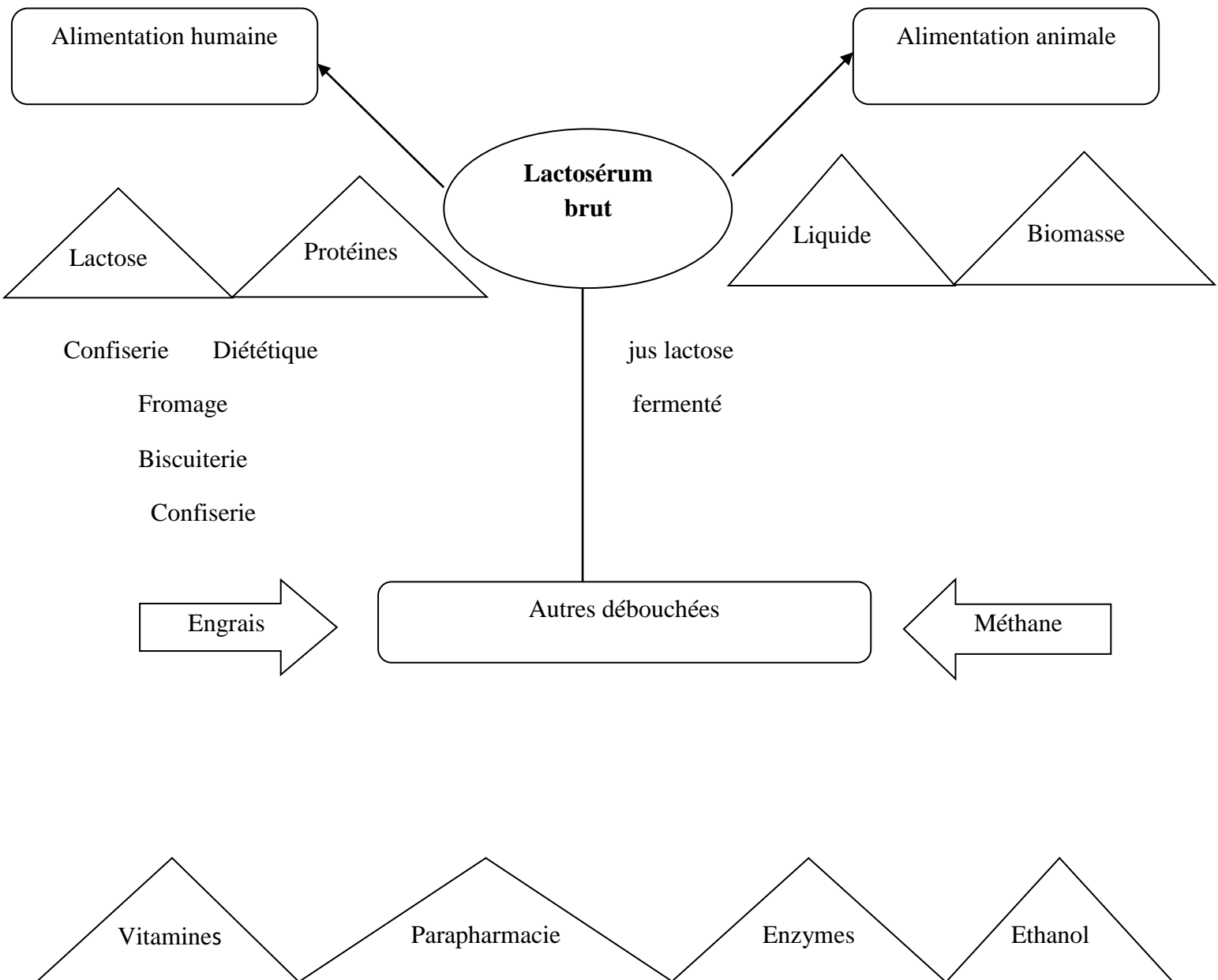


Figure 8 : Utilisation du lactosérum (Agnes ,1986)

➤ **En alimentation humaine**

La qualité nutritive du lactosérum tient à la fois de la présence du lactose et des protéines sériques et vitamines. La richesse en lactose en fait un auxiliaire actif dans le brunissement enzymatique apprécié en boulangerie, biscuiterie et viennoiserie (FAO,1995).

D'après Jouan (2002), après l'ingestion des protéines de lactosérum, l'apparition des acides aminés dans le sang est rapide, élever et transitoire. L'absorption intestinale des acides aminés est donc plus rapide après ingestion des protéines lactosériques. Ces différences pourraient être dues au fait que les protéines du lactosérum passent rapidement de l'estomac.

Le lactose est un sucre rare dans la nature, le galactose qu'il contient est un composant essentiel des cérébrosides formant des cellules cérébrales, ce qui explique son importance pour le nourrisson. Il convient aussi dans la fixation du calcium sur le squelette et joue un rôle préventif contre le rachitisme.

La dégradation du lactose en acide lactique acidifie le pH de l'intestin grêle, ce qui est bénéfique contre la prolifération de germe pathogènes

La présence de nombreuses vitamines améliore la valeur nutritionnelle du lactosérum de par leur caractère hydrosoluble.

Toutes les vitamines du groupe B_y sont présentes, en particulier la riboflavine (B₂) qui confrère au produit sa coloration jaune verdâtre.

➤ **En alimentation animale**

L'alimentation animale constitue la principale débouchée du lactosérum, il est destiné à l'élevage industriel des porcs ou bien, il est incorporé dans la ration alimentaire des vaches laitières. Il peut également être ajouté aux aliments d'allaitement pour veaux.

La valeur nutritionnelle d'hydrolysat de lactosérum est de formule à prédominance similaire du lactosérum chez des animaux, où la rétention du calcium d'un hydrolysat de lactosérum et de caséines a été testée. La prise de poids est plus importante en utilisant un d'hydrolysat de lactosérum qu'en utilisant un hydrolysat de caséines (19.4g/jour contre 9.8g/jour), de plus, un rattrapage satisfaisant en matière de croissance a été remarqué (Koen et Chris, 1999).



Chapitre III

Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit



Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

III.1.Historique

Bien que la fabrication industrielle des biscuits n'ait commencé qu'au XIX^{ème} siècle. Les gâteaux et les biscuits étaient déjà connus depuis près de 10000 ans. Une « bouillie » de céréales fut cuite au four et devient la première nourriture conservée. La cuisson au four se généralise au moyen âge et différentes graisses, sucres, et sels sont mélangés à des céréales ce qui est devenu avec le temps, l'origine des différents biscuits et gâteaux.

Jusqu'au XVIII^{ème} siècle, les gâteaux et biscuits étaient une friandise et privilège des classes supérieures de la noblesse et de la bourgeoisie. Au XIX^{ème} siècle, la production des biscuits est mécanisée, la première manufacture industrielle de biscuits est celle de Carra Carlisle en Grande Bretagne.

Vers 1860 : l'Angleterre exportait ses biscuits vers toutes ses colonies, aussi bien que vers tous vers tous les pays où l'on buvait du thé. Après la seconde guerre mondiale, les petites entreprises se concentrèrent et la production de biscuits était le fait un petit nombre d'entreprises indépendantes et de grandes multinationales de l'agroalimentaire (**Londeix, 2012**).

III.2.Définition du biscuit

L'art du boulanger associé à l'ingénierie alimentaire et à la fabrication de produits d'emballage permettent la production commerciale d'un aliment à base de céréales," le biscuit".

Le mot biscuit est un mot composé "Bis-Cuit" qui signifie subir une double cuisson. Le biscuit étant en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans des compartiments au-dessus du four ou dans une étuve pour terminer l'évaporation de son humidité (**Kiger et al, 1992**).

Par définition, le biscuit est un aliment à base de farines alimentaires, de matière sucrante, de matière grasse, et de tous autres produits alimentaires, parfums et condiments autorisés, susceptibles, après cuisson de conserver ses qualités organoleptiques et commerciales pendant une durée supérieure à un mois, et pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche), ou pendant un temps limité en fonction d'un débit régulier assez rapide (pâtisserie industrielle) » .

III.3. Classification des biscuits

Les biscuits existent sous une très grande variété de composition et de formes : secs, sucrés, fermentés, moelleux, fourrée...on connaît des certaines de produits différents. Leur fabrication industrielle a pris naissance en Angleterre au début du XX siècle, on en distingue plusieurs produits (Feillet, 2000).

Les biscuits sont classés selon la norme codex 192-1995, relative aux additifs alimentaires dans la catégorie de produits de boulangerie fine. Comme le montre cet extrait de ladite norme (Norme générale du Codex pour les additifs alimentaires, Codex Stan 192-1995).

Ils peuvent aussi être classés en quatre catégories, selon : leur matière première utilisé, leur fabrication, leur forme et leur valeur nutritionnelle.

Dans la fabrication des biscuits, les principaux ingrédients sont, la farine, le sucre, la matière grasse et l'eau. Une variété de forme et de texture peut être produite changeant les proportions de la farine, de sucre et de la matière grasse (figure 9) (Maache-rezzoug et al, 1998).

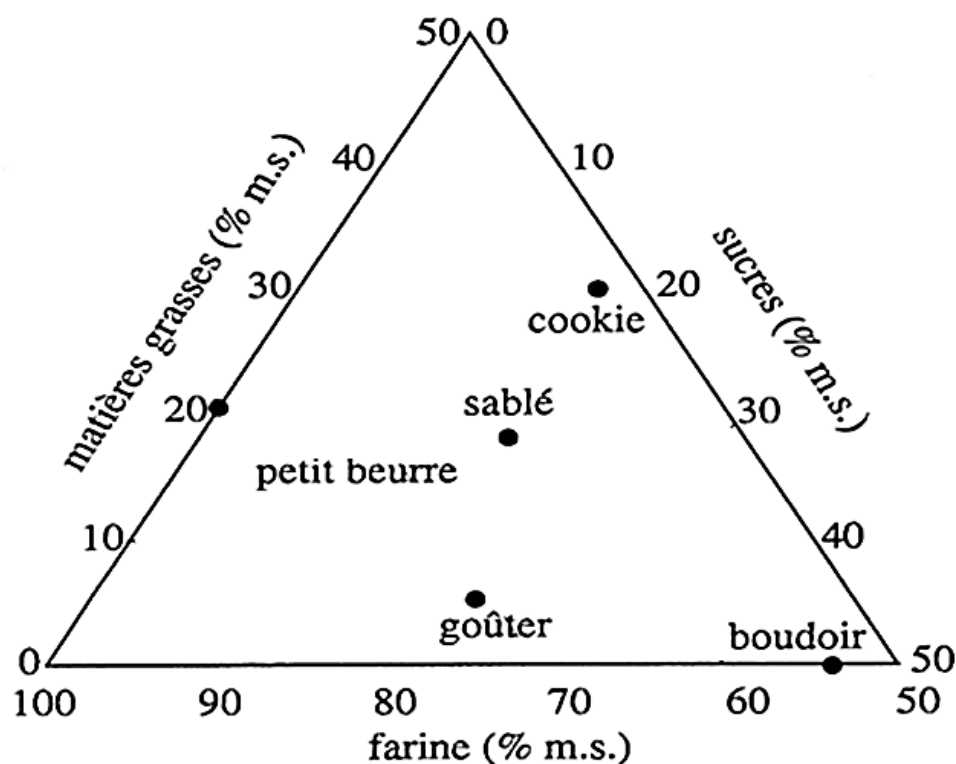


Figure 9 : Différents types de biscuits en fonction de la teneur en farine, en matières grasses et en sucres (Fustier, 2006).

III.3.1. Suivant leur fabrication

D'après **Germain et Bourdeau** 1992. Les procédés de fabrication, les biscuits sont classés en trois principaux groupes :

III.3.1.1 Pâtes dures et semi dures type « sablé et petit beurre ». Ces biscuits contiennent un faible pourcentage en matière grasse et en sucre, c'est une fabrication sans œufs qui représente environ 60% de la consommation de biscuits.

III.3.1.2. Pâtes molles type « génoise, boudoir et langue de chat ». La particularité de ces biscuits est leur richesse en œufs et en matière grasse. Ils représentent environ 25% de la consommation.

Ces biscuits comprennent aussi les gaufrettes qui ont une forte teneur en lait ou en eau et contiennent peu de matière grasse.

III.3.2. Suivant la méthode de coupe et la mise en forme

Les pâtes dans ce cas sont caractérisées ou bien déterminées selon la méthode de coupe employée.

Les pâtes qui peuvent être coupées selon une grande variété de méthodes, chacune pouvant donner non seulement une apparence différente, mais aussi une structure différente aux biscuits.

Les différentes méthodes des coupes caractérisant les biscuits sont les suivantes :

- Découpeuse (pâte dure).
- Coupe par presse.
- Coupe au fil.
- Root-press.

Par ailleurs, il existe d'autres classifications concernant les gaufrettes et d'autres biscuits de même forme.

III.3.3. Suivant la valeur nutritionnelle

Selon leur valeur nutritionnelle, les biscuits se classent en plusieurs catégories (**Feillet, 2000**):

- Les biscuits riches en glucides complexes (biscuits secs) ;
- Les biscuits riches en glucides simples (génoises confitures, biscuits aux œufs) ;

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

- Les biscuits riches en lipides (cookies, biscuits sablés, biscuits chocolatés).
- Biscuits riches en calories, ce sont des biscuits contenant un pourcentage élevé en matière grasse et en sucre mais, il faut noter que la quantité en matière grasse est supérieure à celle de sucre

III.4. Etude des matières premières

La fabrication des biscuits demande plusieurs ingrédients, certains d'entre eux sont principaux et d'autres sont facultatifs.

Les principaux ingrédients sont : la farine, la matière grasse, les œufs, les sucres, le sirop de glucose, le lait pasteurisé, les agents levants, le sel. Par contre les ingrédients facultatifs, sont : les additifs alimentaires et les arômes, ainsi que les produits annexes.

Une variété de formes et de textures, peut être produite en changeant les proportions de ces ingrédients (**Maache-Rezzoug et al., 1998 ; Chevallier et al., 1999 ; Feillet, 2000**).

III.5. Farine destinée à la fabrication de biscuit

III.5.1. Définition de la farine

Farine du latin farina, poudre provenant de la mouture des grains de céréales et de certaines légumineuses.

Les farines sont le produit de mouture des céréales (blé, riz, seigle, maïs, sarrasin (blé noir)), c'est aussi le produit de la mouture des légumineuses tels que : pois, lentille, fève et pois chiches, c'est aussi le résultat du broyage des graines oléagineuses : moutarde.

Les divers congrès internationaux pour la répression de fraudes ont donné la définition suivante :

« La dénomination de farine sans autre terme qualitatif désigne exclusivement le produit de la mouture de l'amande du grain de blé nettoyé et industriellement pur. Les produits de la mouture des autres graines, céréales, légumineuses, nettoyés et industriellement purs, seront désignés par le mot farine suivi du qualitatif indiquant l'espèce de graines de céréales ou légumineuses entrant dans la composition soit à l'état isolé, soit à l'état de mélange » (**Godon et Willm, 1998**).

Les farines biscuitières ou pâtisseries se caractérisent par leur pauvreté en protéines à gluten faible de ténacité, elles sont destinées à la fabrication de biscuits secs et de génoises

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

(Le Blanc, 2008). Le biscuitier a toujours beaucoup de mal à préciser les caractéristiques des farines qui lui sont nécessaires. Il pense qu'aucun des critères permettent d'étudier la farine n'est vraiment déterminant pour une bonne aptitude biscuitière, si bien que les spécifications, pour les farines destinées à la biscuiterie, ne sont pas toujours très bien fixés, et en tout cas sont extrêmement variables d'un produit à l'autre et d'un fabricant à l'autre.

Pour éviter les bris mécaniques, la biscuiterie emploie une farine aux particules fines. La farine à biscuits n'est pas traitée au chlore à l'état gazeux et aucun traitement ne doit être fait pour renforcer le grain de blé, en modifiant les conditions de l'opération du conditionnement ou en ajoutant des agents améliorants à la farine.

Si la farine est trop forte, l'élasticité du gluten provoque un rétrécissement de la pâte dans la machine à découper et au four, avec l'inconvénient de produire des biscuits petits et épais. En revanche, la pâte façonnée à la machine doit résister à un certain degré de brisure et doit pouvoir s'étendre en couches minces sans se rétrécir ni se casser ou craqueler à la surface (Armand et al ; 1992).

III.5.2. Composition de la farine

La farine de blé tendre se compose principalement de l'amidon représente 60 à 70 % A l'état naturel, dans l'amande du grain de blé, les sucre et la matière grasse représente 1à2% mais son rôle est très important, la teneur en vitamine dans la farine varier selon le type de farine. Les enzymes, les matières minérales sont présentes en petites quantités dans la farine les plus courantes. La composition globale en nutriments de la farine est représentée par la figure 9.

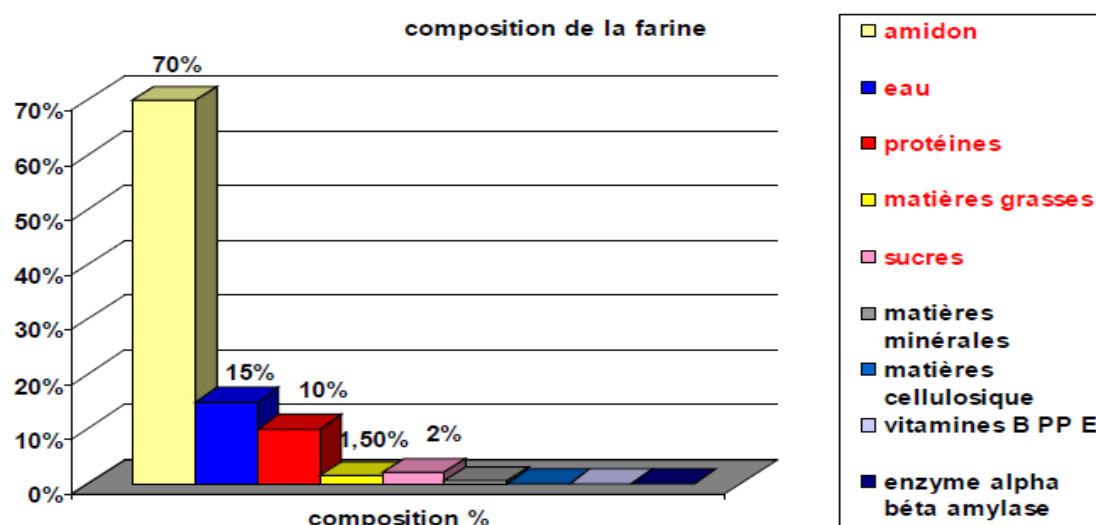


Figure 10 : Composition de la farine (Anonyme, 1999).

III.5.3. Facteurs essentiels de qualité de la farine

Pour adapter aux mieux les qualités de la farine à ses besoins, l'utilisateur peut se référer à plusieurs normes analytiques. Ainsi :

a-La couleur : varie avec l'espèce et le taux d'extraction du pourcentage en masse des graines transformées en farine.

b-L'odeur : Elle est modifiée par la présence de son (farine à taux d'extraction élevé) ; elle est rance ; acide ou acre pour les farines altérées.

c- La saveur : Les farines céréalières ont une saveur caractéristique qui est modifiée par l'altération ou l'addition de particules étrangères issues de graines différentes de celles de base. Les farines ne doivent pas crisser sous la dent (sable).

Les caractéristiques physico-chimiques recommandées pour la farine destinée à la biscuiterie sont mentionnées dans le tableau 8.

Tableau 8 : Critères physico-chimiques de la farine biscuitière

Critères de qualité	Norme recommandée
Taux d'humidité (%)	13.5-14.5
Taux de cendres(%MS)	0.62 à 0.70
Gluten sec(%)	5.00 à7.00
Gluten humide(%)	20 à 24
Acidité(%MS)	0.05

(Anonyme 1,2003)

%MS : Pourcentage par rapport à la matière sèche (farine-eau)

III.6. Incorporation de la poudre de lactosérum dans la farine destinée à la biscuiterie

Le lactosérum résultant de la fabrication fromagère contient environ 20% de protéines laitières totales. La poudre de lactosérum est obtenue par élimination partielle de l'eau puis par déshydratation par atomisation en tour de séchage, avec une proportion plus ou moins grande de protéines non dénaturées.

Les protéines des poudres de lactosérum high-heat sont hautement dénaturées et relativement insolubles et sont utilisées dans des aliments où la solubilité est indésirable ou non nécessaire (Produits de boulangerie, pâtes, céréales de petit-déjeuner, etc).

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

Les poudres contiennent des protéines très solubles et sont utilisées dans les produits alimentaires où la saveur, la couleur, la stabilité physique et la solubilité sont requises.

Vuillemard et al, (1989) rapportent que le lactosérum doux présente un certain intérêt pour les produits de cuisson céréaliers et pour la composition en acides aminés des protéines végétales. De plus, le lactosérum doux améliore la valeur nutritionnelle et organoleptique des produits (**laGuérivière,1981**). Dans certains cas, l'effet du ramollissement de la pâte constitue une influence positive plutôt que négative dans le processus de fabrication, en affermissant la mie et en améliorant la résistance mécanique, lorsque de la poudre de lactosérum est ajoutée dans les petits pains (3-6%), les biscuits (2-20%) et les pâtes à tarte (2-10%).

