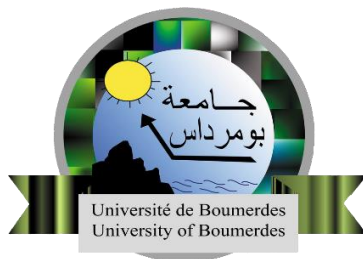


République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université M'Hamed Bougera Boumerdès
Faculté de Technologie



Mémoire En Vue de l'Obtention du Diplôme de Master
Domaine : Science et technologique
Filière : Génie des procédés

***Thème : Essais de fabrication d'un fromage à base
d'un Déchet de laiterie (lactosérum à l'ail et au persil)***

Présenté par :

Drah wassila

Devant le jury composé de :

Président

Pr. AKSAS Hamouche

Université de Boumerdes

Examinatrice

Pr. BOUGHRARA

Université de Boumerdes

Encadreur

Pr. MESSAOUD
BOUREGHDA

Université de Boumerdes

Année universitaire :2023-2024



Remerciements

الحمد لله الذي هدانا لهذا وما كنا لنهتدي لولا ان هدانا الله

Je remercie DIEU, qui nous a donné de la volonté et de la patience, pour étudier et élaborer ce modeste travail.

Tout d'abord mon promoteur Monsieur Bouraghda pour ses encouragements, sa patience, sa rigueur scientifique à approfondir les raisonnements au cours des discussions toujours fructueuses.

Au Personnel du Laboratoire de la laiterie et fromagerie de Boudouaou pour leurs aides et leurs chaleureux accueils.

A toute la noble famille de l'enseignement depuis notre première année au sein de l'université.

A toute personne ayant contribué de près ou de loin à ce travail.

Aux membres du jury d'avoir accepté de juger le présent travail.

Je remercie tout le personnel de l'université M'Hamed Bougera.

Finalement, je ne saurai clore cette liste sans avoir remercié ma famille qui nous ont encouragés pour que ce travail puisse voir le jour.



Dédicaces

Je dédie ce modeste travail à ceux qui m'ont
donné la vie, l'amour et le confort moral tout au long de mes études,
Mon cher papa et ma chère maman

Je souhaite que vous restiez toujours près de moi et que DIEU vous
protège et vous donne bonne santé, je vous aime.

A Mes chers sœurs **Sonia, Lydia** et mes chers frères **nasser, Imad,**
mosseab, Faiz, je vous réserve toujours une place dans mon cœur et
mes pensées,

Je vous adore.

A mes tantes, mes chers cousins et toute la famille, vous êtes les
meilleurs.

A mes chers amies **Yamina, djazia, Maroua, samah** qu'Allah vous
Donne tout le bonheur, merci d'être toujours là, je vous aime.

A toutes mes Amies et mes collègues de la promotion 2024 sans
exception

Résumé

La présente étude traite l'une des voies de valorisation d'un déchet de laiterie en l'occurrence le lactosérum issu de la fabrication du fromage à pâte pressée (Laiterie Fromagerie de Boudouaou). Le lactosérum, généralement écoulé dans le milieu environnemental sans traitement préalable, est soumis à un traitement thermique afin de récupérer les protéines et la matière grasse contenues sous forme de fromage type 'ricotta'.

Cinq essais de fabrications ont été effectuées successivement dont on a pris 9,5 L - 9,3 L - 9 L - 7 L et 5 L de lactosérum dans chaque fabrication. L'agrégation des protéines est provoquée par un chauffage du lactosérum à 95 °C pendant 10 à 20 min et renforcée par l'ajout d'acide acétique. Le contrôle de qualité physicochimique et microbiologique de ce fromage ainsi des matières premières (lait et lactosérum) montrent qu'ils sont de bonne qualité.

D'après l'analyse sensorielle de fromage ricotta naturel, le fromage ricotta aromatisé par l'ail et persil à faible et forte concentrations, on a constaté que le fromage à faible concentration de l'ail et persil est le plus apprécié par les dégustateurs.

Mots-clés : Valorisation, Lactosérum, Elaboration, Ricotta, Thermo coagulation, Fromage Caractérisation.

Abstract

This study addresses one of the ways of valorizing dairy waste, in this case whey from the manufacture of pressed cheese (Laiterie Fromagerie de Boudouaou). The whey, generally released into the environment without prior treatment, is subjected to heat treatment in order to recover the proteins and fat contained in the form of 'ricotta' type cheese.