Selon **laGueriviere (1981)**, la qualité des biscuits obtenus à partir de pâtes additionnés de lactosérum est améliorée par rapport aux gâteaux ne contenant pas de matière sèche du lait, leur volume, leur texture moelleuse, leur arôme, leur brunissement et leur qualité de conservation sont améliorés comparativement aux gâteaux contenant de la poudre de lait écrémé. Des gâteaux contenant 10% de lactosérum doux et 2.5% de lait écrémé seraient plus moelleux que les gâteaux contenant 12.5% de poudre de lait écrémé.

Le tableau 9 indique quelque taux d'utilisation de lactosérum dans différents types de biscuits.

Tableau 9 : Taux d'utilisation du lactosérum dans les formulations pour biscuits

Types d'articles	Poids de lactosérum pour 100kg de farine
Biscuits secs (crakers)	1 à 2 kg 500
Feuilletage (shester cookies)	2 à 3 kg 250
Biscuits ronds (rotary cookies)	2 à 3 kg 250
Biscuits (Bar-press cookies)	3 à 6 kg 600
Biscuits découpés (Wire-cut cookies)	3 à 7 kg 600

(**laGueriviere, 1981**)

Différentes formes d'utilisations du lactosérum doux sont appliquées, on cite :

- L'incorporation de 3 à 8 % par rapport à la matière sèche ;
- L'ajout du lactosérum concentré à raison de 40 % de matière dans les biscuits aromatisés,

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

• Dans des mixes pour gâteaux, on utilise du lactosérum partiellement déminéralisé à teneur réduite en lactose à des taux 0.3 % et 3.0 %, par rapport au poids en combinaison avec 1% d'amidon modifié.

III.7.Composition et amélioration de la farine par incorporation de la poudre de lactosérum

III.7.1. Protéines

Pour une farine biscuitière, la teneur en protéines doit être comprise entre 7.5 et 10%. Le taux doit être maintenu en dessous de 11%, car lorsque la farine est trop dure, l'élasticité élevée de la pâte la fera rétrécir dans la machine et au four, ce qui n'est pas propice à la réalisation de petit biscuit épais. De plus, l'augmentation de la teneur en protéines favorise la structuration du réseau visqueux trop construit qui empêchera l'émission de gaz. En conséquence, dans le cas d'une teneur élevée en matière grasses et en sucre (40%de sucres et 10 à 25% de matière grasse) pour la préparation de biscuits fins et compacts, l'utilisation de farine forte qui coupera le corps. D'après **Jovanovic et al (2005)**. Les caractéristiques des protéines de lactosérum natives (globulines et lactalbumine), sont reliées à leur structure et à leurs fonctions biologiques possédant des propriétés produits finis fonctionnelles qui sont principalement dues à des caractéristiques physiques, chimiques et structurales, en relation avec leur solubilité et leur caractère hydratant et émulsifiant.

III.7.2. La matière grasse

Dans la biscuiterie, les graisses utilisées sont généralement d'origine végétale : l'huile de coprah, huile de colza, les margarines et les huiles de palme (**Feillet, 2000**). Les graisses d'origine animale sont également utilisées.

La matière grasse récupérée à partir du lactosérum, peut être utilisée dans la fabrication d'un beurre de second choix (beurre de lactosérum).

Les matières grasses présentent une importance dans:

- La plasticité de la pâte, ce qui se traduit par une diminution de sa consistance ;
- La contribution structurale ;
- Elles contribuent à donner une saveur particulière aux biscuits et influent sur leur coloration ;
- Incorporation et stabilisation d'air ;
- Transfert de chaleur ;
- Qualités organoleptiques et nutritionnelles ;

III.7.3. Le sucre

Le sucre constitue le troisième élément important dans la fabrication des biscuits.

Cela représente 15 à 25% des recettes de biscuits secs et plus de 25% dans la pâtisserie industrielle. Le saccharose ajouté à l'état cristallin est le plus largement utilisé. En plus sa capacité sucrée, aide à aromatiser le milieu, et à améliorer la texture du biscuit. Le sucre ramollit la pâte, ce qui exerce un effet significatif sur le comportement de la pâte (**Feillet, 2000**). Ceci est en partie dû à la concurrence entre le sucre supplémentaire et la farine qui dépasse la disponibilité d'eau dans le système.

Le sucre peut affecter les propriétés mécaniques des biscuits. La matière sucrante aide aussi à retarder le rancissement de la matière grasse et la multiplication microbienne dans les biscuits.

La haute teneur en matière sucrante d'un biscuit favorise une pression osmotique élevée et diminue l'activité de l'eau, ce qui prolonge la durée de conservation.

La matière sucrante est utilisée pour son effet sur la saveur du produit, la saveur sera plus ou moins prononcée selon le pouvoir sucrant

Les sucres les plus utilisées en biscuiterie sont : la mélasse, les sirops de maïs et du fructose, le sucre invertis et le glucose, le sucre raffiné (saccharose).

Après la cuisson, le saccharose agit comme un durcisseur en cristallisant les biscuits après refroidissement, rendant ainsi le produit cassant. L'augmentation de la concentration en sucre dans la formulation établira des liaisons plus fortes entre les particules après la cristallisation ce qui donnera des biscuits plus durs et dimensionnellement stables avec une force granulaire (**Menard et al, 1992**)

La richesse du lactosérum en lactose en fait un auxiliaire dans le brunissement non enzymatique à la réaction du Maillard, quand il est associé aux protéines du sérum, permettant ainsi de conserver leur fraîcheur et leur humidité, il constitue en fait un très bon support d'arôme et d'absorbeur de pigments (**Luquet, 1990**).

III.7.4. L'eau

L'eau est un ingrédient essentiel dans la formation de la pâte. Elle a un rôle complexe, en déterminant l'état de conformation des bios polymères. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et des hydrates de carbone et pour le développement d'un réseau de gluten. Elle affecte la nature des interactions entre les divers constituants de la formule et contribue à la structuration de la pâte. Elle est également

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

un facteur essentiel dans le comportement rhéologique de la pâte. L'ajout d'eau à la formule réduit la viscosité et l'élasticité de la pâte et augmente l'extensibilité (**Yahmi et Tighrghar, 2017**).

L'incorporation du lactosérum à la farine de biscuit est mesurable selon la quantité d'eau ajoutée dans certaines recettes, car ce dernier possède une forte teneur en eau (**Yahmi et Tighrghar, 2017**).

L'augmentation de la quantité d'eau, produit également une réduction de la consistance, une augmentation de la fluidité et de l'adhérence de la pâte. En revanche, si la proportion d'eau est trop basse, la pâte devient fragile et montre une formation de croûte due à la déshydratation rapide à l'extérieur.

Ainsi, en fonction de leur teneur en eau, les pâtes biscuitière et de pâtisserie peuvent être classées comme suit :

- Pâtes dures laminées, découpées et moulées, qui ont une teneur en eau faible (16-20%) et l'amidon est peu gélifié après cuisson ;
- Pâtes molles aérées ou non, qui ont une teneur en eau de 24 à 38%. L'amidon est presque totalement gélifié après cuisson ;
- Pâtes liquides, qui ont une teneur en eau qui peut atteindre jusqu'à 65% et l'amidon est complètement gélifié après cuisson (**Maache-Rezzougetal , 1998**).

III.7.5. Le sel

Selon **Boudier et Luquet(1989)**.La composition minérale des lactosérums est différente selon leur type. Elle est à reliée aux valeurs de pH. Dans le lactosérum, les matières minérales se trouvent sous forme de sels : chlorure de sodium (Na Cl), sulfates, citrates, bicarbonates. Son incorporation, va ainsi enrichir le biscuit en minéraux.

Le chlorure de sodium est identique à celui utilisé en cuisson ; il est soluble dans presque tous les liquides, et il joue un rôle gustatif qui permettra la stabilité de la saveur ainsi qu'un rôle technologique et mécanique qui permettra d'après **Tifraout et Ouhal(2016)** :

- D'améliorer la plasticité de la pâte ;
- D'améliorer la maniabilité ;
- De masquer le goût acide des agents chimiques de levée ou atténuer le pouvoir sucrant de la matière édulcorante.

III.7.6. Les substances levant

C'est un groupe constitué essentiellement de sels inorganique. Dans les matières levant, on trouve: le bicarbonate de sodium, le bicarbonate d'ammonium et les pyrophosphates. Le rôle de levures chimiques utilisées dans cette branche industrielle est :

- De faire lever les pâtes et conférer par les réactions donnantes du gaz carboniques une texture sans intervention des micro-organismes.
- De varier leur pH (plus il sera élevé, plus la couleur du produit fini sera foncée) et leur donner une belle couleur après cuisson.
- De donner une structure alvéolaire plus ou moins développée selon la formule de la pâte et la nature de l'agent levant utilisé (**Van Cottom,2018**).

III.7.7.La lécithine

La lécithine s'emploie à des dose très faibles,selon laquantité de graisse de la formul. C'est un phospholipide rencontré dans de nombreux tissus animaux et végétaux, notamment dans le jaune d'œuf et le soja, elle est parmi les émulsifiants les plus utilisés entechnologie alimentaire dans la fabrication des biscuits ;l'utilisation de la lécithine a pour rôle :

- De réduire la tension superficielle et de faciliter les émulsions ;
- D'améliorer la coloration;
- De réduire le taux de matière grasse utilisée ;
- De faciliter l'incorporation du sucre, au beurre de caco.

La récupération des protéines de lactosérum leur permet d'être utilisées comme agents épaississant sou émulsifiants en raison de leur capacité à stabiliser les émulsions de matières grasse ajoutée aux biscuits.

III.7.8. Les œufs

Les œufs interviennent comme liant ; ils fournissent aux biscuits, de la flaveur ou de la saveur, de la couleur et des protéines. L'air incorporé dans les œufs battus allège la pâte. Ils apportent de la légèreté et un pouvoir « moussant » aux recettes, comme pour les boudoirs, les madeleines, les meringues et les génoises. Prenant couleur à la cuisson, ils permettent aussi de donner du doré aux biscuits.

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

Les protéines de lactosérum forment une pellicule stable. Cette dernière permet de former une mousse qui a une propriété attrayante importante pour de nombreux produits alimentaires tels que les gâteaux et les garnitures. La réduction ou l'élimination de la quantité d'œufs ajoutée est proportionnelle au pourcentage d'incorporation du lactosérum à la farine de biscuit.

Une composition en acides aminés du sérum comparée à celle de l'œuf est donnée dans le tableau 10.

Tableau 10 : Composition du sérum en acides aminés, comparée à celle de l'œuf (en g/16g d'azote)

Acides aminés	Lactosérum	Œuf
Thréonine	6.20	4.90
Valine	6.00	5.20
Isoleucine	5.90	8.50
Leucine	9.50	8.50
Phénylalanine	3.60	5.20
Méthionine	2.00	3.40
Cystéine	2.85	2.80
Lysine	9.00	6.2
Histidine	1.80	2.60
Tryptophane	1.50	1.60

(Linden et Lorient, 1994).

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

III.7.9. Les arômes

L'arôme est un ensemble de constituants d'aliments susceptibles de créer chez le consommateur une sensation d'odeur et éventuellement du goût.

Ils contribuent à rendre le produit agréable au palais, ce qui dépend essentiellement de la présence de produits laitiers ou de la matière édulcorante (**Germain, 1992**).

Le lactose hydrolysé (sirop de galactose- glucose) à partir du lactosérum possède un plus grand pouvoir édulcorant que le lactose, en plus d'une solubilité meilleure, ce qui de nouvelles voies d'utilisations dans une très grande variété d'aliments sucrés à base de céréales.

Différents types d'arômes sont ajoutés aux pâtes biscuitière selon la nature de leur matière. Parmi ces arômes, on cite :

➤ Les arômes naturels

Qui sont des substances d'origine végétale, obtenues par simple procédé physique d'extraction.

La saveur la plus populaire demeure la vanille qui est trop demandée sur le marché international. Il existe d'autres arômes, dont les saveurs de fruits « noix de coco, citron, orange, fraise ...etc » (**Germain,1992**).

➤ Les arômes artificiels

Ce sont toutes les autres substances aromatiques de synthèse, ayant notamment fait intervenir des processus chimiques sous la forme liquide, poudre ou en émulsion, telles que l'acétate d'isomyle. Les biscuiteries préfèrent utiliser ce type d'arôme, grâce à leur facteur actif qui est plus près aux arômes naturels et particulièrement pour son pouvoir économique qui est moins cher que les arômes naturels (**Germain, 1992**).

L'utilisation du beurre et de la poudre de lactosérum en tant qu'ingrédients dans la formule des biscuits remplissent amplement la fonction des aromatisants.

III.7.10. Le lait

Le lait est un élément hautement nutritif et physiologiquement équilibré. Les produits laitiers utilisés en biscuiterie sont très divers, on distingue : le lait en poudre, le lait entier, le lait écrémé et le lactosérum.

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

Le lait peut remplacer l'eau dans certaines recettes de biscuits. Il mouille la pâte, améliore la structure et la texture, stimule la saveur, accélère leur cuisson, et leur donne une couleur marquée après cuisson et apporte des protéines.

La poudre de lactosérum remplace le lait dans certaines recettes de biscuits, car il possède les mêmes propriétés fonctionnelles du lait. Le lactosérum participe aussi à la coloration de la croûte par la réaction de Maillard grâce à sa forte teneur en lactose (**Mezian, 2011**).

III.8. Critères de qualité des biscuits

III.8.1. Qualité technologique

Lors de la fabrication des biscuits, plusieurs données sont relevées afin de s'assurer de la bonne qualité du produit fini. Il s'agit de satisfaire des contraintes dimensionnelles.

Plusieurs facteurs interviennent dans la détermination de la qualité des biscuits : la quantité d'eau utilisée dans la pâte, la durée du malaxage, la température de la pâte, la couleur, le goût et la texture de la pâte, le poids des pâtons, la température et la durée de cuisson (**Tharrault, 1997**).

Ainsi, lorsqu'une contrainte mécanique est appliquée selon une direction donnée, une déformation instantanée et irréversible peut provoquer une rupture partielle ou totale de l'échantillon. Plusieurs méthodes et types de sollicitations mécaniques ont été employés. La pénétration conique est l'une des méthodes mécaniques mettant en place une compression renouvelée, couplée éventuellement à un cisaillement, qui permet d'enregistrer des courbes force déplacement, à partir desquelles des paramètres de texture ont été calculés par détermination du nombre et de l'amplitude des pics (**Maache-Rezzoug et al., 1998, Tharrault, 1997**).

III.8.2. Qualité hygiénique

C'est la non toxicité de l'aliment, la qualité hygiénique est une exigence de sécurité, en principe absolue, l'aliment ne doit comporter aucun élément toxique, microorganismes pathogènes, résidus de pesticides, toxines naturelles Etc. Il existe des doses dangereuses pour le consommateur.

La qualité hygiénique des biscuits est liée à celle de la matière première et la mise en œuvre des ingrédients entrant dans la composition de la pâte, notamment la qualité microbiologique des œufs et des poudres de lactosérum et de lait car ils représentent un milieu de développement favorable pour plusieurs espèces de micro-organismes pathogènes tels que

Chapitre III : Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

les Salmonelles dont la norme exige l'absence totale de ces germes. Et d'une part liée à l'emballage du produit du point de vue nature du paquet d'emballage et procédé de fermeture du paquet. Ces deux facteurs jouent un rôle important dans la protection et la conservation des biscuits.

III.8.3. Qualité organoleptique

C'est un critère important d'appréciation de la qualité des biscuits. En effet, le consommateur est attiré par les différentes propriétés composant cette qualité. Il s'agit de : l'aspect et la couleur, la forme la saveur, l'arôme, et la texture.

D'après **Vierling, (2003)**, la poudre de lactosérum, ajoutée à la farine de biscuits donne un goût et une odeur spécifique due à la présence des protéines sériques et des matières grasses dans lactosérum.

III.9. Apports nutritionnels des biscuits

La qualité nutritionnelle d'un aliment est déterminée par la quantité et la qualité des nutriments (glucides, lipides, protéines ...etc.) nécessaires au bon fonctionnement vital de l'organisme.

Bien entendu, les biscuits ne sont pas à la base des aliments de régime, vu leur composition qui les rendent des mets de plaisir, mais on peut trouver des biscuits qui sont riches en protéine, en calories et en glucides en raison de l'ajout des éléments nutritifs. La contribution des biscuits aux apports en lipides et glucides est remarquable (tableau 11)

Tableau 11 : Contribution des biscuits aux apports nutritionnels

Apport nutritionnel	Glucides complexe	Glucides simple	Fibres	Lipides	Energies
Adulte	1,7%	2,9%	0,2%	2,1%	1,8%
Enfant	3,9%	4,5%	2,5%	4,7%	3,6%

(Ait Ameer, 2006)

L'incorporation du lactosérum dans la farine de biscuits, va enrichir ce dernier en nutriments, ce qui augmentera sa valeur nutritionnelle. En effet, la qualité nutritive de ce liquide biologique tient à la fois d'une forte teneur en acides aminés essentiels en plus de la présence de lactose, de protéines sériques et de vitamine.



Matériel et Méthodes



IV. Matériel et méthodes

IV.1. Objectif et lieu de stage

Le présent travail a comme but d'améliorer la qualité nutritionnelle de la farine destinée à la fabrication de biscuit à partir de l'incorporation du lactosérum. Il a été réalisé au niveau de la SARL Biscuiterie BIMO (Baba Ali, Alger) du 23 mai au 23 juin 2021, et au laboratoire de contrôle de qualité et de conformité Altesse Labo (Blida) (Annexe I). Pour cela, des analyses microbiologiques et physico-chimiques ont été effectuées sur la poudre de lactosérum, la farine et les biscuits, avec une préparation de biscuits de type « Cookies » à base de farine enrichies en lactosérum à différents taux.

IV. 2. Matériel

IV.2.1. Matériel biologique

Farine et lactosérum

IV.2.2 Matériel non biologique

Il s'agit des milieux des cultures, des réactifs, des additifs et des appareillages qui sont communs à n'importe quel laboratoire d'analyses alimentaires (Annexe II)

IV.3. Méthodes

IV.3.1 Echantillonnage :

Les échantillons sur lesquels on a effectué nos analyses sont :

➤ La farine de blé tendre de marque LABELLE utilisée par la biscuiterie BIMO cette farine est bien emballée et conditionnée.

➤ La poudre de lactosérum de marque LACTALIS

La figure 10 représente la poudre de lactosérum et la farine, utilisées.



Figure 10 : Matières premières utilisées

IV.3.2. Analyses physico-chimiques

IV.3.2.1. Analyses physico-chimiques de la farine

Les analyses physico-chimiques ont été réalisées sur la farine témoin et farine incorporée de différents pourcentages de poudre de lactosérum. Ces analyses ont porté sur : la mesure du pH, l'acidité grasse, les cendres et les protéines. Trois essais ont été effectués pour chaque analyse.

IV.3.2.2. Détermination du pH (NF : V01-013)

Le pH est le potentiel chimique des ions hydrogène dans une solution, la différence de potentiel existant entre une électrode de verre et une électrode de référence plongeant dans une même solution, est une fonction linéaire du pH de celle-ci, le potentiel de l'électrode est liée à l'activité des ions H^+ présents.

La méthode est applicable aux liquides, épais, congelés ou non et aux produits secs après dilution appropriée.

➤ Principe

La mesure du pH est basée sur l'utilisation d'un pH mètre préalablement étalonné avec deux solutions tampons différentes l'une acide et l'autre basique.

➤ Mode opératoire

- Peser 10 g de farine dans le Becher rempli par l'eau distillé jusqu'à 50 g.
- Agiter mécaniquement pour homogénéiser le liquide.
- Chauffer juste pour dissoudre l'échantillon.
- Laissez l'échantillon refroidir à 20°C.
- Etalonner l'appareil avant de mesurer le pH.
- Une fois le PH mètre équilibré, introduire l'électrode dans le Becher contenant le produit.

➤ Expression des résultats

- Lire sur l'afficheur la valeur du pH.
- Effectuer au moins trois déterminations sur le même produit puis faire la moyenne arithmétique des trois déterminations

IV.3.2.3. Détermination de la teneur en eau(NA 11 –32 –1991)

Le taux d'humidité de la farine est un facteur important de conservation et de stockage, la teneur doit être inférieure ou égal à 15.5 %.

➤ Principe

Le principe de fonctionnement de ces appareils est basé sur la perte de masse observée équivalente à la quantité d'eau présente dans le produit.

➤ Mode opératoire

Le mode opératoire appliquée selon « **Le Manuel de BUHLER MLI-1000** », est le suivant :

- Peser 10 g de farine et bien étalonner dans le plateau.
- Mettre l'appareil sous tension.
- Fixer le cadran sur le trait du milieu et remettre l'aiguille du cadran sur le zéro.
- Bloquer en tournant le bouton de gauche vers le haut.
- Déposer le plateau et le produit sur l'une des plaques chauffante.
- Déclencher la minuterie sur le temps nécessaire : 10 min à une température de 100°C

Quand ce temps s'est écoulé, amener le plateau avec le produit séché sur le porte plateau supérieur en manœuvrant la balance au moyen du bouton de réglage.

- Amener l'index sur le trait médian du cardon gradué en tournant le bouton de réglage.

➤ Expression des résultats

Lire directement la teneur en eau sur l'appareil et prendre comme résultat la moyenne arithmétique des trois essais.

IV.3.2.4. Détermination des protéines

➤ But

La détermination de la teneur en protéines a pour but de connaître la qualité nutritionnelle et technologique des produits destinés à l'alimentation humaine et animale par utilisation du facteur de conversion adéquat (5,7) pour les protéines d'origine végétale et (6,25) pour les protéines animales (**Godon,1997**).

➤ 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

➤ Minéralisation

- Peser 1g d'échantillon à analyser.
- Ajouter 15g de sulfate de potassium et 1g de sulfate de cuivre et 25ml H₂SO₄ chauffé à 420°C.
- Après l'apparition de la couleur verte, compter 2 heures et ajouter 50ml d'eau distillée.

➤ Distillation

- Ajouter 100 ml de NaOH (40%), puis distiller complètement.
- Les produits de la réaction sont alcalinisés par la soude.

➤ Titrage

- Plonger l'extrémité du réfrigérant dans 25 ml de H₂SO₄, ajouter quelques gouttes de rouge de méthyle, la couleur vire vers le rose.
- Titrer avec NaOH (0.1N) jusqu'à virage de la couleur rose au jaune.

La teneur en protéines se calcule à partir de la teneur en azote par l'intermédiaire d'un facteur de conversion qui est égal dans ce cas à 6.25 (Le lactosérum étant un produit d'origine animale). On multiplie les résultats trouvés par le même facteur.

➤ Expression des résultats

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

P : protéines exprime en %.

$$p = \frac{[(V - V_0) \times C \times 0.014 \times 100 \times 6.25]}{m}$$

V : Volume (ml) de la solution d'acide sulfurique, versée dans la burette lors du titrage.

V₀: Volume de l'essai à blanc.

C: Concentration du NaOH (0.1mol/l).

m : Prise d'essai.

IV.3.2.5. Détermination de taux de cendres (NA 733 1991 E ISO 2171)

La détermination du taux de matières minérales, principalement réparties dans les enveloppes et les germes, donnent une indication sur le taux d'extraction pour le meunier, ainsi que la pureté de la farine.

La détermination du taux de cendre a pour intérêt réglementaire de classer les farines selon leur type définis par la réglementation (NF V 03-7201981).

➤ Principe

Le principe repose sur l'incinération du produit dans une atmosphère oxydante à une température de 900°C pour les céréales et produits de mouture. La teneur en cendres est déterminée par la pesée du résidu.

➤ Mode opératoire

- Dans un creuset préalablement taré, peser 10 g de produit à analyser (farine).
- Faire passer les creusets au four à une température de 550 °C pendant 3 h jusqu'à l'obtention d'un résidu blanchâtre et disparition des particules charbonneuses.
- Retirer les creusets du four et laisser refroidir au dessiccateur.
- Peser les creusets.

➤ Expression des résultats

Le taux de cendre exprimé en % de masse calculé à l'aide de la formule suivante :

$$\text{Taux de cendres} = \frac{m_2 - m_0}{m_1 - m_0} \times 100$$

m_0 = masse du creuset vide en gramme

m_1 = masse du creuset vide+ prise d'essai en gramme

m_2 = masse du creuset + cendre en gramme

IV.3.2.6. Détermination de l'acidité grasse (NA ISO 7303)

L'acidité grasse est l'expression conventionnelle des acides ; essentiellement des acides gras libres. Elle a pour but d'indiquer l'état de bonne conservation de la farine. En effet, au

cours de la conservation, les lipides se dégradent en se transformant en acides gras libres (Marie et al ;2001).

➤ Principe

La mesure repose sur un dosage colorimétrique. Les acides gras libres sont mis en solution dans l'éthanol à 95%, et titrés par l'hydroxyde de sodium. Le résultat est converti par le calcul pour être exprimé en hydroxyde de potassium.

➤ Mode opératoire

- Prélever environ 50 g de farine.
- Introduire dans le tube de centrifugeuse 5 g d'échantillon pour essai et verser dans ce tube à l'aide d'une pipette 30 ml d'éthanol à 95 % et fermer hermétiquement.
- Agiter pendant 1 heure, puis mettre dans la centrifugeuse pendant 2 min.

➤ Titrage

- Prélever à l'aide d'une pipette, 20 ml du liquide surnageant et les introduire dans une fiole conique.
- Ajouter trois gouttes de phénol phtaléine.
- Titrer à l'aide de la micro-burette avec la solution d'hydroxyde de sodium 0.05 N jusqu'au virage au rose pâle persistant quelques secondes.

➤ Essai à blanc

- Effectuer un essai à blanc, en remplaçant les 20 ml de liquide surnageant par 20 ml d'éthanol.

➤ Expression des résultats

L'acidité grasse exprimée en gramme d'acide sulfurique pour 100 g de matière sèche est calculée selon la formule suivante :

$$\text{Acidité grasse} = \frac{7.35 \times (V1 - V2)}{m} \times T \times \frac{100}{100 - H}$$

m : Masse en gramme de la prise d'essai

V1 : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé pour la détermination.

V0 : Volume en ml de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

H : Teneur en eau en pourcentage en masse de l'échantillon pour essai.

T : Titre exact de la solution d'hydroxyde de sodium utilisé.

IV.3.2.7. Détermination de taux de gluten(NA021415-3)

Le gluten est l'une des protéines se trouvant dans la farine de blé, il représente la dose après séparation manuelle de l'amidon, en pétrissant une petite quantité de pâte sous un filet d'eau. L'amidon est peu à peu entraîné par l'eau et il ne reste finalement qu'une masse compacte de couleur blanche crème, souple, extensible, et très élastique.

Le gluten se compose de deux principales protéines insolubles dans l'eau : gliadines et gluténines. Ces dernières constituent un indice pour apprécier la quantité et la qualité de la farine.

D'après **Marie et al (2001)**, le gluten a un intérêt principalement technique :

- Il possède le pouvoir de former le réseau viscoélastique, dont les propriétés de la qualité sont : l'extensibilité, l'élasticité et de ténacité de la pâte.
- Il influence le comportement de la pâte en panification, biscuiterie et pâtisserie.

➤ Principe

Le principe du dosage du gluten se repose sur son extraction par le malaxage mécanique et lavage d'un mélange de mouture avec une solution à 2% de chlorure de sodium.

➤ Mode opératoire

➤ Préparation de la pâte

- Peser 10g de farine.
- Ajouter 5.5 ml de la solution de chlorure de sodium (Na cl).
- Agiter la farine avec la spatule ; former une boule avec la pâte et laisser reposer 5min.

➤ Extraction

• L'extraction se fait manuellement, elle consiste à faire un lavage sous jet d'eau de robinet en malaxant le pâton en place dans la paume de la main afin de retirer tout l'amidon de la pâte jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus trouble.

- Eliminer la solution de rinçage en comprimant la boule de gluten entre les mains.

➤ Expression des résultats

Les résultats sont exprimés par les formules suivantes :

Gluten Humide (GH), est exprimé en% en masse du produit tel quel, par la formule :

$$GH(\%) = \frac{m}{10} \times 100$$

Gluten Sec (GS), Pour obtenir le gluten sec, placer le gluten humide dans l'étuve à 100°C pendant 2 heures et la calculer par la formule suivante :

$$GS(\%) = \frac{m'}{10} \times 100$$

Où :

m : est la masse, en grammes du gluten humide total.

m' : est la masse, en grammes du gluten sec.

10: est la prise d'essai

IV.3.3. Analyses physico-chimiques du lactosérum

Ces analyses permettent de déterminer les paramètres physicochimiques du lactosérum selon les techniques standards officielles.

IV.3.3.1 Détermination du pH

Principe et protocole, identiques à ceux appliqués dans la mesure du pH de la farine.

IV.3.3.2. Détermination de la teneur en eau par étuvage (NA 1132-1990, ISO 712)

➤ Principe

Le produit est séché à une température de 130°C, la durée de séchage est 1h 30 mn et la quantité de la prise d'essai est de 5g.

➤ Mode opératoire

• Sécher des capsules avec leurs couvercles à l'étuve pendant 15 mn à 130°C, puis refroidir dans le dessiccateur 30 à 45 mn.

• Peser 5g de lactosérum

• Verser le lactosérum dans la capsule tarée, adapter rapidement le couvercle

• Introduire la capsule découverte contenant la prise d'essai et son couvercle dans l'étuve et les laisser séjourner 1h30.

• En opérant rapidement, retirer les capsules, les couvrir et les placer dans le dessiccateur.

• Les laisser refroidir pendant 30 mn

- Effectuer au moins deux déterminations sur le même échantillon.

➤ Expression des résultats

La teneur en eau est la perte en masse du produit exprimé en pourcentage comme le montre la formule suivante :

$$\text{Teneur en eau} = \frac{(m_0 - m_1)}{m_1} \times 100$$

m₀ : Masse en gramme de la prise d'essai

m₁ : Masse en gramme de la prise d'essai après séchage

Prendre comme résultat la moyenne arithmétique des déterminations si les conditions de répétitivité sont remplies.

IV.3.3.3. Dosage des protéines par la méthode de KJELDHAL

Principe et protocole, identiques à ceux appliqués pour la farine.

IV.7.3.4. Détermination de l'acidité titrable (AFNOR : V04, 206)

➤ Principe

L'acidité titrable du produit est exprimée en degré Dornic (°D) ou en gramme d'acide lactique par litre de lait (1°D = 0.1g d'acide lactique /l).

Le principe se base sur un titrage de l'acidité par l'hydroxyde de sodium en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré

➤ Mode opératoire

- Mettre sous tension la balance électronique en appuyant sur la touche « power ».
- Peser dans un Becher 2g de poudre de lactosérum.
- Ajouter 20ml d'eau distillée.
- Mélanger bien la solution à l'aide d'une baguette en verre.
- Laisser reposer « 20 min ».
- Ajouter quelques gouttes de phénolphtaléine
- Titrer goutte à goutte la solution avec la « NaOH N/93 » jusqu'à ce que la solution vire à la couleur « rose » faiblement perceptible.
- Calculer l'acidité suivant la formule ci-après

• L'acidité titrable exprimée en gramme d'acide lactique par 100g d'échantillon est donnée par la formule :

$$A=(0.01 \times V) \times 100/2=V/2\%$$

*L'acidité exprimée en degré Dornic est calculée par conversion ($1^{\circ}D=0.1\text{ml}$ d'acide lactique)

V: Volume de NaOH (N/9)

A : Acidité en g/l

IV.3.3.5 Détermination du taux de cendres

Principe et protocole, identiques à ceux appliqués pour la farine.

IV.3.3.6. Détermination de la teneur en matière grasse (AFNOR : V04, 206)

La méthode utilisée est celle de Gerber.

➤ Principe

Le principe se base sur une dissolution des protéines par addition d'acide sulfurique et séparation de la matière grasse du lactosérum par l'addition d'une petite quantité d'alcool-amylique.

➤ Mode opératoire

• Mettre dans le butyromètre 10ml d'acide sulfurique ($d=1.840$), 10ml d'eau, 2.5g de poudre de lactosérum et 1 ml d'alcool-amylique.

- Bien homogénéiser.
- Centrifuger pendant 5 mn.
- Mettre le butyromètre dans un bain d'eau $65^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ 3mn.
- Retirer le bouchon vers le bas et ajuster devant le repère le plus proche puis lire rapidement.

➤ Expression des résultats

La matière grasse est bien de couleur jaune clair, remontent à la surface.

Le pourcentage de la matière grasse en masse de produits est donné par la formule suivante : $MG(\%)=(n_1-n_0) \times 10$

n_1 : représente la valeur atteinte par le niveau supérieur de la colonne grasse

n_2 : représente la valeur atteinte par le niveau inférieur de la colonne grasse

IV.3.4. Analyses microbiologiques

Le contrôle microbiologique a pour but de garantir la qualité hygiénique. Il détermine le risque pour la santé du consommateur (Brule et al, 2006), ainsi qu'un certain niveau organoleptique dans la mesure où ils sont reliés tous les deux à la présence de microorganismes.

IV.3.4.1. Préparation la solution mère et des dilutions décimales

A. Préparation 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. Cette suspension la solution mère constitue alors la première dilution qui correspond donc à la dilution 10^{-1} ou 1/10 ;
- On utilise des dilutions pour faciliter le dénombrement des germes.
- 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, ensuite de 10^{-2} ou 1/100, puis à partir de cette dernière, 1ml de solution est introduite dans un autre tube donnant ainsi une dilution de 10^{-3} ou 1/1000. 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.

Selon le journal officiel de la république algérienne (2017), les germes recherchés dans la farine et le lactosérum sont :

- ✚ Salmonelle pour la poudre de lactosérum
- ✚ Entérobactéries pour la poudre de lactosérum
- ✚ *Staphylococcus aureus* pour la poudre de lactosérum et la farine
- ✚ Clostridium sulfite-réducteurs pour la farine
- ✚ Levures et moisissures pour la farine
- ✚ *Escherichia coli* pour la farine

IV.3.4.2. Recherche 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.

➤ Mode opératoires

1. Préparation de l'échantillon

Prélever aseptiquement 25 ml de la suspension mère, les transférer dans les flacons de 225ml d'Eau Peptone Tamponnée pour obtenir la solution enrichisse.

2. Pré enrichissement en milieu non sélectif

- Introduire l'échantillon dans 225ml d'Eau Peptonée Tamponnée.
- Puis Incuber le bouillon 18h à 37°C.

3. 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 Rappaport-Vassiliadis avec soja (bouillon RVS) ; transférer 1 ml de la culture obtenue à partir de milieu de pré-enrichissement dans un tube contenant 10 ml de bouillon au séléline- cystine.
- Incuber le bouillon RVS ensemencé à $41.5^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24 heures ± 3 heures et le bouillon au sélénite-cystine à $37^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 24heures ± 3 heures.

4. Isolement et identification

A partir de la culture dans le bouillon RVS après incubation, ensemencer avec une anse la surface d'une boîte de pétri contenant le milieu d'isolement sélectif (gélose BPLS) de façon à permettre le développement de colonies bien isolées.

Les colonies caractéristiques sont des colonies claires à centre noir, les tests de confirmation sont nécessaires pour l'identification biochimique.

IV.3.4.3. Recherche et dénombrement des *Staphylocoques aureus* (NF V08-057-1,1994)

➤ Préparation du milieu de culture

Pour la recherche des *Staphylococcus aureus*, on utilise le milieu de Baird-Parker plus le test de la coagulase, la préparation du milieu de Baird-Parker et sa composition sont présentées en annexe III.

➤ Mode opération

➤ 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 paillasse ;

- Porter aseptiquement 4 gouttes de chaque dilution décimale (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) dans une boîte de pétri contenant de la gélose Baird-Parker préalablement séchée et laisser une boîte de pétri comme témoin sans inoculum.

➤ Incubation

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

➤ 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.

IV.7.4.5. Recherche et dénombrement les Enterobacteriaceae (ISO 21528-2)

➤ Préparation de milieu de culture

Pour la recherche des Enterobacteriaceae, on a utilisé le milieu VRBG. La préparation du milieu de culture et sa composition sont présentées en annexe III.

➤ Mode opératoire

➤ Ensemencement

- A l'aide d'une pipette stérile, transférer 1 ml de chaque dilution décimale (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) dans une boîte de pétri stérile préparée à cet usage ;

- Couler dans chaque boîte de pétri, au moins 15 ml du milieu VRBG refroidie à 45°C au bain d'eau ;

- 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 ;

- Après solidification complète du mélange, couler à la surface du milieu ensemencé environ 5 ml du milieu VRBG refroidie afin d'empêcher l'étalement des colonies ;

- Laisser se solidifier sur paillasse.

➤ **Incubation**

Incuber les boîtes de pétri pendant 24h±2h à 37°C

➤ **Lecture**

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

IV.3.4.6. Recherche et dénombrement des *Clostridium Sulfito - réducteur* (NFT 90-415)

➤ **Mode opératoire**

- La recherche et le dénombrement des spores de *Clostridium Sulfito-réducteur* sont effectués à partir des dilutions 10⁻¹ et 10⁻²

- On prélève aseptiquement 1 ml de chaque dilution dans un tube vide stérile.

- Porter les tubes à 80 °C pendant 10 min être refroidir brutalement sous l'eau de robinet pour éliminer la forme végétative et formation des spores.

- Ajouter environ 10 ml de gélose viande fois préalablement fondue à 45°C, additionnée d'une ampoule de fer ainsi que d'une ampoule de sulfite de sodium.

➤ **Incubation**

Incuber les tubes à une température de 37°C pendant 48 h

➤ **Lecture**

Les colonies noires des pores qui se développent en anaérobiose sont des colonies des bactéries de *Clostridium Sulfito-réducteur*, qui se produisent à des sulfites qui ont précipité avec les ions de fer.

IV.3.4.7. Recherche et dénombrement des levures et moisissures (iso 21528-2)

➤ **Principe**

Le dénombrement est réalisé sur le milieu Sabourau Dichloramoh enicol Dextrose Agar qui permet la croissance de toutes les levures et moisissures rencontrées dans les produits alimentaires tout en inhibant totalement le développement des bactéries.

➤ **Mode opératoire**

➤ **Ensemencement**

A partir de chaque dilution, on transfère 1ml dans une boîte de pétri déjà préparée qui contient la gélose Sabouraud coulée et refroidie, et on homogénéise le milieu.

➤ **Incubation**

Incuber ces boîtes à 22°C, donc à une température ambiante, couvercle vers le bas pendant 5 jours.

➤ **Lecture**

Les colonies de moisissures sont présentes en colonies pigmentées en aspect velouté, on doit surveiller quotidiennement les boîtes pour éviter l'envahissement des moisissures sur le milieu.

➤ **Dénombrement**

Pour le dénombrement, on fait un comptage des colonies des moisissures sur les boîtes contenant entre 15 à 150 colonies.

IV.3.4.8. Recherche et dénombrement des coliformes et coliformes fécaux et *Escherichia coli* (NF V08-017)

➤ **Mode opératoire**

➤ **Ensemencement**

• A l'aide d'une pipette stérile, transférer 1 ml de chaque dilution décimale (10^{-1} , 10^{-2} , 10^{-3}) dans une boîte de pétri stérile à cet usage ;

• Couler dans chaque boîte de pétri, au moins 15 ml du milieu VRBL refroidie à $45^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ au bain d'eau ;

• 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 ;

- Après solidification complète du mélange ; couler à la surface du milieuensemencé environ 4 ml du milieu VRBL refroidie afin d'empêcher l'étalement des colonies ;

- Laisser solidifier sur paillasse.

➤ **Incubation**

Les boîtes seront incubées couvercle en bas à 44 °C pendant 24 à 48 heures avec lecture journalière.

❖ **Recherche et dénombrement d'*Escherichia coli***

- *L'Escherichia coli* appartient au groupe des Coliformes thermo tolérants pour cela, la recherche et le dénombrement de ce microorganisme se fait à partir des boîtes de 44°C.

- Identifier au moins 3 colonies caractéristiques des Coliformes thermo tolérants sur chaque boîte retenue.

- Aspirer la colonie à l'aide d'une pipette Pasteur munie d'une poire.

- Repiquer séparément chaque colonie et l'ensemencer dans le milieu urée indole.

- Incuber ce milieu 18-24h à 37°C.

➤ **Lecture**

- Lecture de l'urée : le milieu est considéré négatif s'il garde sa couleur initiale.

- Lecture de l'indole : rajouter 1 à 2 gouttes de milieu Kovaks et voir l'apparition d'un anneau rouge.

IV.4. Incorporation du lactosérum dans la farine de biscuit

Vuillemard et al (1989) rapportent que les lactosérums doux présentent un certain intérêt pour les produits de cuisson céréaliers. La composition en acide en acides aminés des protéines animales, fait que les lactosérums doux améliorent la valeur nutritionnelle et organoleptique des produits finis (**La Gueriviere J-V ,1981**). Dans certains cas, l'effet de l'amollissement de la pâte constitue une influence positive plutôt que négative dans le processus de fabrication, en affermissant la mie et en améliorant la résistance mécanique, lorsque de la poudre de lactosérum est ajouté dans les petits pains (3-6%), les biscuits (2-40%) et les pâtes à tarte (2-10%).

Le lactosérum doux peut être utilisé avec plusieurs taux, on cite entre autres :

- L'incorporation de 3 à 8 % par rapport à la matière sèche

- L'incorporation du lactosérum concentré à raison de 40 % de matière dans les biscuits aromatisés.

IV.4.1. Essai d'incorporation de lactosérum dans la farine destinée à la fabrication des biscuits

Notre essai a été effectué à petite échelle en enrichissant 400g de farine de poudre de lactosérum à des différents taux d'incorporation (Selon des taux citées dans la littérature) comme suit :

- **1^{er} essai** : 15 % de poudre de lactosérum (60g) dans 400g de farine.
- **2^{ème} essai** : 25% de poudre de lactosérum (100g) dans 400g de farine.
- **3^{ème} essai** : 35% de poudre de lactosérum (140g) dans 400g de farine.