Five manufacturing tests were carried out successively, of which 9.5 L -9.3 L -9 L-7 L and 5L of whey were taken in each production. Protein aggregation is caused by heating the whey at 95°C for 10 to 20 min and enhanced by the addition of acetic acid. The physicochemical and microbiological quality control of this cheese as well as the raw materials (milk and whey) show that they are of good quality. According to the sensory analysis of natural ricotta cheese, ricotta cheese flavored with garlic and parsley at low and high concentrations, it was found that the cheese with a low concentration of garlic and parsley is the most appreciated by the tasters.

Keywords: Valorization, Whey, Elaboration, Ricotta, Thermo coagulation, cheese, Characterization.

ملخص

تتناول هذه الدراسة إحدى طرق تثمين مخلفات الألبان، وهي في هذه الحالة مصل اللبن الناتج عن تصنيع الجبن المضغوط (Laiterie Fromagerie de Boudouaou). يتم إخضاع مصل اللبن، الذي يتم إطلاقه بشكل عام في البيئة دون معالجة مسبقة، للمعالجة الحرارية من أجل استعادة البروتينات والدهون الموجودة في شكل جبن "الريكوتا".

تم إجراء خمس اختبارات تصنيع على التوالي، منها 9.5 لتر - 9.3 لتر - 9 لتر - 7 لتر و 5 لتر من مصل اللبن في كل إنتاج. يحدث تراكم البروتين عن طريق تسخين مصل اللبن عند 95 درجة مئوية لمدة 10 إلى 20 دقيقة ويتم تعزيزه بإضافة حمض الاسيتيك. تظهر مراقبة الجودة الفيزيائية والكيميائية والمكروبيولوجية لهذا الجبن وكذلك المواد الخام (الحليب ومصل اللبن) أنها ذات نوعية جيدة.

وبحسب التحليل الحسي لجبن الريكوتا الطبيعي، جبن الريكوتا بنكهة الثوم والبقدونس بتركيزات منخفضة وعالية، فقد وجد أن الجبن الذي يحتوي على تركيز منخفض من الثوم والبقدونس هو الأكثر استحسانا لدى المتذوقين.

الكلمات المفتاحية: التثمين، مصل اللبن، الإنتاج، الريكوتا، التخثر الحراري، الجبن، التوصيف.

Sommaire

Remerciements

Dédicace

Résumé

Abstract

ملخص

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale.....1

Etude bibliographique

Chapitre I : Généralités sur le lait

1. Définition de lait.....	3
2. Composition de lait.....	3
3. Caractéristiques physico-chimiques de lait.....	4
4. Procédé de fabrication de lait.....	4
4.1 La traite.....	4
4.2 La pasteurisation.....	4
4.3 L'écémage.....	4
4.4 La stérilisation.....	5
4.5 L'emballage.....	5

Chapitre II : Généralités sur le lactosérum

1. Définition de lactosérum.....	6
2. Types de lactosérum.....	6
2-1 : Lactosérum doux.....	6
2-2 : Lactosérum acide.....	6
3. Sources de lactosérum.....	7
3.1 Fromagerie.....	7
3.2 Beurrerie.....	7
4. Composition de lactosérum.....	8
4.1 Le lactose.....	8
4.2 Les protéines.....	8
4.3 Les minéraux.....	9
4.4 Les vitamines.....	9
4-5 La matière grasse.....	9
5. Valorisation de lactosérum.....	10
5.1 Dans l'alimentation animale.....	10
5.2 Dans l'alimentation humain.....	11
5.3 Dans la biotechnologie.....	11
6. Pouvoir polluant du lactosérum.....	12

Chapitre III : Généralité sur le fromage

Partie I :

1. Définition de fromage.....	14
2. La composition de fromage.....	14
2.1 Les protéines.....	14
2.2 Le sodium.....	14
2.3 Le calcium.....	14
2.4 Les vitamines.....	15
2.5 Les lipides.....	15
2.6 La valeur énergétique.....	16
3. Valeur nutritionnelle de fromage.....	16
4. Différents types de fromage.....	17
4.1 Fromage frais.....	17
4.2 Fromage à pâte pressée.....	18
4.3 Fromage persillé.....	18
4.4 Fromage à pâte molle.....	19
4.5 Fromage fondu.....	21
5. Procédés de fabrication du fromage.....	22
5.1 La coagulation.....	22