IV.4.2. Analyses physico-chimiques des farines enrichies en poudre de lactosérum

Pour préparer les échantillons analyses, nous avons mélangé la farine et la poudre de lactosérum jusqu'à ce que le mélange soit bien homogène.

IV.4.2.1. Détermination du pH

Nous avons poursuivie même protocole expérimental que celui appliqué pour la détermination du pH de la farine.

IV.4.2.2. Détermination de la teneur en eau

Le même protocole expérimental appliqué pour la détermination de la teneur en eau de la farine a été adopté.

IV.4.2.3. Détermination du taux de cendres

Un protocole identique à celui poursuivi pour la détermination des taux de cendres de la farine a été retenu.

IV.4.2.4. Détermination de l'acidité

Nous avons poursuivi le même protocole expérimental que pour la détermination de l'acidité de la farine.

IV.4.2.5 Détermination de taux de gluten

Le même protocole que la farine.

IV.4.2.6 Détermination de la teneur en protéine

La même méthode appliquée pour la farine.

Les résultats sont comparés avec une farine témoin à 0% de lactosérum

IV.4.3. Elaboration des biscuits

Des biscuits « Cookies » sont préparés à base de farines enrichies en lactosérum avec les trois taux retenus, à savoir : 15%, 25% et 35%.

Trois essais de préparation de biscuits, ont été donc effectués ;

- 1^{er} essai avec la farine à 15 % de lactosérum
- 2^{ème} essai avec la farine à 25 % de lactosérum
- 3^{ème} essai avec la farine à 35% de lactosérum

A. Biscuits Témoin

En parallèle, un biscuit témoin est préparé selon la recette adoptée par BIMO. Elle est donnée dans le tableau 12.

Tableau 12 : Quantités d'ingrédients utilisés pour la fabrication du biscuit « Cookies »

Ingrédients	Quantité kg	Quantité en %
Farine	82	39.59
Sucre	48	23.17
Graisse végétale	30	14.48
Dextrose	3	1.44
Poudre de cacao	4	1.93
bi-sodium	0.8	0.38
Pyrophosphate	0.5	0.24
Bicarbonate d'ammoniac	0.5	0.24
Poudre de lait	4	1.93
Jaune d'œuf	3	1.44
Sel	1	0.48
Arome	0.3	0.14
Pépites	30	14.48
Total	207.1	100

La fabrication des cookies industriels se fait selon le processus présenté dans la figure(11).

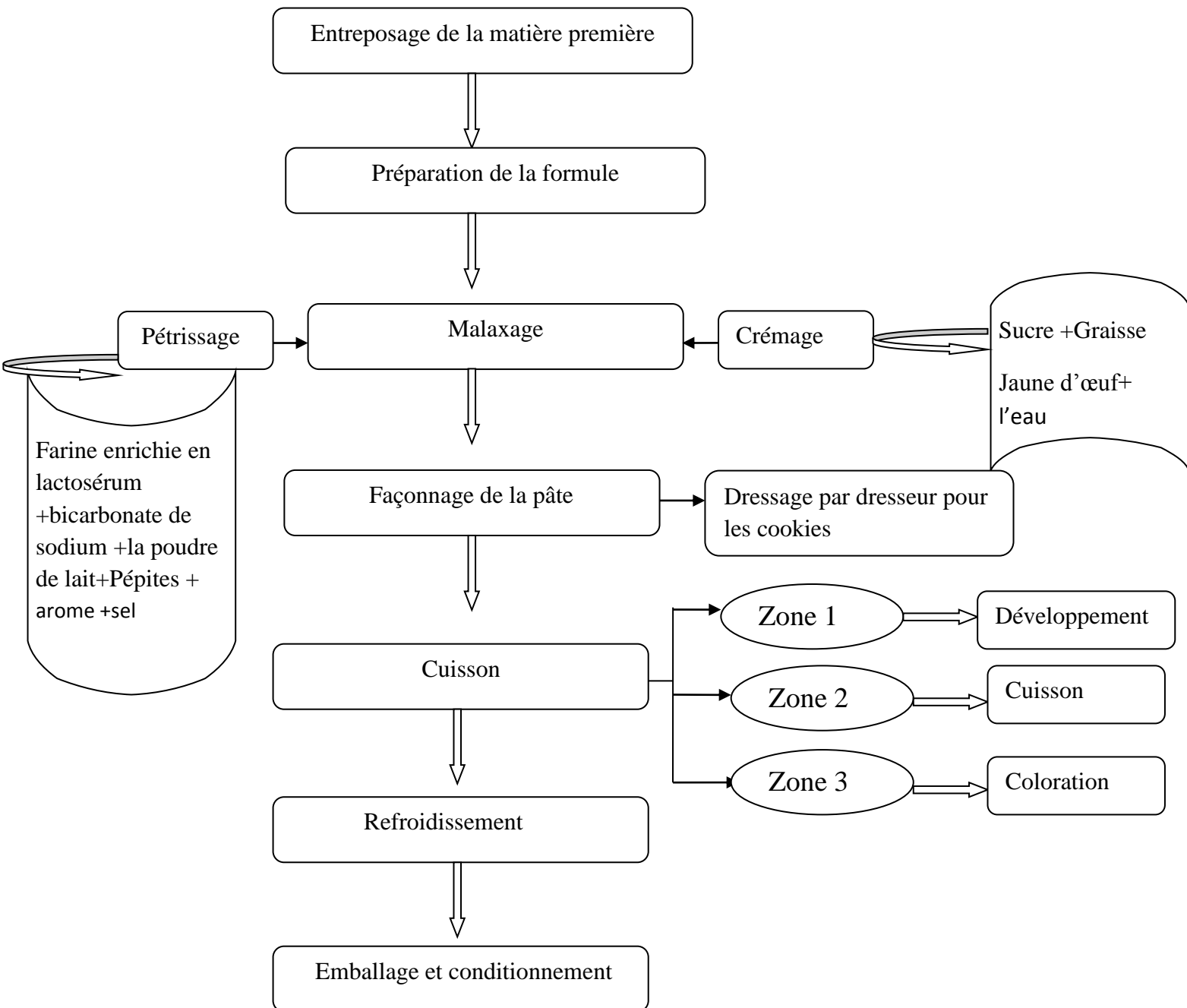


Figure11 : Diagramme de fabrication des cookies

B. Biscuits à base de farine enrichie en lactosérum

Nos essais ont été effectués à petite échelle à raison de 400 g de farine, nous avons utilisé la chaîne de fabrication destinée aux biscuits cookies sauf le pétrin.

Pour préparer les 3 essais, nous avons converti les quantités des ingrédients de 82 kg de farine à 400 g de farine. Selon le tableau 13.

Tableau 13:Quantités d'ingrédients pour la préparation des cookies selon les trios essais

Ingrédients	Poids en g	
Farine	400g	1 ^{er} essai 15%
		2 ^{ème} essai 25%
		3 ^{ème} essai 35%
Sucre	231.7	
Graisse végétale	144.8	
Dextrose	14.4	
Poudre de cacao	19.3	
Bi-sodium	3.8	
Pyrophosphate	2.4	
Bi-ammonium	2.4	
Lait en poudre 26%	19.3	
Jaune d'œuf	14.4	
Sel	4.8	
Arome	2.3	
Pépites	144.4	

IV.4.4. Analyses physico-chimiques des biscuits

Les Biscuits préparés passent par certaines analyses physico-chimiques (pH, teneur en eau et dont le protocole est identique à celui de la farine et du lactosérum).

Les prélèvements des cookies sont effectués à la sortie de la chaîne de fabrication à des intervalles de temps variant de 5 à 10 mn sur une durée de 3 heures. Ainsi 2 paquets sont retirés pour chaque répétition, comme suit :

- 01 paquet est destiné aux analyses physico-chimiques.
- 02 paquets aux analyses organoleptiques

Pour préparer les échantillons aux analyses, nous avons broyé les biscuits à l'aide d'un mixeur électrique.

IV.4.5. Analyses microbiologiques des biscuits

Pour cela nous avons recherché :

- Les germes totaux
- Les *Staphylocoques aureus*
- Les levures et moisissure
- Les Salmonelles

1-Recherche et dénombrement des G.A.M.T (Germes Aérobie Mésophiles Totaux à 30°C) ISO 4833.

➤ Préparation du milieu de culture

Pour la recherche des G.A.M.T, on utilise la gélose Plate Count Agar (PCA) la composition et la préparation de ce milieu sont présentées an annexe III

➤ Ensemencement

- Porter aseptiquement 1 ml de chaque dilution décimale (10⁻¹,10⁻²,10⁻³) dans une boîte de pétrie stérile préparée à cet usage ;
- Compléter ensuite avec environ 20ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C±1°C ;
- Faire des mouvements circulaires et de va et vient en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose ;
- Laisser solidifier sur la paillasse ;
- Rajouter une seconde couche de gélose PCA, qui a un rôle protecteur contre les contaminations diverses.

➤ Incubation

Après solidification de gélose, incuber les boites couvercle en bas à 30°C pendant 72 heures avec lecture journalière.

➤ Lecture

Les colonies des G.A.M.T se présentent sous forme lenticulaire en masse.

2- Recherche des *Staphylococcus aureus*, levures et moisissures et les Salmonelles

Les protocoles adoptés sont identiques à ceux appliqués pour la poudre de lactosérum.

IV.4.6. Evaluation sensorielle des caractéristiques organoleptiques des biscuits élaborés.

Les caractéristiques organoleptiques sont des critères importants d'acceptabilité de l'aliment pour le consommateur. L'évaluation sensorielle est définie comme l'étude systématique des réponses humaines aux propriétés physicochimiques et microbiologique des produits.

Les biscuits préparés ont subi une évaluation sensorielle sur la base de certains descripteurs, dont :

➤ **La texture et l'aspect extérieur**

Où les caractéristiques suivantes sont évaluées :

- La forme
- La friabilité
- La couleur

➤ **Aspect interne**

Les aspects évalués sont :

- L'odeur
- Le goût

Avec une évaluation de l'appréciation générale des biscuits.



Résultats et discussion



V. Résultats et discussion

V.1. Résultats et interprétation des analyses physico-chimiques

V.1.1. Sur le lactosérum

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur de la poudre de lactosérum doux, elles comprennent : le pH, la teneur en eau, le taux de cendres, la teneur en protéines, le taux de matière grasse et l'acidité titrable. Les résultats sont représentés dans le tableau 14.

Tableau 14 : Résultats des analyses physico-chimiques de la poudre de lactosérum

Critères analysés	Résultats*	Normes recommandées selon CODEX STAN 289-1995
pH	6,5±0,01	>6
Teneur en eau (%)	3,30±0,42	<5 %
Taux de cendres (%)	7,2±0,40	Max 8,5 %
Teneur en protéines (%)	10,8±0,01	Min 11%
Taux de matière grasse (%)	1±0,01	2 %
Acidité titrable (%)	0,14%±0,01	Max 0,16 %

* Moyennes de trois essais

Les résultats des différents critères évalués sur la poudre de lactosérum doux comparable avec le CODEX STAN, 289-1995.

Les résultats obtenus montrent que la moyenne du pH de la poudre de lactosérum est de 6,5. Elle est proche de la neutralité, ceci est vrai, du fait que le lactosérum analysé est de type doux. Elle est conforme à la norme de (CODEX STAN, 289-1995), qui suggère un pH supérieur à 6. La teneur en eau qui est de 3,3 % est également dans la norme, qui oblige que la poudre de lactosérum ne devrait pas dépasser 5%. Quant au taux de cendres, la norme exige un maximum de 8,5 %. La valeur enregistrée du taux de cendres de la poudre analysée est de 7,2 %. Ceci est conforme à la norme de (CODEX STAN, 289-1995).

Sotties (1990) et **Linden et Lorient(1994)**, ont obtenu des teneurs en cendres de lactosérum doux se situant entre 8 et 8,5 g/l.

La teneur en protéines est de 10,8 %, cette valeur est inférieure à 11 %, norme mentionnée par le Codex, mais elle est supérieure à celle trouvée par **Proot (2001)**, qui est de 7g/l. Cette richesse est peut-être due à la qualité du lait utilisé. En effet, les protéines du lactosérum possèdent un véritable intérêt nutritionnel, en raison de leur composition élevée en acides aminés essentiels (**Jacquot, 2007**).

Concernant le taux de matière grasse de la poudre de lactosérum analysée, elle a donné un taux de 1 %, conforme à la norme du Codex. Ceci a été aussi observé pour l'acidité qui est de 0,14%, ne dépassant pas 0,16%, valeur minimale suggérée par le Codex.

Ces différents résultats nous mènent à constater que le lactosérum utilisé est de bonne qualité physicochimique.

V.1.2. Sur la farine

V.1.2.1. pH

Le pH est un paramètre déterminant l'aptitude à la conservation des aliments, un pH de l'ordre de 3 à 6 est très favorable au développement des levures et moisissures.

Le tableau 15 représente les résultats obtenus pour l'évaluation du pH de la farine témoin et de celle enrichie à différents taux de lactosérum.

Tableau 15 : Résultats du pH de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum.

Produit analysé	Résultats*	Norme (CODEX STAN 289-1995)
Farine témoin sans lactosérum	5,49±0,01	Proche de la neutralité 7
Farine à 15% de lactosérum	6,15±0,01	
Farine à 25% de lactosérum	6,24±0,08	
Farine à 35% de lactosérum	6,30±0,07	

*Moyenne de trois essais

La moyenne de la mesure du pH de la farine témoin est de 5,49, elle est proche de la neutralité

Les farines à 15%, 25% et 35 % ont donné des pH se situant entre 6,15 et 6,30. Ces valeurs sont légèrement supérieures au pH de la farine témoin, qui est de 5,49, mais elles ne dépassent pas la marge de la neutralité qui est de 7, ce qui est en accord avec la norme. Ces pH sont donc acceptables. Ainsi, l'apport du lactosérum pourrait intervenir pour faire rapprocher le pH de la neutralité.

La figure 12, illustre les différents pH obtenus.

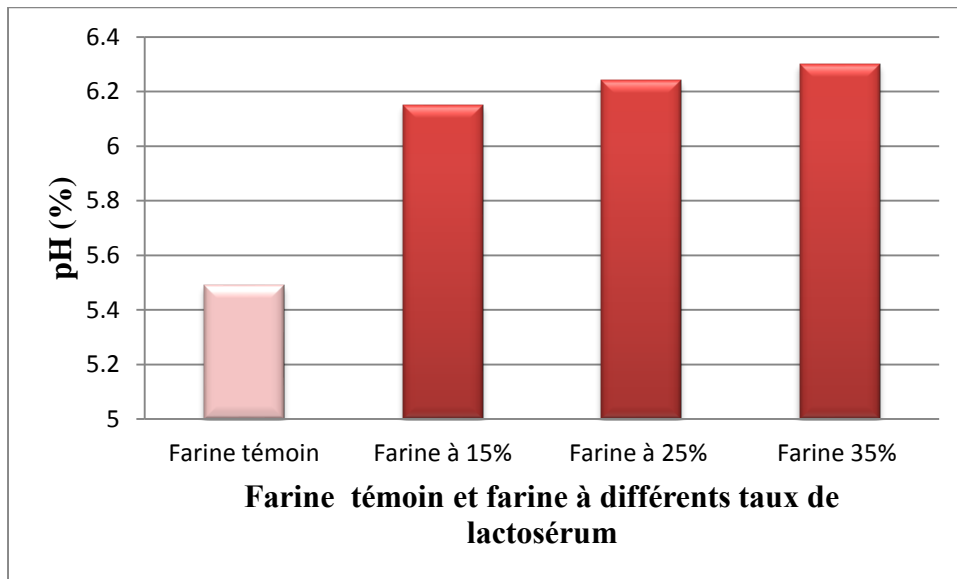


Figure12 : pH de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum

V.1.2.2. Teneur en eau

Selon **Gharib (2007)**, la détermination de l'humidité des céréales et produits dérivés (farine) est une opération capitale qui présente 4 intérêts essentiels :

- Intérêt réglementaire : La teneur en eau maximale à ne pas dépasser est fixée par la loi pour des raisons de bonne conservation et d'honnêteté commerciale.
- Intérêt technologique : pour la détermination et la conduite rationnelle des opérations de récolte, de stockage et de conditionnement de céréales lors de leur transformation
- Intérêt analytique : elle permet de rapporter le résultat à une base fixe (la matière sèche).
- Intérêt commercial : les profits réalisés au cours d'une transaction dépendent de la teneur en eau.

Les résultats de la teneur en eau sont donnés en tableau 16 et dans la figure 13.

Tableau 16 : Résultats de la teneur en eau de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum

Produit analysé	Résultat*(%)	Norme (CODEX STAN 152-1985)
Farine témoin sans lactosérum	13,26±0,01	<15,5%
Farine à 15% de lactosérum	12±0,7	
Farine à 25% de lactosérum	10,2±0,14	
Farine à 35% de lactosérum	11,2±0,1	

*Moyenne de trois essais

La teneur en eau de la farine témoin est de 13,26%, elle est donc inférieure à 15,5%, norme recommandé par le Codex. Celle des farines à différents pourcentages de lactosérum est comprise entre 10,2 et 11%, elles sont inférieures à la teneur en eau de la farine témoin. Ceci pourrait être expliqué par l'influence de la poudre du lactosérum sur la farine, du fait que cette dernière présente elle aussi une faible teneur en eau. Toutes fois, ces valeurs restent dans la norme. Ainsi, ces farines pourraient être stockées sans risque de contamination ou d'altération. En effet, **Chene (2001)**, confirme que la teneur en eau des farines est un paramètre important qui doit se situer entre 10 et 16% et généralement de 13 à 15% pour que la farine se conserve convenablement Au-delà de ces valeurs, il y aura un risque d'altération.

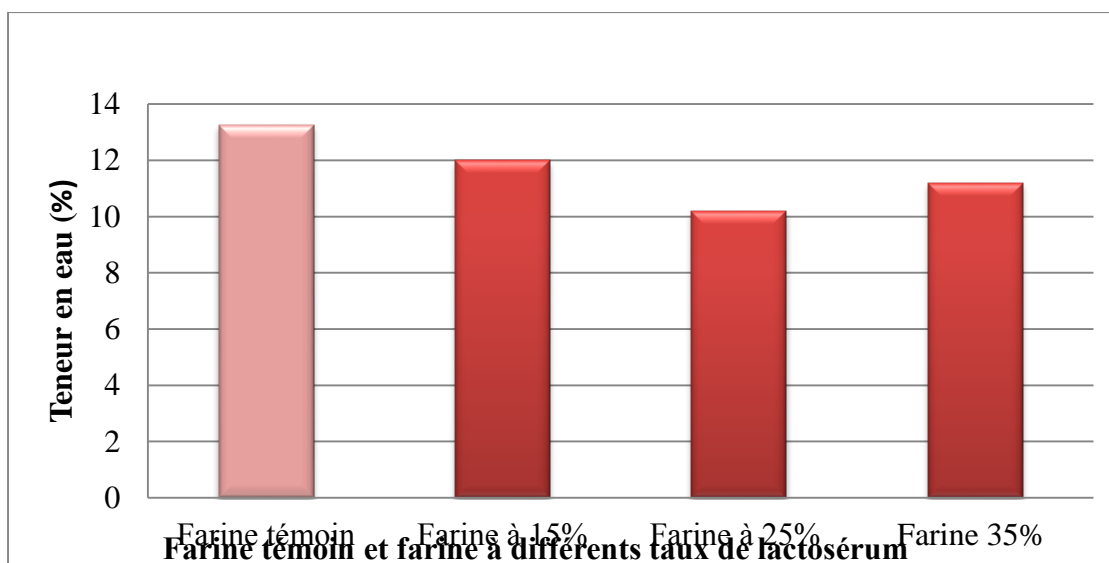


Figure13 : Teneur en eau de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum

V.1.2.3. Taux de cendres

Le taux de cendres d'une farine constitue l'une des caractéristiques de la pureté de celle-ci, elle peut aider à déterminer le taux d'extraction d'une farine D'après **Feillet (2000)**, les meuniers utilisent la teneur en cendres afin de déterminer le taux d'extraction et de régler convenablement leur moulin.

Les résultats sont présentés dans le tableau 17 et la figure 14.

Tableau 17 : Résultats du taux de cendres de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum

Produit analysé	Résultat*(%)	Norme (CODEX STAN 152-1985)
Farine témoin sans lactosérum	0,33±0,02	Inferieur ou égale à 0,6
Farine à 15% de lactosérum	0,89±0,06	
Farine à 25% de lactosérum	2,3±0,2	
Farine à 35% de lactosérum	1,79±0,1	

*Moyenne de trois essais

Le taux de cendres de la farine témoin est de 0,33%, elle est dans la norme suggérée par le Codex (<0,6%). Celui des farines enrichies, varient entre 0,89 et 2,3%. Ces valeurs sont fortement supérieures, comparativement à la farine témoin, la plus élevée est enregistrée chez la farine à 25% du taux d'incorporation en lactosérum. Cette augmentation peut être exprimée par le fait que nos échantillons de farines enrichies en poudre de lactosérum sont très riches en matière minérale, ce qui n'est pas le cas pour la farine témoin sans lactosérum. L'augmentation du pourcentage de la poudre de lactosérum dans la farine montre la richesse de ce dernier en matière minérale, ce qui influe sur la qualité de la farine.