5.2 L'égouttage.....	23
5.3 Le salage.....	23
5.4 L'affinage.....	23

Partie II :

1. Définition de fromage ricotta.....	24
2. Types de fromage ricotta.....	25
a. Ricotta au lait entier.....	25
b. Ricotta écrémée.....	25
c. Ricotta à base de lactosérum ou de lait écrémé.....	25
3. Valeur nutritionnelle du fromage ricotta.....	25
4. Caractéristiques de fromage ricotta.....	26
5. Durée de conservation de fromage ricotta.....	26

Etude expérimentale

Chapitre I : Matériels et Méthodes

I. Objectif.....	27
II. Présentation de l'entreprise.....	27
III. Matériels et Méthodes.....	27
1. Présentation de l'échantillon.....	27
2. Technologie de fabrication de fromage ricotta.....	28

2.1 Récupération de lactosérum doux et pré-chauffage.....	29
2.2 Addition du lait cru et de sel.....	29
2.3 Chauffage et acidification.....	29
2.4 Floculation et chambrage.....	30
2.5 Filtration et égouttage.....	31
2.6 Ajoutes de l’ail et le persil.....	32
2.6 Stockage et conservation.....	32

3-Méthodes d’analyses..... 33

3.1 Analyses physico-chimiques du lait cru, de lactosérum et de fromage ricotta.....	33
3.2 Analyses microbiologiques de produit fini.....	38
3.3 Analyses sensorielles de produit fini.....	40

Chapitre II : Résultats et Discussion

1. Résultats d’analyses physico-chimiques.....	41
2. Résultats d’analyses microbiologiques.....	46
3. Résultats d’analyses sensorielles.....	47
Conclusion et perspectives.....	51
Références Bibliographiques.....	53

Annexes

Liste des abréviations

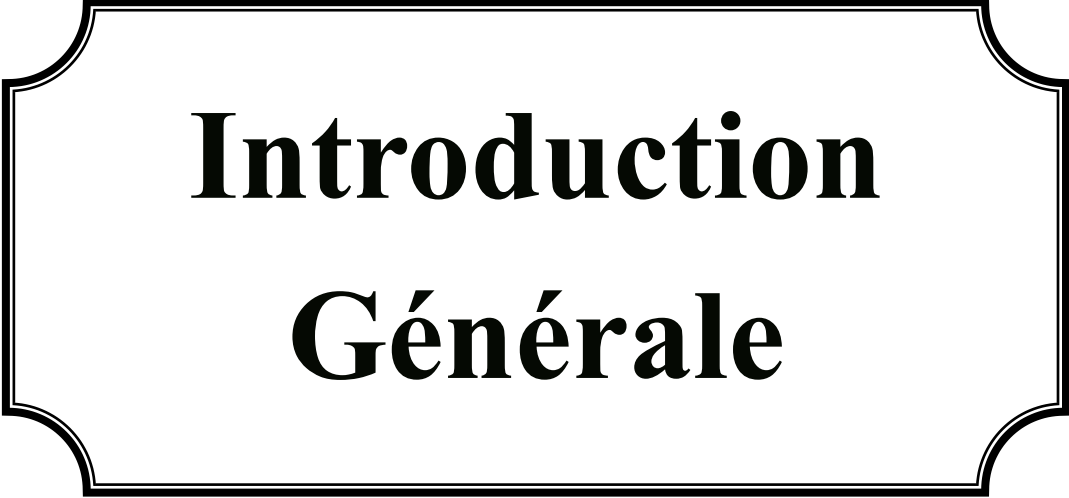
AFNOR	Agence française de Normalisation.
FOA	Organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture.
JORA	Journal officiel de la république Algérienne.
EST	Extrait Sec Total.
DLC	Date Limite de Consommation.
D°	Degré Dornic, unité de mesure d'acidité.
VRBG	Gélose glucosé biliée au cristal violet et au rouge neutre
BSA	Sérum albumine sérique.
DBO	Demande biologique en oxygène.
DCO	Demande chimique en oxygène.
α-La	Lactalbumine
β -LG	Lactoglobuline.
GMP	Glycomacropeptide.
LF	Lacto ferine bovine

Listes des figures

Figure	Titre	Page
N°1	Schéma représentant le procédé de fabrication de lait.	5
N°2	Schéma représentant les différents domaines d'usage du lactosérum.	12
N°3	Fromage frais.	18
N°4	Fromage à pâte pressée non cuite.	18
N°5	Fromage à pâte pressée cuite.	18
N°6	Fromage à pâte persillé.	19
N°7	Fromage à pâte molle.	20
N°8	Fromage à pâte molle croûte fleurie.	20
N°9	Fromage à pâte molle croûte lavée.	21
N°10	Fromage fondu.	22
N°11	Schéma représentant les étapes de fabrication de fromage.	23
N°12	Schéma représentant les étapes de fabrication de fromage ricotta.	25
N°13	Pré chauffage de lactosérum.	29
N°14	Chauffage de lactosérum.	30
N°15	Coagulation des protéines de lactosérum.	31
N°16	Egouttage de fromage.	31
N°17	Produit fini : Ricotta.	32
N°18	Classement des fromages selon l'odeur.	48
N°19	Classement des fromages selon la couleur	49
N°20	Classement des fromages selon la texture.	50
N°21	Classement des fromages selon le goût.	51

Listes des tableaux

Tableau	Titre	Page
I	Composition générale du lait.	3
II	Différents types de lactosérum.	7
III	Composition moyenne de lactosérum.	8
IV	La valeur nutritionnelle moyenne des différents types de fromage pour 100 g.	17
V	Les conditions opératoires de la fabrication de la ricotta.	33
VI	Résultats des analyses physico-chimiques des laits crus.	42
VII	Résultats des analyses physico-chimiques de lactosérum.	43
VIII	Résultats physico-chimiques de produit fini (ricotta)	45
IX	Résultats microbiologiques de la ricotta.	47

A decorative rectangular frame with rounded corners and a double-line border, containing the title text.

Introduction Générale

D'après **Boudjema et al. (2009)**, le développement du secteur industriel, qui est accompagné de plus en plus de conséquences néfastes et irréversibles sur l'environnement et la santé publique, pousse les écologistes et les biologistes à se pencher davantage sur la recherche de procédés et de techniques innovantes visant à réduire les déchets générés par les industries. L'industrie doit, de son côté, s'engager et investir dans la recherche de solutions pour le traitement et la réduction de ses propres déchets, conformément aux réglementations et aux normes internationales.

En Algérie, l'industrie laitière produit quotidiennement plus de 6000 litres de lactosérum, ce qui signifie que pour chaque kilogramme de fromage produit, il y a entre 4 et 12 kg de lactosérum rejeté. (**Kebbouche-Gana et Touzi, 2001**).

Le lactosérum est un résidu de la préparation du fromage, il est défini comme la partie du liquide ou du sérum de lait restant après la coagulation du lait et la séparation du caillé. Effectivement, le lactosérum occupe entre 85 et 95 % du volume du lait et conserve environ 55 % des nutriments du lait. (**Lapointe-Vignola, 2002 ; Guimarães et al., 2010**).

La qualité nutritive du lactosérum, notamment sa teneur en protéines, qui a des effets bénéfiques sur la santé humaine en raison de la production de peptides hypertensifs, en fait une matière première intéressante pour la fabrication de produits laitiers. (**Borba et al,2014**).

L'augmentation de l'utilisation du lactosérum pour la fabrication de produits laitiers entraîne une utilisation plus rationnelle de ce sous-produit industriel, ce qui a un impact positif sur l'environnement. (**Borba et al,2014**).

Parmi les produits issus du lactosérum, on retrouve le fromage ricotta, qui est un produit laitier classique obtenu par thermo-coagulation. On les connaît principalement comme un fromage à base de petit lait, originaire d'Italie, notamment du sud, mais également dans la région méditerranéenne et à l'échelle mondiale. (**Mangionne et al.,2023**).

Dans ce contexte, notre étude vise à fabriquer un fromage à base de lactosérum aromatisé à l'ail et au persil. L'ail et le persil sont des ingrédients couramment utilisés en cuisine pour

rehausser la saveur des plats. Ils apportent également des propriétés antioxydantes et antibactériennes bénéfiques pour la santé.