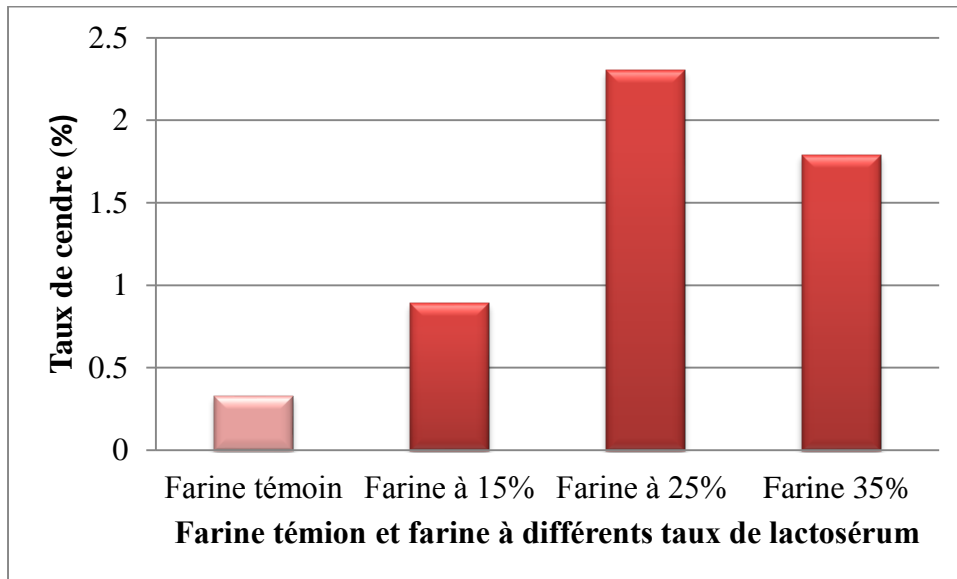


Figure14 : Taux de cendre de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.

V.1.2.4. Acidité

L’acidité est un bon indicateur de l’état de conservation des farines (**Godon et Willim,1998**).

Le tableau 18 et la figure 15, exposent les résultats de l’évaluation de l’acidité des différentes farines.

Tableau 18 : Résultats de l’acidité de la farine témoin et des farines à différents taux d’incorporation en lactosérum

Produits analysé	Résultat*(%)	Norme (CODEX STAN 152-1985)
Farine témoin sans lactosérum	0,035±0,02	Inférieure ou égale à 0,07%
Farine à 15% de lactosérum	0,04±0,01	
Farine à 25% de lactosérum	0,049±0,01	
Farine à 35% de lactosérum	0,058±0,02	

*Moyenne de trois essais

La moyenne de la mesure de l’acidité de la farine est de 0,035%.La norme du Codex exige que l’acidité d’une farine ne devrait pas excéder la marge de 0,07%, ainsi nos échantillons sont compatibles avec la norme. Celle des farines enrichies en différents pourcentages de poudre de lactosérum, varie entre 0,04 et 0,058%, on observe aussi que cette acidité augment

eau fur et à mesure de l'augmentation du taux d'incorporation en lactosérum, ceci montre que le lactosérum a influé sur ce paramètre, néanmoins les valeurs restent toujours dans la norme exigée ($\leq 0,07$). Ces valeurs donc sont acceptables.

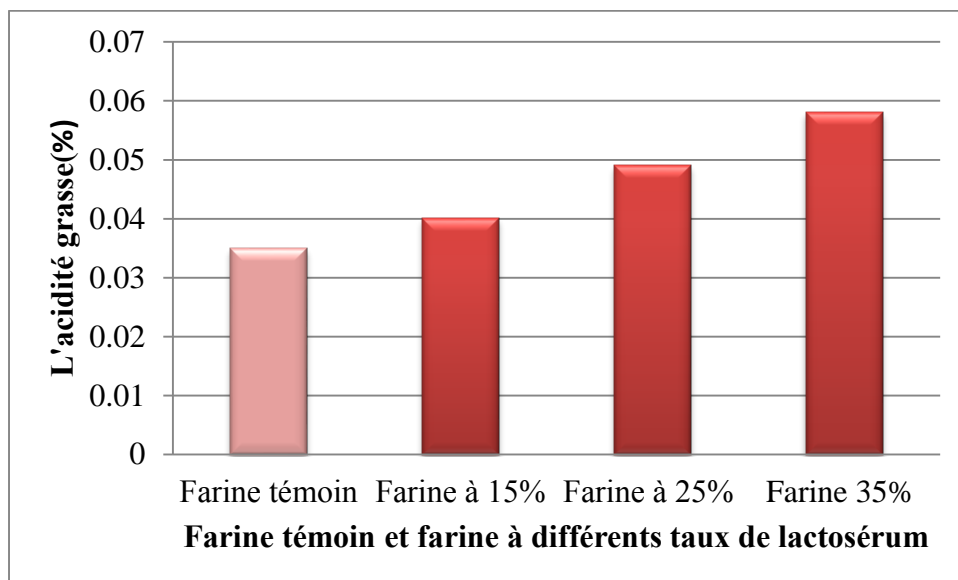


Figure 15 : l'acidité de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.

V.1.2.5. Teneur en protéines

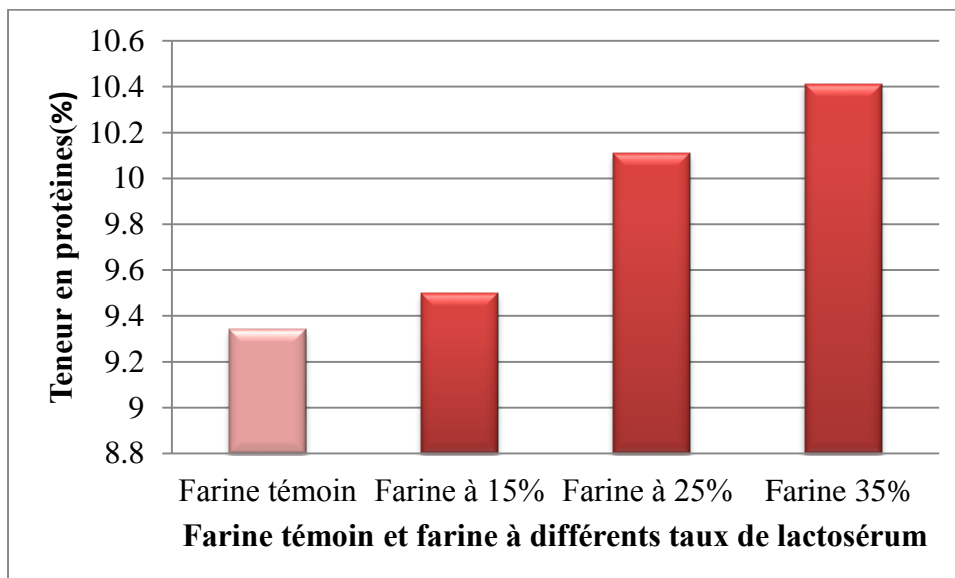
Les résultats du dosage des protéines sont donnés par le tableau 19 et la figure 16.

Tableau 19 : Résultats du dosage des protéines de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum

Produit analysé	Résultat*(%)	Norme Journal Officiel Algérien(N°2/10-08-1998)
Farine témoin sans lactosérum	9.34±0.01	inférieure à 10 %
Farine à 15% de lactosérum	9,5±0,01	
Farine à 25% de lactosérum	10,11±0,06	
Farine à 35% de lactosérum	10,41±,01	

*Moyenne de trois essais

D'après la norme algérienne, la teneur en protéines de la farine de blé tendre devrait être inférieure à 10%. Les résultats obtenus indiquent que la teneur en protéines chez la farine témoin est de 9,34%. Ce qui indique qu'elle est conforme à la norme. Pour celle des farines à différents pourcentages de lactosérum, elle varie entre 9,5 et 10,41%. On remarque qu'elle est supérieure à celle de la farine témoin et dans la norme. Une augmentation des protéines avec l'augmentation du taux d'incorporation en lactosérum est également observée, cela est dû à la richesse en protéines, de la poudre du lactosérum incorporé dans la farine.



La Figure 16 : Dosage des protéines de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.

V.1.2.6. Teneur en gluten

Une grande majorité des caractéristiques technologiques et rhéologiques des farines et des blés est liée en grande partie au gluten. Principalement formé de gliadine et de gluténine, il détermine la force de la farine, ainsi que son utilisation industrielle, ainsi que sa valeur commerciale. Les farines usuelles ont une teneur en gluten humide de l'ordre de 27-37%. Les farines provenant de blés très forts, peuvent présenter des teneurs allant jusqu'à 45%, alors que des pourcentages inférieurs à 25% signalent une farine faible, c'est le cas des farines pour biscuits.

Les résultats de la teneur en gluten humide et sec sont représentés dans le tableau 20 et la figure 17.

Tableau 20 : Résultats de la teneur en gluten de la farine témoin et des farines à différents taux d'incorporation en lactosérum

Produit analysé	Résultat(%)		Norme Journal Officiel Algérien (N°2/10-08-1998)
Farine témoin sans lactosérum	GH*	21±0,02	Gluten humide entre 20et 27% Gluten sec entre 5 et 7%
	GS*	6.3±0,1	
Farine à 15% de lactosérum	GH	20	
	GS	7	
Farine à 25% de lactosérum	GH	19,8	
	GS	10,8	
Farine à 35% de lactosérum	GH	18	
	GS	1,2	

*Moyenne de trois essais pour la farine témoin / **GH** : Gluten humide/ **GS** : Gluten sec

Les résultats de la teneur en gluten humide et gluten sec de la farine de blé tendre sans lactosérum (farine témoin) sont respectivement de 21% et 6,3%. Elles sont donc dans la norme algérienne. Pour ce qui l'en est des farines enrichies à différents pourcentages(15%,25% et 35%) de lactosérum, le gluten humide a enregistré des valeurs se situant entre 20 à19,8%, inférieures à celles de la farine témoin et correspondant à la norme. Le gluten sec quant à lui varie entre 7à 10,8%, il est supérieur à la farine témoin et correspond à aux taux recommandés par la norme.

Ainsi, on remarque que l'incorporation de la poudre du lactosérum à la farine de blé, diminue le taux de gluten, du fait que cette poudre est pauvre en gliadines et gluténine, Ceci est vrai, puisque l'ajout du lactosérum en poudre à la farine a empêché la formation d'une boule homogène de pâtons, avec observation de grandes pertes en poids.

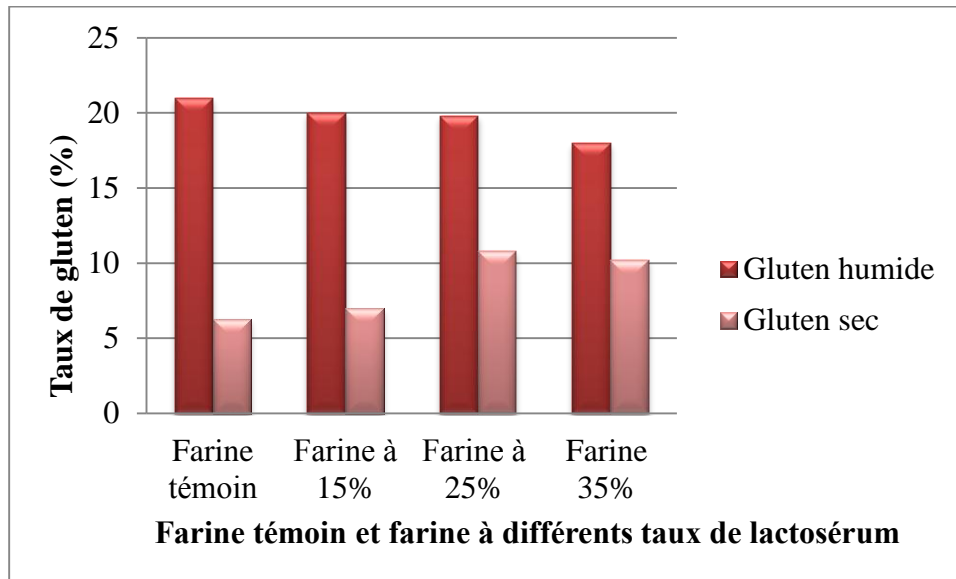


Figure 17 : Taux du gluten de la farine témoin et des farines à différents taux de lactosérum.

V.1.3. Résultats des analyses physico-chimiques du biscuit (Cookies)

Les résultats des analyses physico-chimiques (pH et teneur en eau) du biscuit témoin et des biscuits préparés avec la farine à différents taux d'incorporation en lactosérum, à savoir, 15, 25 et 35 % sont cités dans le tableau 21.

Tableau 21 : Résultats des analyses physico-chimiques du biscuit témoin et des biscuits préparés à différents taux de lactosérum

Critères analysés	Résultats				Norme interne (BIMO)
	Cookies témoin	Cookies à 15%	Cookies à 25%	Cookies à 35%	
Teneur en eau (%)	7,20	6,47	6,55	6,56	7,5
pH	3,80	4,1	2,76	4,8	Max 4,5

La teneur en eau des Cookies préparés à base de farine à différent pourcentages de poudre de lactosérum, se situe entre 6,47 et 6,57 %, ne dépassant pas la norme interne recommandée à BIMO. Celle du biscuit témoin est plus élevée (7,20%). La poudre de lactosérum a ainsi fait baisser encore la teneur en eau dans la farine, à côté de la cuisson et de la température qui peuvent aussi jouer un rôle dans l'abaissement de la teneur en eau.

Le pH des cookies à différents pourcentages de lactosérum est plus élevé, il atteint 4,8 pour le biscuit à 35% de lactosérum, alors que celui du témoin est de 3,80. Ceci est dû à la contribution du lactosérum doux à faire augmenter le pH de la farine à partir de laquelle le biscuit a été préparé.

V.2. Résultats des analyses microbiologiques

V.2.1. Sur la farine

Armend et Germend (1992), rapportent que toutes les farines commerciales doivent subir un test microbiologique avant leur utilisation, du fait qu'elles ne devraient pas dépasser un nombre total de germes de 15000/g et doivent être exemptes d'*Escherichia coli* et de *Salmonella*.

Les résultats du contrôle microbiologique effectué sur la farine sont donnés dans le tableau 22.

Tableau 22 : Résultats du contrôle microbiologique sur les différentes farines

Micro-organisme	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Méthode appliquée	Références Réglementaires
<i>Escherichia coli</i>	Abs	abs	abs	NF V08-17	Journal officiel N°39 2 juillet 2017 Critères microbiologiques des denrées alimentaires - Art 3 et Art6
Staphycoques à coagulase+	Abs	abs	Abs	ISO 6888-1	
Moisissures	abs	abs	abs	ISO 21527-1	
Germes anaérobies sulfite-réducteurs	abs	abs	abs	Norme XP V-08-061	

abs : absence / Art : article

Ces résultats montrent une absence des germes recherchés, ils sont en effet appuyés par les observations suivantes :

- ✚ La lecture sur milieu Gélose lactosé bilié au cristal violet et au rouge neutre (VRBL) a montré une absence d'*Escherichia coli*, ainsi que la lecture sur milieu de Baird Parker qui a révélé une absence de *Staphylococcus*. Ceci s'est traduit par un non changement de couleur dans les boîtes pour les deux types de germes.
- ✚ La même constatation a été faite pour la lecture sur milieu glucosé viande-foie, où il n'y pas eu de grosses colonies noires de *Clostridium* sulfite réducteurs, ainsi qu'aucun changement de couleur n'a été remarqué dans les tubes.

✚ La lecture sur milieu Sabouraudn’a pas révélé la présence de Moisissures, puisque la couleur dans les boites n’a pas changé.

Ceci confirme que la farine utilisée est de qualité microbiologique satisfaisante, et qu’elle a été maintenue dans de bonnes conditions de conservation.

V.2.2. Poudre de lactosérum

Les résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lactosérum sont portés dans le tableau 23.

Tableau 23 : Résultats des analyses microbiologique de la poudre de lactosérum

Micro-organisme	Essai 1	Essai 2	Essai 3	Méthode appliquée	Références Réglementaires
					Entérobactéries
Staphycoques à coagulase+	abs	abs	abs	ISO6888-1	
<i>Salmonella</i>	abs	abs	abs	ISO 6579	

abs : Absence

Le contrôle microbiologique de la poudre de lactosérum doux a révélé une absence des germes pathogènes recherchés, du fait que la lecture sur milieu Gélose Glucose Biliée au (VRBG) a montré que la couleur n’a pas changé dans les boites, de ce fait les Entérobactéries sont absentes .De même pour lecture sur milieu de Baird Parker utilisé pour la recherche des Staphylocoques, ainsi que sur l’Eau Peptone Tamponée (EPT) où les Salmonelles sont absentes. Ceci indique que la poudre de lactosérum, employée est de qualité hygiénique sure.

V.2.3. Biscuit

Le tableau 24 portant sur les résultats microbiologiques des différents biscuits, signale une absence totale des germes pathogènes et de contamination.

Tableau 24 : Résultats des analyses microbiologiques du biscuit

Micro-organisme	B Témoin	B à 15%	B à 25%	B à 35%	Méthode appliquée	Références Réglementaires
Germes totaux à 30°C	abs	abs	abs	abs	ISO 4833	Journal officiel N°39 de 2 juillet 2017 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires – Art 3 et Art 6
<i>Escherichia coli</i>	abs	abs	abs	abs	NF V08-17	
Moisissures	abs	abs	abs	abs	ISO 21527-1	
Staphycoques	abs	abs	abs	abs	ISO 6888-1	
<i>Salmonella</i>	abs	abs	abs	abs	ISO 6579	

B : Biscuit/ Art : article/ abs : absence

Ceci a été obtenu grâce à une hygiène parfaite du matériel utilisé, des locaux et du personnel. On note également l'efficacité du traitement thermique adopté (cuisson à une température de 150 à 250°C pendant 05 minutes), capable d'éliminer les formes sporulées.

V.3. Résultats de l'évaluation sensorielle des biscuits préparés

L'évaluation sensorielle effectuée sur les Cookies préparés, nous permet de faire une estimation de l'effet de l'incorporation de la poudre du lactosérum à la farine.

Un panel de 18 personnes âgées entre 12 et 65 ans des deux sexes, ont dégusté les biscuits témoins et à différents taux d'incorporation en lactosérum (15, 25 et 35 %)

Les critères évalués sont : « la forme, la couleur, le goût, la friabilité et l'odeur ».

Le comptage des notes pour l'épreuve sensorielle de chaque caractère étudié est fait selon trios catégories :

- Catégorie médiocre : note 2
- Catégorie bonne : note 3
- Catégorie très bonne : note 4

Les différents résultats sont représentés dans le tableau 25.

Tableau 25 : Résultats de l'analyse sensorielle des cookies préparés

Caractéristique	Biscuit	Nombre de sujets évaluant le biscuit		
		Médiocre	Bon	Très bon
Forme	Biscuit témoin	0	12	6
	Biscuit à 15%	3	10	5
	Biscuit à 25%	9	6	3
	Biscuit à 35%	4	8	6
Couleur	Biscuit témoin	0	13	5
	Biscuit à 15%	1	6	11
	Biscuit à 25%	7	10	1
	Biscuit à 35%	6	9	3
Odeur	Biscuit témoin	0	11	7
	Biscuit à 15%	1	9	8
	Biscuit à 25%	8	6	5
	Biscuit à 35%	0	14	4
Goût	Biscuit témoin	0	15	3
	Biscuit à 15%	4	8	8
	Biscuit à 25%	8	7	3
	Biscuit à 35%	2	11	5
Friabilité	Biscuit témoin	0	9	9
	Biscuit à 15%	0	8	10
	Biscuit à 25%	3	9	6
	Biscuit à 35%	0	7	11
Appréciation générale	Biscuit témoin	0	13	5
	Biscuit à 15%	4	7	7
	Biscuit à 25%	6	8	4
	Biscuit à 35%	3	9	6

L'évaluation de chaque caractéristique sensorielle séparément, est illustrée dans des figures.

❖ La forme

La forme des biscuits présentés aux dégustateurs est une caractéristique physique qui concerne la fissuration, l'état de surface, les dimensions et le poids du biscuit.

La figure 18 représente l'influence de la poudre du lactosérum incorporée dans la farine sur la forme des biscuits témoin et des biscuits préparés à base de farine enrichie à différents taux de lactosérum.

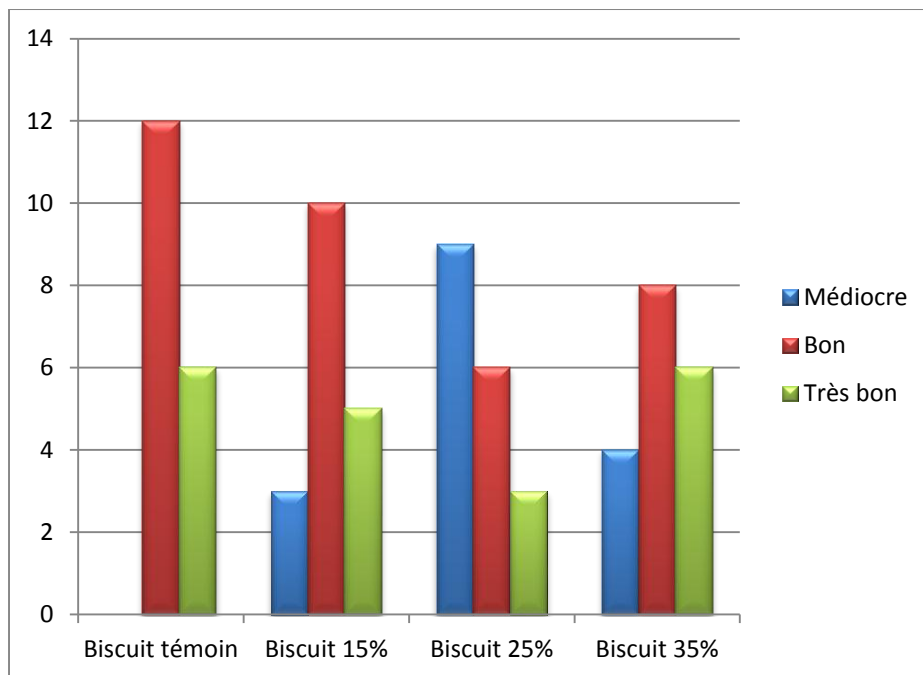


Figure 18 : Evaluation de la forme des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

On observe que la forme des cookies à base de 15% de farine enrichie en lactosérum est la plus acceptable en raison de sa forme proche de celle des cookies témoin sans lactosérum. Par contre, la forme des cookies à 25 et 35% est moins appréciée.

❖ La couleur

La couleur est un critère de qualité, fondamental pour l'acceptation des produits, son apparition commence vers les dernières étapes de la cuisson.

La figure 19 montre l'influence de la poudre du lactosérum incorporée dans la farine sur la couleur des biscuits témoin et des biscuits préparés à base de farine enrichie à différents taux de lactosérum.

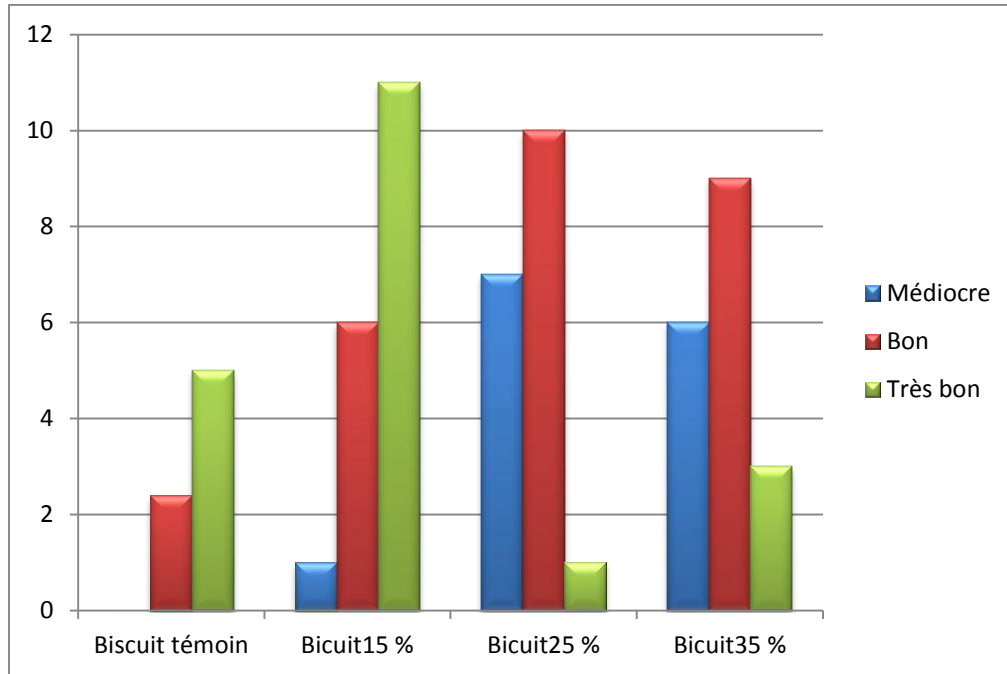


Figure 19 : Evaluation de la couleur des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

Les cookies à base de 15% de farine enrichie en lactosérum sont les plus acceptables, en raison de leur couleur brune comparable à celle des cookies témoin, tandis que les cookies de 25% et 35% présentent une couleur plus foncée à cause de l'augmentation du taux de la poudre de lactosérum qui exerce un effet de caramélisation.

Cheftel (1977) confirme que le développement de la couleur est le résultat de réactions Maillard ou de caramélisation. Ces réactions se manifestent sous l'influence de plusieurs paramètres qui agissent au cours du processus de cuisson dont la température et l'humidité.

❖ L'odeur

L'arôme des biscuits représente l'ensemble des composés volatils odorants, se formant généralement au niveau de la cuisson, cette odeur est le résultat de réactions non enzymatiques concernant en particulier le sucre et la matière grasse.

La figure 20 représente l'influence de la poudre du lactosérum sur l'odeur des biscuits témoin et des biscuits à différents taux de lactosérum.

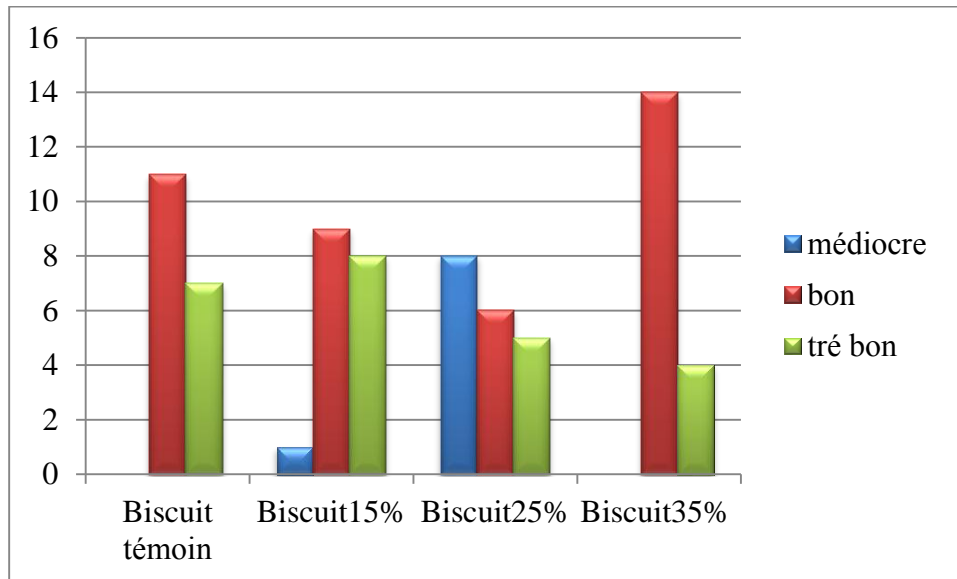


Figure 20 : Evaluation de l’odeur des biscuits en fonction du taux d’incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

En comparaison avec les cookies à 25%, on remarque que les cookies à base de 15 et 35% de farine enrichie au lactosérum sont les plus appréciés, en raison de leur agréable odeur.

❖ **Le goût**

Le goût est un ensemble de sensations gustatives, olfactives et de sensibilité chimique perçue lors de l’introduction de l’aliment dans la bouche.

La figure21 montre l’influence de la poudre du lactosérum sur le goût des biscuits.

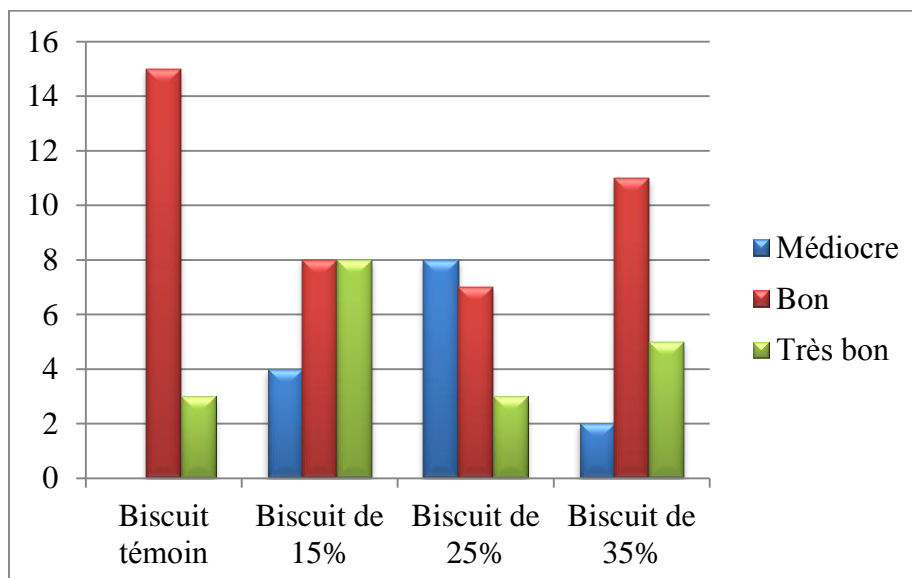


Figure 21 : Evaluation du goût des biscuits en fonction du taux d’incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

On note que l'incorporation de la poudre du lactosérum à 35 % a amélioré le goût des cookies, contrairement aux autres taux.

❖ La friabilité

La figure 22 expose l'influence de la poudre du lactosérum sur la friabilité des biscuits préparés.

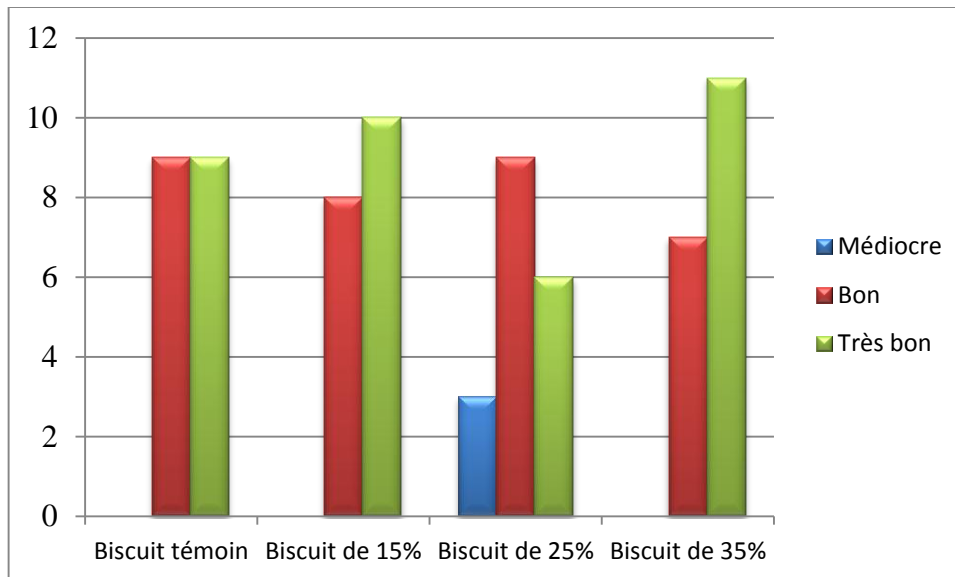


Figure 22 : Evaluation de la friabilité des biscuits en fonction du taux d'incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

L'appréciation de la friabilité des cookies est jugée très bonne de la part des dégustateurs, et ceci pour les cookies à 15 et 35% contrairement aux cookies sans lactosérum et ceux préparés à base de farines à 25% de lactosérum.

❖ Appréciation générale

L'appréciation générale pour un biscuit montre l'acceptabilité d'une façon générale de l'ensemble des critères sensoriels évalués (figure 23).

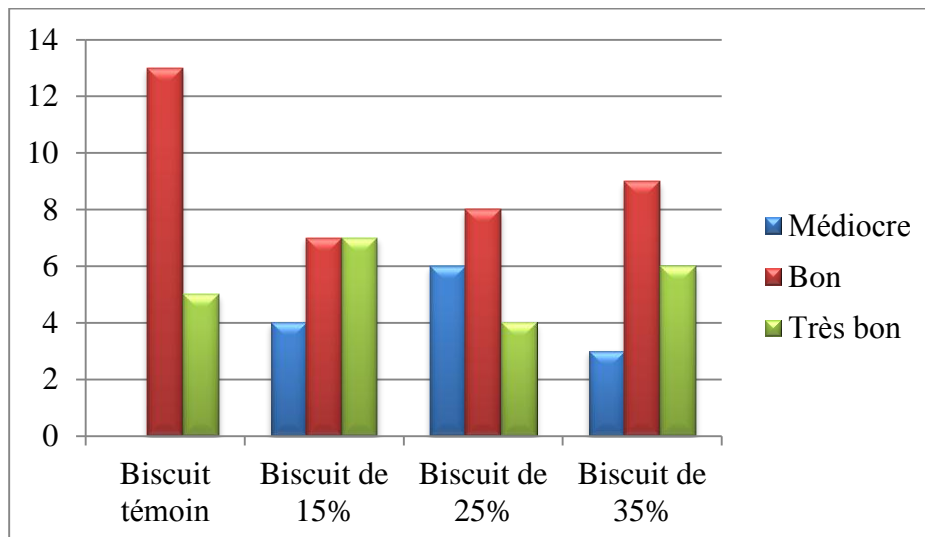


Figure 23 : Appréciation générale des biscuits en fonction du taux d’incorporation de la poudre du lactosérum dans la farine.

Les cookies à base de farine à 15% de lactosérum ont marqué une bonne appréciation par rapport aux biscuits témoin. Ceux à 25%, ont été jugés médiocres, alors que les cookies à 35% ont été appréciés.

La figure 24 : représente des photographies prises pour les cookies préparés base des différentes farines employées, à savoir : la farine témoin sans lactosérum et les farines à différents taux de lactosérum (15, 25 et 35%).



Cookies témoin avec farine sans lactosérum



Cookies avec farine 15% de lactosérum



Cookies avec farine à 25% de lactosérum



Cookies avec farine à 35% de lactosérum

Figure 24 : Cookies préparés aux différents taux du lactosérum.



Conclusion



Conclusion

Compte tenu de la pénurie persistante d'énergie et des matières premières alimentaires, la valorisation des sous-produits est l'étape majeure des engagements environnementaux de l'entreprise pour l'amélioration de son image auprès des divers interlocuteurs. La valorisation des sous-produits issus des industries agroalimentaires s'inscrit également dans la démarche de durabilité visant à améliorer ce type d'industrie et à aboutir à des produits à valeur ajoutée certaine.

Dans ce contexte, cette étude a consisté en un essai de valorisation du lactosérum, sous-produit de l'industrie fromagère, par l'incorporation de la poudre de lactosérum doux dans une farine destinée à la biscuiterie, du fait de sa richesse en éléments nutritifs et dans le but d'évaluer l'impact de cette incorporation sur la valeur nutritionnelle et organoleptique des biscuits préparés.

Les résultats obtenus à partir des analyses physico-chimiques de la matière première et des biscuits élaborés, ont fait ressortir une conformité relative avec les normes recommandées et ceci pour l'ensemble des paramètres, ainsi qu'une amélioration pour certains sous l'effet de l'incorporation du lactosérum à différents taux. Par son incorporation dans la farine destinée à la biscuiterie, la valeur nutritionnelle du lactosérum a contribué à améliorer la qualité de la farine en augmentant notamment sa teneur en protéines.

Sur le plan microbiologique, les résultats ont reflété une bonne qualité, marquée par une compatibilité avec les normes et une absence des germes recherchés.

L'évaluation sensorielle des Cookies préparés à base des farines enrichies avec cette poudre de lactosérum, a révélé une appréciation acceptable pour la plupart des critères étudiés.

En conclusion, on pourrait confirmer que la poudre de lactosérum est un produit à valeur nutritionnelle certaine, capable d'être valorisée et dont le rejet dans la nature représentera une perte importante et une source de pollution non négligeable.

Il est souhaitable que ce travail soit complété à titre d'exemple, par une substitution du lait par de la poudre de lactosérum en utilisant des taux plus élevés et par une recherche plus approfondie des opportunités que pourrait apporter la valorisation du lactosérum à l'industrie biscuitière.



ANNEXE



ANNEXE N° I

1. Présentation de l'unité BIMO



Historique :

En 1984, a été créée en zone industrielle de Baba Ali, une première usine dénommée « Biscuiterie Moderne » BIMO par abréviation.

Le dynamisme de son manager a permis un développement rapide de ses activités productives.

C'est ainsi qu'en 1986 a été créée une unité de fabrication de chocolat et de végécao, devenu leader national en ces produits.

En 1997 a été inauguré une unité de transformation du cacao. Première unité de ce type d'industrie en Algérie, elle approvisionne les unités du groupe ainsi que les entreprises industrielles nationales. D'autre part, une grande partie de sa production est destinée à l'export.

en 1999, le groupe BIMO a mis en production la première unité de Gaufrette à Baba Ali où sont concentrés l'essentiel des ses activités.

Actuellement, le groupe BIMO dispose de 06 unités de productions travaillant toutes dans le secteur de l'industrie agroalimentaire. Constituées en société à responsabilité limitées (SARL).celles-ci sont :

Les unités de biscuiterie moderne :

- SARL de biscuiterie moderne BIMO : une unité de biscuiterie à Baba Ali (wilaya d'Alger).

- SARL Chocolaterie BIMO : une unité de chocolaterie à Baba Ali (wilaya d'Alger).
- SARL Cacao BIMO : une unité de transformations de fève de cacao à Baba Ali (wilaya d'Alger).
- SARL Gaufretterie BIMO : une unité de gaufretterie à Baba Ali (wilaya d'Alger).

Le groupe BIMO assure également les fonctions approvisionnement et commercialisation des produits fabriqués par ses usines à travers son propre réseau de distribution.

Le groupe BIMO compte introduire de nouveaux produits sur le marché national et à l'export.

Dans le but de satisfaire plus sa cliente, en 2011 le groupe BIMO est engagé la démarche d'amélioration de la qualité sous le référentiel ISO version 2008.

2. composition de l'unité de biscuiterie :

L'unité de biscuiterie ce dépose de :

- Trois laboratoires : un laboratoire contrôle de qualité physicochimique, laboratoire microbiologique et un laboratoire traitement des eaux.
- Département de production.
- Département de maintenance.
- Magasins de réception la matière première.

03 salles de fabrication et d'emballage :

- La première salle occupe 04 chaînes de fabrication.
- La deuxième salle occupe 01 chaîne de fabrication.
- La troisième salle occupe 02 chaînes de fabrication.

3. Quelques types de produits fabriqués par la biscuiterie BIMO :

- Cookies de BIMO
- Galettes de BIMO junior et senior
- Casse-croute
- Biscuits Macao
- Tongo enrobe et decore.

❖ **Présentation de Altesse labo**

Altesse Labo est un laboratoire prestataire de services de contrôle de qualité et de conformité, créé en 2014, autorisé par le ministère de commerce. Pour répondre aux besoins des industries (agro-alimentaire, détergents, cosmétiques) en raison d'assurer les différents analyses microbiologique, biochimiques et physico-chimique.

1. L'attache principale de laboratoire :

Vérification de la conformité des produits par rapport aux normes et spécifications légales ou réglementaires qui les caractérisent.

Assure les prélèvements des matières premières et des produits finis.

Une offre très complète d'analyses physico-chimiques et microbiologiques.