Ce travail a pour objectif de :

- ❖ Elaborer un fromage à base de lactosérum enrichi aux saveurs de l'ail et du persil qui sont des condiments populaires en cuisine, reconnus pour leur capacité à rehausser la saveur des plats, au-delà de leur aspect culinaire, ces ingrédients possèdent des propriétés bénéfiques pour la santé, notamment des vertus antioxydantes et antibactériennes.
- ❖ Valoriser le lactosérum, un sous-produit laitier habituellement jeté, en le transformant en un produit alimentaire savoureux et nutritif.
- ❖ Proposer une alternative fromagère originale, enrichie des arômes et des bienfaits de l'ail et du persil.

L'étude s'attachera à développer un processus de fabrication adapté à la production d'un fromage à base de lactosérum, en incorporant les saveurs de l'ail et du persil de manière optimale.

L'étude réalisée est scindée en deux parties : une synthèse bibliographique, qui comprend des informations générales sur les matières premières (lait de vache cru, lactosérum et produit fini ricotta), suivie d'une partie expérimentale, où le matériel, les techniques utilisées pour évaluer les analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait, du lactosérum et du produit fini, ainsi que les analyses sensorielles du produit fini, sont décrits et discutés. Finalement, une conclusion globale qui synthétise les divers résultats obtenus ainsi que les perspectives de cette étude.

Partie
Bibliographique

Chapitre I

Le Lait

1. Définition

Le lait, qui est sécrété par les glandes mammaires des femmes après la naissance du bébé, est un liquide blanc opaque avec une saveur douce et un pH légèrement acide. **(Sandra, 2001)**

Au congrès international de la répression de la fraude à Genève en 1908, le lait a été défini comme le produit intégral de la traite complète et continue d'une femelle laitière bien portante, bien nourrie et non surmenée. Le lait doit être prélevé soigneusement et ne doit pas contenir de colostrum. **(Debry, 2006)**.

2. Composition du lait

Selon **(Pougheon et Goursaud, 2001)**, les principaux composants du lait sont :

- ❖ L'eau, qui est la principale composante.
- ❖ Les glucides, principalement le lactose.
- ❖ Les lipides, principalement des triglycérides rassemblés en globules gras.
- ❖ Les sels minéraux à l'état ionique et moléculaire.
- ❖ Les protéines, telles que les caséines rassemblées en micelles, les albumines et les globulines solubles.
- ❖ Les éléments à l'état de trace mais qui jouent un rôle biologique important, tels que les enzymes, les vitamines et les oligoéléments.

Tableau I : Composition générale du lait. (Vignole, 2002).

Constituants majeurs	Variation limites (%)	Valeur moyenne (%)
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

3. Caractéristiques physico-chimiques du lait

Les propriétés physico-chimiques du lait dépendent de tous ses composants. Selon **Vignola (2010)**, le lait possède les propriétés suivantes :

- ❖ La densité est comprise entre 1,028 et 1,035 à 15°C.
- ❖ L'acidité est comprise entre 15 et 17°D.
- ❖ La température d'ébullition est de 100.5°C et la température de congélation varie de -0,530 à 0,575°C. L'ajout d'eau suggère un point de congélation supérieur à - 0,530°C. (**Yennek ,2010**).
- ❖ Le pH est de 6,6 à 6,8.

4. Procède de fabrication du lait

La fabrication du lait nécessite un processus précis pour protéger les composants fragiles et éviter qu'ils ne caillassent.

4.1. La traite

En raison de la qualité de leur lait, certains agriculteurs se spécialisent dans l'élevage de vaches laitières. Lors de la traite de ces vaches, des milliers de litres de lait sont collectés, réfrigérés puis analysés, pour être ensuite transportés quotidiennement vers des laiteries. Des camions citernes isothermes transportent le lait, qui est encore fragile, de la ferme à la laiterie pour le protéger au maximum et préserver toutes ses qualités. (**Bouklouche ,2018**).

4.2. La pasteurisation

Lorsque le lait est stocké dans d'énormes réservoirs pouvant contenir 10 000 litres de lait cru, il doit passer par une étape cruciale appelée pasteurisation, qui élimine les micro-organismes indésirables pour l'homme. Le lait peut être chauffé à 72°C pendant 15 à 30 secondes en contact avec des plaques chaudes. (**Bouklouche ,2018**).

4.3. L'écémage

Une fois que le lait est pasteurisé, il est écémé à l'aide d'une écèmeuse. Elle sépare la crème du lait en faisant tourner le lait à toute allure. Bien que cela puisse sembler paradoxal, après l'écémage, le lait passe dans le réservoir mélangeur pour recevoir de la crème. (**Bouklouche ,2018**).