2. Le laboratoire dispose de 3 départements:

Département des Analyses Physico-chimiques

Département des Analyses Microbiologiques

Département de Commercialisations des Equipements, Réactifs et Consommables de
Laboratoire

ANNEXE N° II

1-Matériel :

1-1 Matériel utilisé pour les analyses physico-chimiques

- **Verrerie :**
 - + Pipette graduée
 - + Fiole de 100 et 500 ml
 - + Bécher à 100,200 et 500 ml
 - + Dessiccateur
 - + Capsule en porcelaine
 - + Broyeur
 - + Burette à robinet
 - + Tubes à essai
 - + Baguette en verre
- **Appareillage :**
 - + Balance analytique
 - + PH-mètre
 - + Etuve
 - + Bain-marie
 - + Four électrique(température de $900\pm 25^{\circ}\text{C}$)
 - + Humidimètre
 - + Pince métallique
 - + Agitateur viscosimétrique métallique
 - + Dessiccateur
 - + Thermomètre
 - + Centrifugeuse de gerber
 - + Centrifugeuse
- **Réactifs**
 - + Solution de PH tampon
 - + Hydroxyde de sodium à 0.05N
 - + Phenolphtaléine (1g pour 100ml dans l'éthanol à 0.95)
 - + eau distillé
 - + Kovacs

1-2 Matériel utilisé pour les analyses microbiologiques :

- + Bain marie
- + Boîtes de pétri
- + Etuves (réglables à 30°C, 37°C, 44°C, 55°C)
- + Homogénéisateur
- + Balance de précision
- + Micropipette
- + Spatule
- + Pipettes gradués
- + PH mètre
- + Autoclave
- + Bec bunsen
- + Tubes à vis stériles
- + Verreries (erlenmeyer, éprouvette, flacons, bécher, entonnoirs,....)
- + Pipettes pasteur

• Les milieux de culture

- + **EAU PHYSIOLOGIQUE STERILE** : elle est utilisée pour préparer les suspensions et les dilutions.
- + **EPT** : Eau peptone tamponnée
- + **TSE** : Tryptone Sel Eau
- + **VRBG** : gélose lactose biliée au cristal violet et au rouge neutre
- + **Rappaport-Vassiliadis ,Bouillon RVS** : Bouillon au vert malachite et au chlorure de magnésium ;
- + **PCA** : Gélose Cout Agar
- + **Milieu de Baird Parker**
- + **Milieu SABOURAU DCHLORAMOHENICOLDEXTROSE AGA**
- + **VF** : Viande Foie
- + **VRBL** : Géloselactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

. Photographies originale de les matériels utilisées pour les analyses physicochimiques et microbiologiques



Figure 1 : pH mètre



**Figure 2 :
Humidimètre**



**Figure 3 :
Centrifugeuse**



**Figure 4 : Four à
moufle**



**Figure 5 :
Dessiccateur**



Figure 6 : Agitateur



Figure 7 : Balance



Figure 8 : Bain marie



**Figure 9 : Bec
bunsen**



**Figure 10 : portoir avec
tube à vis**



**Figure 11 : Boite
pétri**



**Figure 12 :
Emboutes stériles**

Annexe N°III

❖ COMPOSITIONS DES MILLIEUX

1-eau physiologique :

- chlorure de sodium 90g
- Eau distillé 1000ml
- PH=7.5

2- Recherche des salmonelles (NA 1203 / ISO 6579, 2002)

❖ Eau peptonée tamponée (EPT)

✓ Composition :

Digestat enzymatique de caséine	10,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Disodium hydrogène phosphatedod écahydraté (Na ₂ HPO ₄ , 12H ₂ O)	9,0 g
Dihydrogène phosphate de potassium (KH ₂ PO ₄)	1,5 g
Eau	1000 ml

✓ Préparation :

Dissoudre les composants dans l'eau, en portant à ébullition. Ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation, il soit de 7,0. Stériliser pendant 20 min à 121 °C ± 1 °C.

3- Recherche des *Staphylococcus aureus* à 37°C (NF V 08-057-1, 1994)

❖ Milieu de Baird Parker

❖ Milieu de base

✓ Composition :

Peptone pancréatique de caséine	10,0 g
Extrait de levure	1,0 g
Extrait de viande	5,0 g
Chlorure de lithium	5,0 g
Agar-agar	12 g à 22 g
Eau	900 ml

✓ Préparation :

Dissoudre le milieu déshydraté dans l'eau, en portant à ébullition.

Répartir le milieu dans des flacons de capacité de 200 ml. Stériliser le milieu à 121 °C pendant 15 min.

✓ Solutions

Solution de tellurite ;

Emulsion de jaune d'œuf.

4- Recherche et dénombrement les Enterobacteriaceae (ISO 21528-2)

✓ Gélose Glucose Biliée Au Cristal Violet ET AU Rouge Neutre (VRBG)

✓ Composition :

Peptone pepsique de viande	7.0g
Extrait autolytique de levure	3.0g
Glucose	10g
Sels biliaires	1.5g
Chlorure de sodium	5.0g
Rouge neutre	0.03g
Cristal violet	0.002g
Agar agar	13.0g

PH du milieu prêt à l'emploi à 25°C±0.2

✓ Préparation

Mettre 38g de poudre dans 1 litre d'eau distillée préalablement portée à 100°C pendant 10 minutes ,puis ramenée à la température du laboratoire ,attendre 5 minutes ;puis mélangé jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène.

5-Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfite -réducteur (NFT 90-415)

✚ Viande foie(VF)

✓ Composition :

Base viande foi	30g
Glucose	2g
Agar	6g
Amidon soluble	2.0g
Sulfite de sodium	2.5 g
Citrate ferrique	0.5g
PH final du milieu	7.4 à 7.6

✓ **Préparation**

Dissoudre 38 g de poudre dans 1 litre d'eau distillée .attendre 5 minutes, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'une suspension homogène .Chauffer lentement en agitant fréquemment, puis porter à ébullition jusqu'à dissolution complète .répartir à raison de 7à 8 ml par tube, stériliser à l'autoclave à $121^{\circ}\text{C}\pm 1^{\circ}\text{C}$ pendant 20 minutes.

5- Recherche et dénombrement des levures et moisissures (iso 21528-2)

✚ SABOURAU DCHLORAMOHENICOL DEXTROSE AGAR

✓ **Composition :**

Peptone pancréatique	30g
Peptone trypsine	2g
Gélose	20g
Agar	20g
Eau	1000 ml

✓ **Préparation**

Dissoudre 42 g de poudre dans 1 litre d'eau distillée .chauffer lentement en agitant fréquemment puis porter à ébullition jusqu'à dissolution complète. Répartir à raison de 8 ml par tubes ou de 100 ml par flacon, et stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 20 minutes.

7-Recherche et dénombrement des G.A.M.T. à 30°C (ISO 4833)

✚ GélosePlateCount Agar (PCA)

✓ **Composition :**

Digestat enzymatique de caséine	5,0 g
Extrait de levure	2,5 g
Glucose anhydre ($\text{C}_6\text{H}_{12}\text{O}_6$)	1,0 g
Agar	9,0 g à 18,0 g
Eau	1000 ml

✓ **Préparation :**

Dissoudre le milieu complet déshydraté dans l'eau, en portant à ébullition quelques minutes. Ajuster le pH de sorte qu'après stérilisation il soit de $7,0\pm 0,2$ à 25°C . Répartir le milieu de culture dans des flacons de 200 ml. Stériliser à l'autoclave à 121°C pendant 15 min.

8-Recherche et dénombrement des coliformes et coliformes fécaux et ESCHERICHIA COLI

🚦 Gélose lactosée biliée au cristal violet et au rouge neutre (VRBL)

✓ Composition

Peptone	7,0 g
Extrait de levure	3,0 g
Lactose	10,0 g
Chlorure de sodium	5,0 g
Sels biliaires	1,5 g
Rouge neutre	0,03 g
Cristal violet	0,002 g
Agar-agar	12,0 à 18,0 g
Eau	1000 ml

✓ Préparation

Opérer comme suit pour conserver au milieu son pouvoir sélectif et sa spécificité.

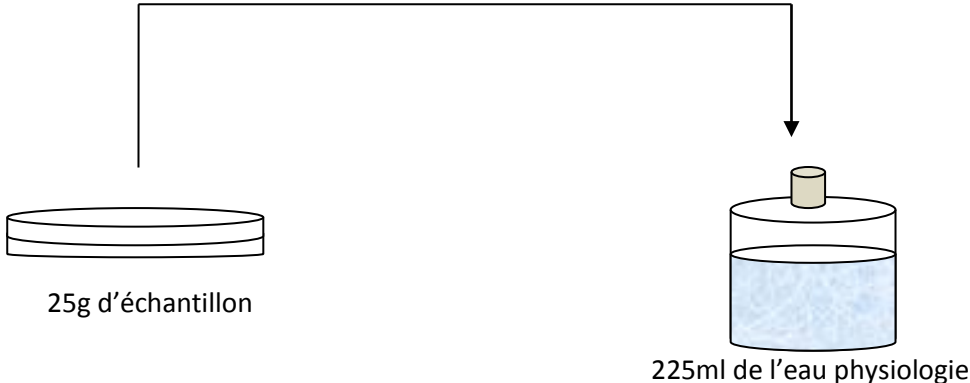
Mélanger vigoureusement le milieu complet déshydraté dans l'eau et laisser reposer quelques minutes. Ajuster le pH de sorte qu'après ébullition, il soit de 7,4 à 25 °C. Amener à ébullition en agitant de temps en temps.

Laisser bouillir pendant 2 min. Stériliser à 110 °C pendant 20 min.

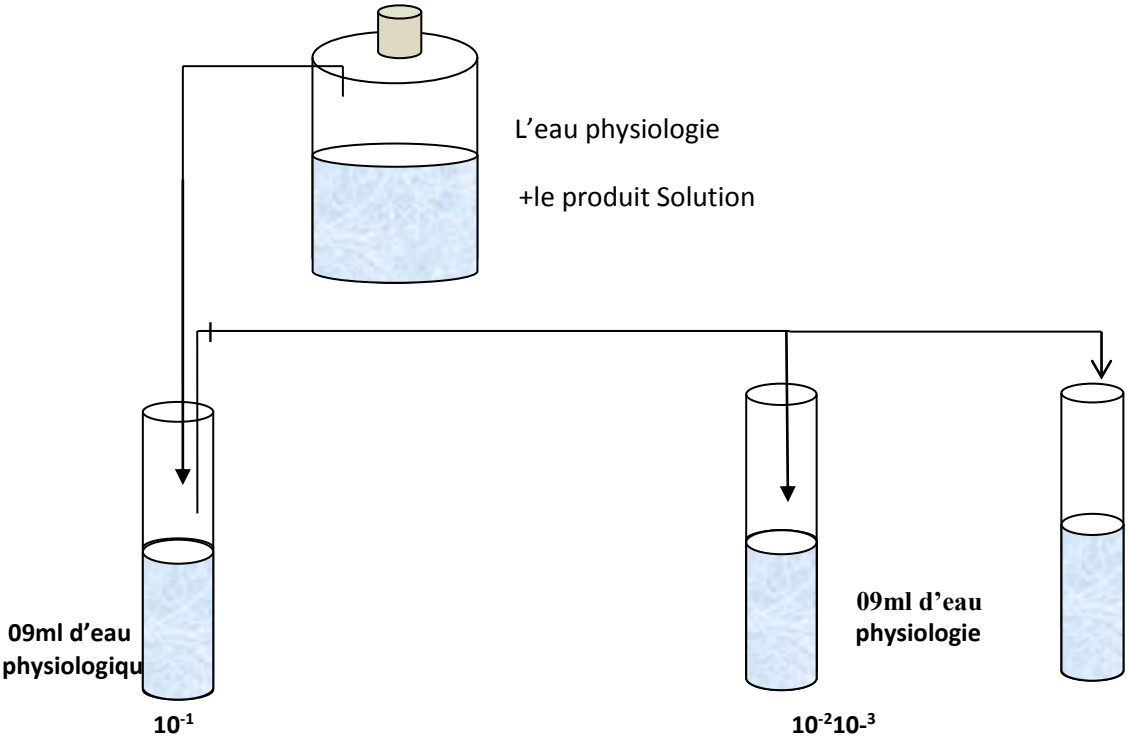
Figure13 : photographies représente plans de travail préparé pour faire les analyses microbiologique



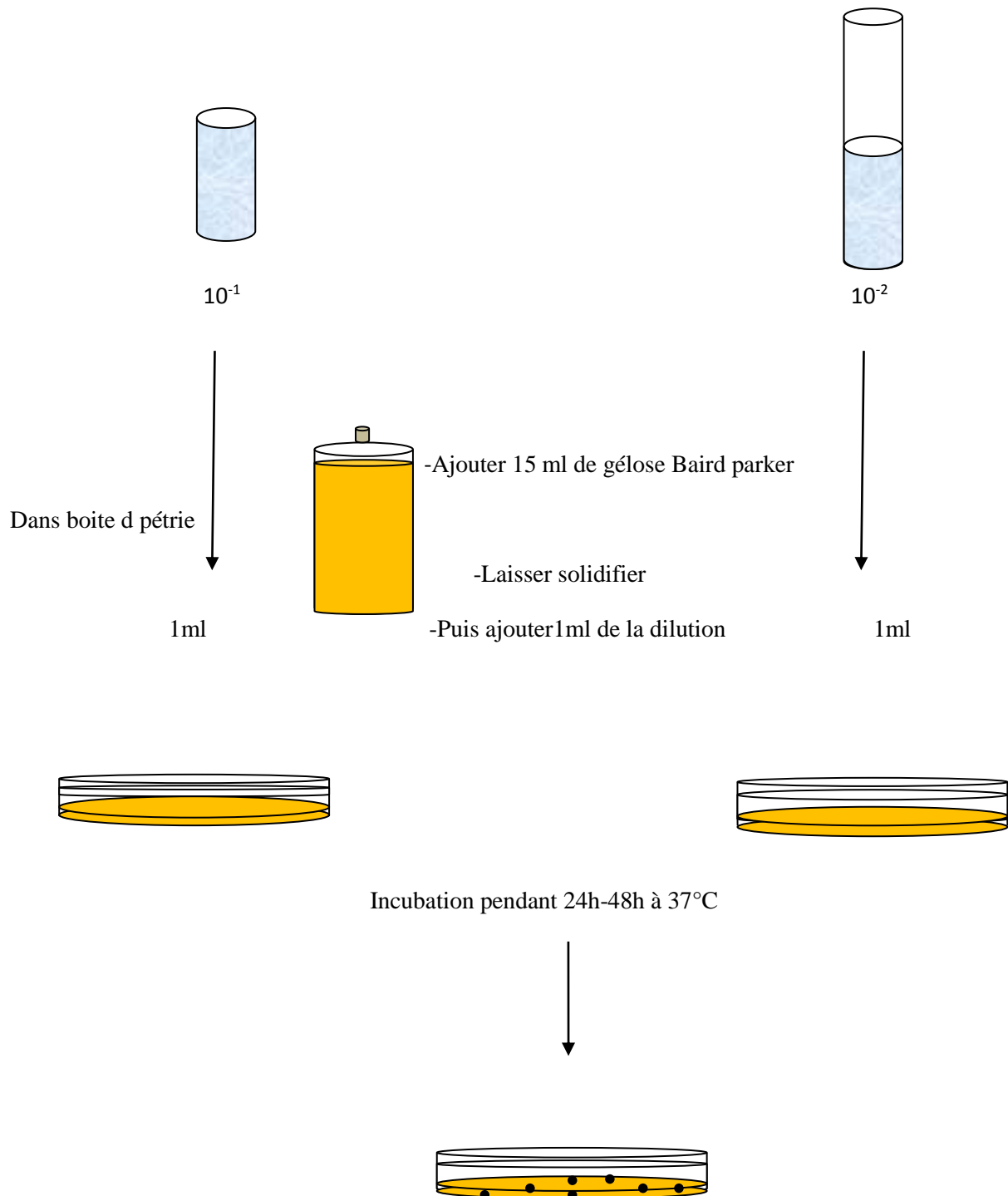
Schéma montre différent les étapes d'analyses microbiologiques



Préparation de solution mère

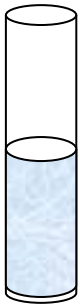


Préparation de solution mère et les dilutions décimales jusqu'à 10^{-3}

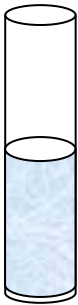


Recherche et dénombrement des Staphylococcus aureus

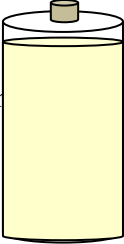
Jusqu'à 10^{-3}



10^{-1}



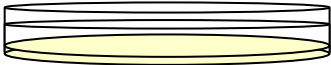
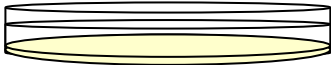
10^{-2}



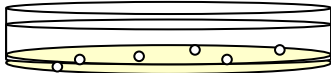
- Couler le gélose sabouraud dans des pétries ;
- Laisser solidifier ;
- Puis ajouter 1ml de la dilution

1ml

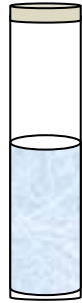
1ml



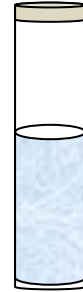
Incubation à 22°C pendant 5 jours



Recherche et dénombrement des levures et moisissures



10^{-1}



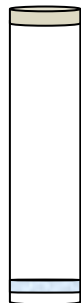
10^{-2}



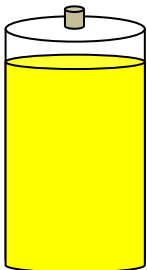
1ml



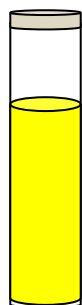
1ml



Bain d'eau 80°C pendant 10 min

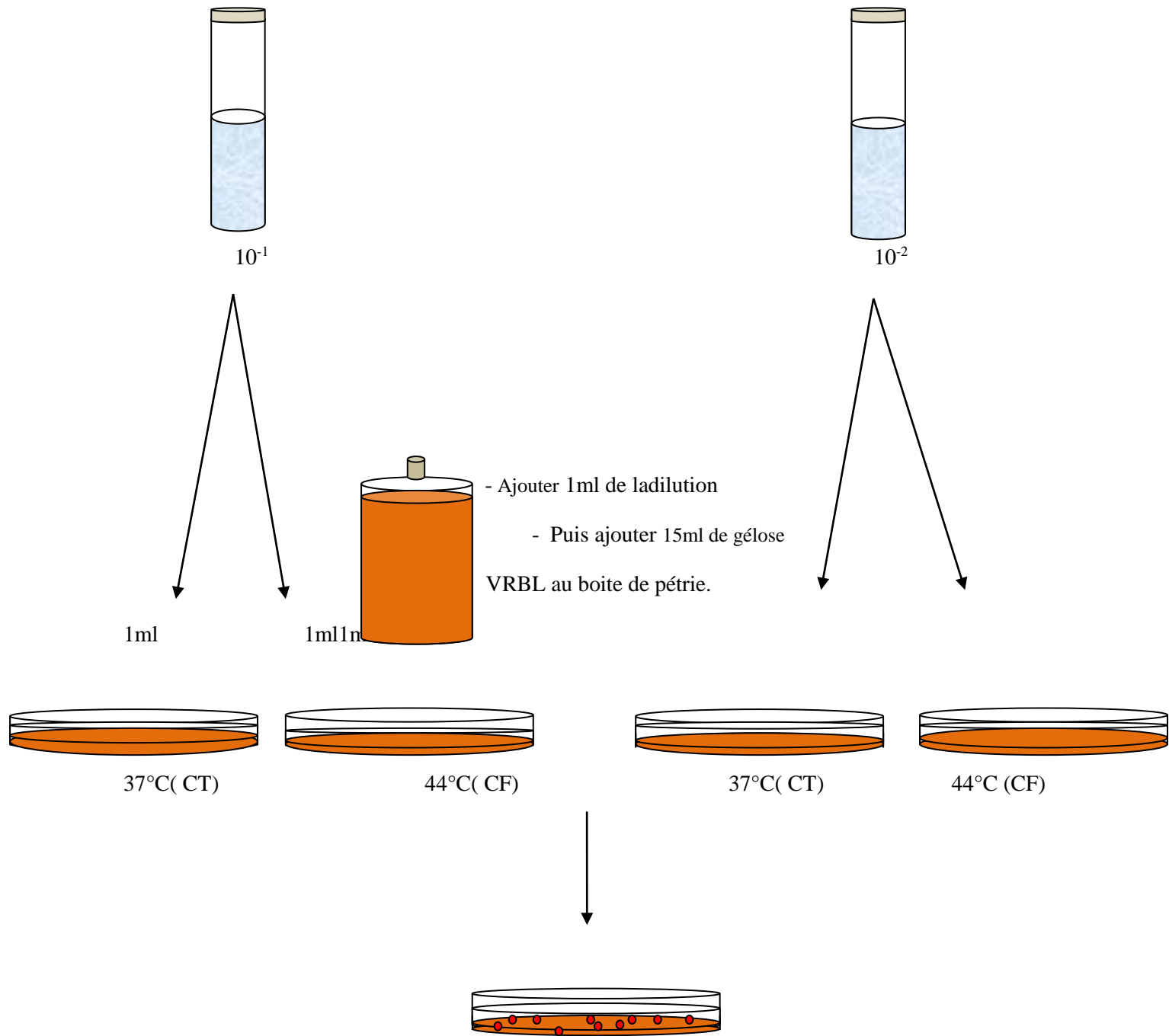


Ajouter 10ml de
Gélose de VF



Incubation à 37°C pendant 84 heures

Recherche et dénombrement des Clostridium Sulfito-réducteur



Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux

Annexe V

❖ Etapes de fabrication des cookies

1. Crémage :

La figure 14 présente une photographie de crémage des ingrédients.



2. Pétrissage :

La figure15 présente une photographie de la pâte obtenue après le pétrissage



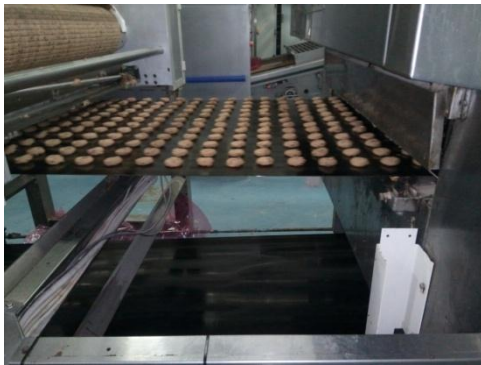
3. Façonnage de la pâte :

La figure 16 présente une photographie des cookies façonnés manuellement.