4.4. La stérilisation

Par la suite, on utilise la vapeur d'eau pour purifier le lait et il atteint une température de 140°C pendant une durée de 2 secondes. Ainsi, tous les microbes sont éliminés. Cela nécessite une stérilisation à une température élevée. (Bouklouche ,2018).

4.5. L'emballage

Le lait est prêt à être emballé dans des sachets, à l'abri de l'air et de la lumière, et il peut ensuite être transporté dans les épiceries et supermarchés pour être conservé au mieux. (Bouklouche ,2018).

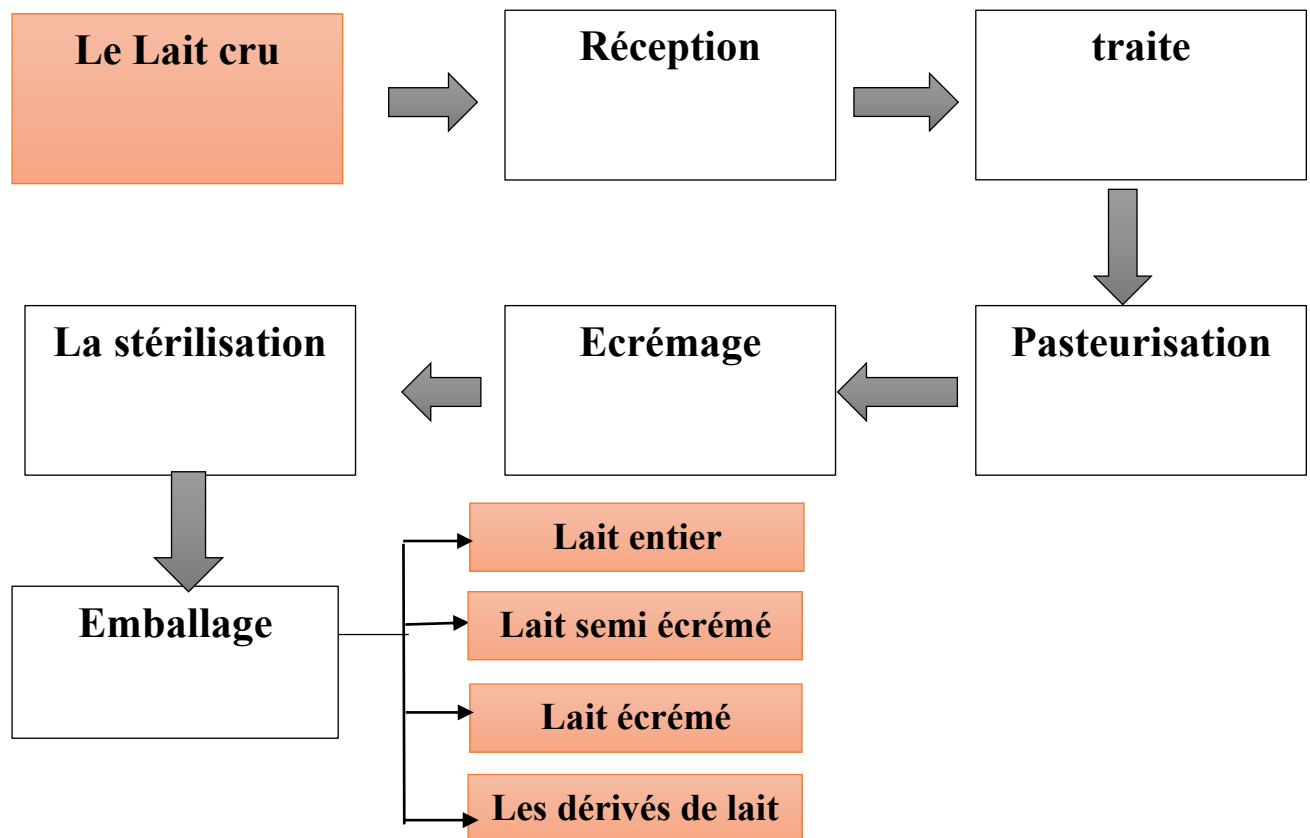


Figure N°1 : schéma représentant le Procède de fabrication de

Chapitre II
Le lactosérum

1. Définition du lactosérum

La découverte du lactosérum remonte à environ 3000 ans, quand les estomacs des veaux étaient employés pour conserver et transporter le lait. Dans l'estomac des veaux, l'enzyme naturelle chymosine (présure) provoquait la coagulation du lait lors du stockage et du transport, ce qui entraînait la formation de caillé et de lactosérum (**Smithers, 2008**).