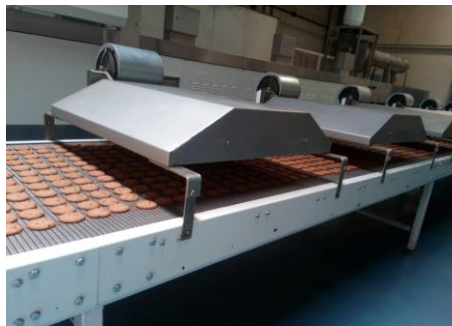
4. Cuisson :

La figure 17 présente la rentrer de nos cookies au four à l'aide d'un tapis.



5. Refroidissement :

La figure 18 présente une photographie du refroidissement des cookies à l'aide des ventilateurs.



6. Emballage et conditionnement :

❖ **Fiche de dégustation**

Nom :

prénom :

Sexe :

Age :

Caractéristiques	Biscuits	Nombre de sujet apprécier le biscuit		
		Médiocre	Bon	Très bon
La forme	Biscuit témoin			
	Biscuit15%			
	Biscuit25%			
	Biscuit35%			
La couleur	Biscuit témoin			
	Biscuit15%			
	Biscuit25%			
	Biscuit35%			
L'odeur	Biscuit témoin			
	Biscuit15%			
	Biscuit25%			
	Biscuit35%			
Le goût	Biscuit témoin			
	Biscuit15%			
	Biscuit25%			
	Biscuit35%			
Friabilité	Biscuit témoin			
	Biscuit15%			
	Biscuit25%			
	Biscuit35%			

Figure 19 : Photographies des cookies préparées à base de farine de différent pourcentage du la poudre de lactosérum comparé avec cookies témoin sans lactosérum.



Cookies témoin
avec farine sans
lactosérum

Cookies avec
farine incorporé
15% du
lactosérum

Cookies avec
farine incorporé
25% du
lactosérum

Cookies avec
farine incorporé
35% du
lactosérum



Références bibliographiques



A

- ***Adrian J. et Potus J.** (1995). La science alimentaire de A à Z. 2ème édition. Lavoisier
- ***Agnes M (1986)** .Production des protéines des levures à partir du lactosérum brut : thèse 3ème cycle universitaire de Lyon.
- ***Ait-Ameur, L., Rega, B., Giampaoli, P., Trystram, G. et Birlouez-Aragon, I.,2008.** The fate of furfurals and other volatile markers during the baking process of a model cookie. Food Chemistry, 111: 758-763.
- ***Amellal R., 1995.** La filière lait en Algérie : Entre l'objectif de la sécurité alimentaire et la réalité de la dépendance. In : Les agricultures maghrébines à l'aube de l'an 2000. Options Méditerranéennes, Série B, Etudes et Recherches, n° 14, 229-238
- ***Anonyme 2003** ; Contrôle de la qualité des céréales et protéagineux. Guide pratique nouvelle Ed mise à jour, 266 p
- ***Anonyme 1** : Norme Algériennes créations du 22/05/03
- ***Anonyme A, (1999)** . Extrait tiré des Nouvelles de la Boulangerie Pâtisserie Supplément Technique I.N.B.P– 1er février 99
- ***Arevalo A, T.(2017)** . Étude environnementale comparative des procédés de valorisation du lactosérum. Université Laval p78.
- ***Arraba A., Benjelloun., Hamama A., Hamimaz R., Zahar M., 2001.** Organisation de la filière laitière au Maroc. In : les filières et marchés du lait et dérivés en méditerranée.
- ***Armand B.et Germain.M.1992.**Le blé élément aux fondamentaux et transformation. Edition le presse de l'université Laval. P 288,293

B

- ***Bardy S .,Bentz M.,Bussière T.,Chatras J., Fontaine .,Gaugle M.,Lechat A ., Leurgronne O et Fick M. 2016.** Valorisation du lactosérum, Rapport de projet université de Lorraine.
- ***Benaouida K., 2008.** Etude de l'alpha amylase de levures isolées d'un écosystème extrême et cultivées sur un milieu à base de lactosérum. Mém. Microb. Appliquée, Univ. Mentouri Constantine. 104p.
- ***Bergel D., Feron A., Mollica., (2004).** CRESO – Université de CAEN ESO - UMR 6590 CNRS N° 21.
- ***Botofonja G K. 1994-** Etude de l'activité acidifiante de Streptococcus salivarius thermophiles et Lactobacillus de lbruckii ssp bulgaricus et croissance d'un ferment lactique sur lactosérum. Mémoire d'ingénieur en technologie des industries agro-alimentaires, INA, El-Harrach. Alger, 90p.

- ***Boudry C., Maquet P et Montfort E, 2012.** Le lactosérum en alimentation porcine. Essentiel du Porc (L'). Vol. 19, pp 21-24
- ***Boudier J.F et Luquet F.M., 1980,** le lait source d'ingrédients performant et versatiles journal of agriculture food , Canada . 1233 -1246.
- ***Boudier J.F. et Luquet F.M. (1989).** Utilisation des lactosérums en Alimentation
- ***Boumghar M.Y., 2000.** La filière lait en Algérie : une production largement insuffisante.Agroligne, n°3,8-9.
- ***Bourgeois E.M.Mescle. J.F.Zucca.J.1996.**Microbiologie alimentaire. Tec et Doc, Lavoisier,Paris.p672.
- ***Branger ,A., 2007.**Alimentation et processus technologiques .
- ***Branger A.,Richer M.M,Roustel S.2009.**Processus technologiques et contrôle ,application pratique dirigées. Manuel pour les élèves .Educugri,édition Dijon.
- ***Brule G, Schuck P,Crougunne T, Ieantet R.(2006).**Science des aliments : Biochimie ,microbiologie procédés des produits .Paris :Tec et Doc .Lavoisier p 318.
- ***Burlet ,J. 2007.** Classification décimale inverselle ; Edition internationale, Volume 2.

C

- ***Chantal Let Shana B (2002)** représenté la CCL à Vitrine sur la boulangerie.
- ***Cheftel J.C 1977.** Introduction à la Biochimie et à la Technologie des aliments.
- ***Chene 2001.**la farine 1^{er} partie journal de L'ADRIANOR agro-jonction 26 .pp 1 ,8
- ***Codex Stan, 1985** (rev. 1-1995). norme codex pour la farine de blé. pp. 1 – 2.
- ***Codex Stan 289-1995** .norme codex pour la poudre de lactosérum
- ***Croguennec ,Th.Romain,J.Brulé ,G. 2008.**fondements physicochimique de la technologie laitières p31

D

- ***Debry G., 2006.** Lait nutrition et santé. Edition tech et doc, Lavoisier, Paris, p560.
- ***Dendouga w.,2006.** Isolement et identification de moisissures productrices de protéase à partir de milieux extremes. Mém. Biochimie-Microb.appliquée, Univ. Mentouri Constantine,84p.
- ***De Witt J.N. (2001).** Manuel de l'Enseignant sur le Lactosérum et les Produits de Lactosérum, 1erédn., EuropéenWheyProducts Association, Bruxelles, Belgique.
- ***Dilmi B., 2008.**Recommandation pour une stratégie générale du secteur laitier en Algérie :Séminaire international sur la filière lait : production et biotechnologie, Chlef 02,03Décembre, 2008.

F

- ***FAO, (1995)**. Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Vol 28, Col FAO, alimentation et nutrition. P: 271,199, 203,205,207
- ***Feillet, Pière., 2000**. Le grain de blé, composition et utilisation. Edition Quae, INRA. Paris,124 ,128 ,175,308 p.
- ***Fellows, P. J. (2009)**. Food Processing Technology - Principles and Practice (3rd ed., Vol.16). Cornwall, UK: Woodhead Publishing. Retrieved from.
- ***Ferrah A., 2000**. L'élevage bovin laitier en Algérie : problématique, question ethypothèses pour la recherche 3ème JRPA « Conduite et performances d'élevage » Tizi-Ouzou : 40-47.
- ***Fustier Patrick, J., 2006**. Influence des fractions de mouture de blé tendre (farines patente, decoupure et basse) sur les propriétés rhéologiques des pâtes et caractéristiques des biscuits.

G

- ***Geneviève Frenud.,1997**.Intérêts nutritionnel et diététique du lait de chèvre .acte du colloque, le lait de chèvre un atout pour la santé.p10.
- ***Germain Menard .,1992**. Pâtisserie industrielle in blé élément fondamentaux et transformation.université de LAVAL.pp349-390.
- ***Germain M,Boudreau A .,1992**. Le blé élément fondamentaux et transformation. Les presses d'université de LAVAL .p 288-413-437.
- ***Gérégorio Crini,pierre-Marie Badot. 2007**. Traitement et épuration des eaux industrielles polluées.procédés membranaires. Bioadsorptionet oxydation chimique. p 44
- ***Gharib 2007**.Cour des céréales, documentation gratuite en science des aliments
- ***Godon, B.1997**.Guide pratique d'analyse dans l'industrie des céréales .collection STTAA ,2^{ème}édition Tec et doc, Lavoisier.8198 Paris.
- ***Godon, B. Willm, C (1998)** : Industrie des premières transformations des céréales, Tec et doc, Lavoisier. Paris.
- ***Graippin R. lefier.D .Mazerolles (G). (2000)**. Analyse de lait et des produits laitiers .La

spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques. P 497, 540.

***Grégorio C, Pierre-Marie Bado, Guibal,E.. 2007.**chitine et chitosane du biopolymère a l'application.

I

***IDF. (1997).** Whey. Proceedings of the second International WheyConference. (I. D. Federation, Ed.) (1st ed.). Chicago, États Unis: International DairyFederation, Brussels, Belgique

***Iker E., Mushsin C., Sebnem H., (2006).**separation of whey Components by using ceramic composite membranes; desalination 189.

J

***Jacquot, A. (2007).** Étude de l'activité immunomodulante de peptides issus des protéines du lactoserum bovin, Université Laval.

***J ,c Vuillemand , S Gauthier.P ,paquin, 1989.**les ingrédients à base de protéines laitier pour les poudre de lactosérum

***Jouan P., 2002.**Lactoprotéines et lactopeptides propriétés biologiques .ed Quae INA.p14,12,127p

***Jovanović S, Barać M, Maćej O (2005) .**Whey proteins-Properties and Possibility of Application. Poljoprivredni fakultet, Nemanjina 6, 11080 Beograd, Srbija.

***Journal Officiel N°39 de2 juillet 2017 :** analyse microbiologiques des denrées alimentaires

***Journal Officiel Algérien (N°2/10-08-1998).**pour la farine.

K

***KHALDI., NAILI., 2001.** Dynamique de la consommation de lait et produits laitiers Tunisie. In: "Les filières et marchés du lait et dérivés en Méditerranée : état des lieux, problématique et méthodologie pour la recherche", Options méditerranéennes, série B, n°32, CIHEAM Montpellier, pp. 75-86.

***Koen D,Chris P (1999).**L'impact de la nutrition sur la santé .Lovain Grant p p7 ,146.

***Kosseva, M. R., Panesar, P. S., Kaur, G., & Kennedy, J. F. (2009).** Use of immobilized biocatalysts in the processing of cheese whey. International Journal of Biological Macromolecules, 45(5), 437–447

***Kiger, JG & J., (1992) .** Techniques modernes de la biscuiterie, pâtisserie, boulangerie industrielle et artisanales et produit de régime- Ed : DUNOD, Paris, Tome 2.313p.

L

***Lachebi S , BelakroufA , FoYellesF 2011** .Valorisation Du Lactosérum Par Technique Membranaire. Editions universitaires européennes. p 151.

***Laplanche J., Ducognon V., Trevisan D.**Traitement du lactosérum par filtration Sur compost ensemencé de vers, épuration of lactosérum in a compost filterwith worms, syndicat des apagistes, fruits communs et vendeur direct de Savoie, Maison De l'agriculture- 73/90 SAUT BALDOPH.2006.

***Lapointe-Vignola, C. (2002)**. Science et technologie du lait: transformation du lait. (Presses inter Polytechnique, Ed.) (2e ed.). Montréal, Qc: Fondation de technologie laitière du Québec.

***Lagueriviere J-F ,1981** .utilisation du lactosérum dans l'alimentation humaine traditionnelle revue : la techniques laitière N 925 paris

***Linden G et Lorient D, 1994**. Biochimie agro-industrielle Valorisation alimentaire de la production agricole. Masson, Paris Milan Barcelone, pp 392.

***Londeix Olivier(2012)**. Le biscuit et son marché. Presses universitaires de Rennes.

***Luquet F1990**.Les produits laitiers vaches, Brebis, Chèvre .techniques et documentation ,2^{ème}édition, lavoisier .Paris .p44-47

***Luquet et François 1990**. Lait et les produits laitiers vache : vache, brebis, chèvre : Tome II technique et documentation.

***Luquet F.1985**.Les produits laitiers vaches ,Brebis, Chèvre .produit laitiers transformation et technologie. ED.Arria.Paris.p 1-108.

***Le blanc 2008**.Les caractéristiques rhéologiques des pâtes. alimentation humaine condensé de cour

M

***Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.M.,Allaf, K. etPatras,C., 1998**. Effect of principal ingredients on rheological behavior of biscuit dough and on quality of biscuits. Journal of Food Engineering. 35: 23-42.

***Maache-Rezzoug, Z., Bouvier, J.M.,Allaf, K. etPatras,C., 1998**. Effect of principal ingredients on rheological behavior of biscuit dough and on quality of biscuits. Journal of Food Engineering. 35: 23-42. Et ,**Chevalier , S** .(1999) . Structura and modifications of biscuit doughs

during baking-Role of ingredients . INRA . Paris . Les colloque 91 : 191-197.

***Mahaut, Janter R., Brule G. et Schuck P. (2000).** Les produits industriels laitiers. Editions techniques et documentation, Lavoisier, Paris. P 31, 35, 37.

***Marie F.B.Delplancke D.Grosjean F. Lebras A. Lebrun J.Leuillet M.Mahaut B .Martin G.Niquet G .Orlando D.Tailhardai Ch.**Controle de qualité des céréales et protéagineux (Guide pratique , laboratoire contrôle de qualité des céréales),2001.Paris .p168-215.

***Mereo M. (1971).** Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. ind, agro-alim, p:817,823.

***Mezian, S., 2011.** Influence du procédé de congélation sur les levures et les propriétés.

***Moletta R (2002).**Gestion des problèmes environnementaux dans les IAA. Paris: Tech et Doc 2002Xx -600p.

O

***OCDE .FAO 2019-2020.**Prespectives agricoles de l'OCDE de la FAO2019-2028.p196

***Omar S et Sabry S. 1991.**Microbial biomass and protein production from whey. Journal of Islamic academy of sciences ,4: 170-172.

P

***Panesar, P. S., Kennedy, J. F., Gandhi, D. N., &Bunko, K. (2007).** Bio utilisation of whey for lacticacid production. Food Chemistry, 105(1), 1–14.

***Panesar, P. S., Kumari, S., &Panesar, R. (2013).**Biotechnological approaches for the production of prebiotics and theirpotential applications. Critical Reviews in Biotechnology, 33(4), 345–364.

Poget-Ramscier C. 1993.Production d'acide lactique et acétique en vue d'une valorisation industrielle du petit lait et de son permeat par fermentation. Thèse de doctorat, école polytechnique fédérale de Lausanne.

***Prazeres, A. R., Carvalho, F., & Rivas, J. (2012).** Cheese whey management: A review. Journal of Environmental Management, 110, 48,68.

Patel R.S., Reuter H. (1996). Effet of sodium, calcium and phosphate on prophéties of rennet coagulated milk. Lebensmittel Wissens chaft Technol., 19(4). P: 28

***Proot,(2001)** ; technologie propre appliquée aux industries agro-alimentaires, ARIST BOURGOGNE

***Poget-Ramscier C. 1993.**Production d'acide lactique et acétique en vue d'une valorisation industrielle du petit lait et de son permeat par fermentation. Thèse de doctorat, école polytechnique fédérale de Lausanne.

R

- ***Ramet J. p 1993.** La technologie des fromages au lait de Dromadaire(Camelus, dromedarius), etude FAO 113p14.
- ***Ramesh C .Chandan,Arunklara,NagenfraP,Sah, 2015.** Dairyprocessing and quality assurance .P344
- ***Rodem, P. E.-T. (2010).**Dairy separation range for sound performance Tetra Centri AirTight. Tetra pack, 1–8.
- ***Romain J., Croguennec T., Schuck P. et Brule G. (2007).** Science des aliments technologie des produits alimentaires tec et doc, Lavoisier : 17 (456pages).
- ***Romain ,J.Croguennec ,T.Schuck ,P.Brulé,G, 2002.** Les produits laitiers 2^{eme}édon.p 165,168.

S

- ***Siso, M. I. G. (1996).** The biotechnological utilization of cheese whey: A review .Bio resource Technology, 57(1), 1–11
- ***Sottiez., (1990).** Produit dérivés des fabrications fromagères, lait et produit laitier, tom 2.Ed, lavoisier paris, PP : 357-392.
- ***Sottiez., 1999.** Produits dérivés des fabrications fromageries, in LUQUET F.M , Editions lait et produits laitiers volume2 tec et doc, Lavoisier, paris, p377.
- ***Spreer, E. (1998).** Milk and Dairy product technology. (A. Mixa, Ed.) (1st ed.). New York,États Unis: Marcel Dekker, INC.
- ***Srairi M.T., 2008.** Perspective de la durabilité des élevages de bovins laitiers au Maghreb à l'aune de défis futurs : libéralisation des marchés, aléas climatiques et sécurisation des approvisionnements.
- ***Srairi MT., Ben Salem M., Bourbouze A., Elloumi M., Faye B., 2007.**Perspectives de durabilité des élevages de bovins laitiers au Maghreb à l'aune des défis futur : libéralisation des marchés, aléas climatiques et sécurisation des approvisionnements. Colloque international « Développement durable des productions : enjeux, évaluation et perspectives », Alger, 20-21 avril 2008.
- ***Site web.**(<https://www.annabac.com/annales-bac/conservation-du-lait>)

T

***Tharrault, J.F., 1997.** Qualité biscuitière des farines de blé tender: des blés biscuitiers pour, une bonne maîtrise de la texture des biscuits. In, GODON B. et OISEL W. Guide pratique d'analyse dans les industries des céréales. Lavoisier. Tec. et doc. Paris, p819.

***Tetra Pak, 1995.** Manuel de transformation du lait. Tetra Pak Processing System, Suède,pp 442

***Tetra pack. (2003).** Dairy processing handbook. (L. Grafiska, Ed.) (2nd ed.). Lund, Sweden: Tetra Pak Processing Systems AB. Retrieved from

***Tifraouat,A.Ouhal,I.(2016).**Essai de panification avec incorporation de farine de datte.université M'hamed Bougara Boumerdes .Algérie.p89

U

***UNESCO. 2017.**Rapport mondial des nations unies sur la mise en valeur des ressources en eau ,les eaux usées une ressource inexploitee.p 67

V

***Van Cotom,M(2018).**Conception d'un mix pour cookies exemptes 14 allergènes alimentaires repris dans la législation européenne .travail de fin d'étude en vue d'obtention du diplôme master en management de l'environnement et de la conception des aliments .université de liège Belgique.

***Vierling E,(2003) :** Aliment et boisson-Filière et produit, 2 ème édition, doin éditeurs, centre régional de la documentation pédagogique d'Aquitaine:11(270 pages).

***Vrignaud Y ,1980.** le lactosérum matière noble pour les industries alimentaire humaine et animales .revue laitière française n°372

***Vrignaud Y,1983 :**valorisation du lactosérum une longue histoire ,Revue laitière française n°422 41-46

***Vuillemard, J.-C. (2015).** Chapitre 7- Les ingrédients laitiers. Quebec,Quebec: Université val.

W

***Walstrap ., 1999.** Casein submicelles, do they exist ? international dairy , Journal (9) .(3).

***Werner J ,Bauer R,Badoud G,Aline E(2010).**Prince de chimie de constituants et de technologies des procédés .Science et technologiesdes aliments 1er édition,paris ,p 720.

***Woo A. (2002).** La grande diversité du lactosérum. Agriculture et agroalimentaire, Canada, p3-13.

Y

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

***Yadav J.S.S.etal.,2015.**Chesse whey aprotenial resourse tottransform into bioprotein functional nutritionnal protein bioactive peptides .*Biotechnologie advance* 33/6/756.776

***Yahmi ,T,Tigharghar,D.(2017).**incorporation de la poudre de datte (Degla-Beida) dans la fabrication d'un aliment fonctionnel (Sablé) .Mémoire fin d'étude en vue d'obtention du Diplôme Master en science agronomique. Université MOULOUD MAMMARI de Tizi-Ouzou .Algérie.

***Yang J et Silva K., (1995).** Biotechnological Production of lactic Acid and Its Recent Application .*Biochem .Biotechnal .*, 1-10.