La production de fromages consiste à coaguler la caséine en acidifiant le lait obtenu par l'incorporation de ferments lactiques ou par l'action de la présure.

Le lactosérum est un liquide jaune verdâtre contenant une quantité de protéines de lait, environ 20 % (6 g/l), et riche en nutriments. (**Muller, 2003**).

La fabrication de 10 à 20 kg de fromage produit entre 80 et 90 kg de lactosérum. (**Ilker et al, 2006**).

2. Types de lactosérum

Le lactosérum ne peut être considéré comme un produit dérivé, mais comme un sous-produit de la production de fromages ou de caséine. Deux catégories existent :

2.1. Le lactosérum doux

La caséine est coagulée par la présure, sans acidification préalable, ce qui en fait un sérum doux, peu riche en sels minéraux et riche en lactose et en protéines. Selon **Sottiez (1990)**. **De la Fuente et al., 2002**).

Le fromage doux à pâte pressée, qu'il soit cuit ou non (Emmenthal, saint Paulin, Edam...etc.), a un pH de 5 à 6.3. (**Morr et al., 1993**).

2.2. Le lactosérum acide

Selon **Lupien (1998)**, le lactosérum acide provient d'autres fromages obtenus par coagulation mixte ou lactique (comme les pâtes molles et les pâtes fraîches). On peut obtenir l'acidification en ajoutant des acides (comme l'acide chlorhydrique, sulfurique ou lactique) ou en passant sur des résines échangeuses d'ions. (**Violleau, 1999**).

La production de lactosérum acide (pH inférieur à 5) se produit lorsque la caséine est coagulée en ajoutant des acides minéraux ou organiques. (**Yadav, Yan et al. 2015**).

Tableau II : Différents types de lactosérums (Adrian et al, 1991).

Type	Degré d'acidité	pH	Production
Lactosérum doux	<18°D	6,5±6,7	-Fromagerie à pâte pressée. -fromagerie à pate cuite. -caséinerie présure.
Lactosérum acide	>18°D	4,5-5,5	-fromagerie à pate fraiche -fromagerie à pâte molle. -caséine acide.

3. Sources du lactosérum

Selon (Laplanche, 2004), la beurrerie et la fromagerie sont les deux principales industries de transformation du lait nature qui aboutissent au lactosérum.

3.1. La fromagerie

C'est l'ensemble des étapes qui conduisent à la production de fromages à partir de lait naturel. Il subit la coagulation et la synérèse, ce qui produit une phase solide appelée « fromage » et une phase liquide appelée « lactosérum ». (Laplanche, 2004).

3.2. La Beurrerie

C'est l'ensemble des étapes qui conduisent à la production de beurre à partir de lait naturel. Le « lactosérum écrémé » est produit après l'écrasement de celui-ci et l'extraction de la caséine par précipitation. (Laplanche, 2004).

4. Composition de lactosérum

La composition moyenne des lactosérums est représentée dans le tableau n°4 :

Tableau III : composition moyenne des lactosérums (Linden et Lorient, 1994).

Composants	Lait (g /100gr)	Lactosérum doux(g/100g)	Lactosérum acide(g/100g)
Eau	87,6	93,0	93,3
Matière sèche	12,4	7,0	6,5
Matière grasses	3,4	0,4	0,1
Caséine	2,6	Traces	Traces
Protéines solubles	0,7	0,9	0,7
Lactose	4,7	5,0	4,5
Sels	0,9	0,6	0,6
Acide lactique	/	0,1	0,6

4.1. Le lactose

L'élément le plus abondant dans le lait est le lactose. Le lactosérum se compose principalement d'un sucre réducteur de formule (C₁₂ H₁₂ O₁₁). Il est formé par la combinaison d'une molécule de galactose et d'une molécule de G. Le lactose joue un rôle essentiel dans le brunissement enzymatique ou la maillardisation dans certains lactosérums. Selon **Luquet (1989)**.

4.2. Les protéines

Les protéines du lactosérum constituent 17 % des matières azotées totales du lait et 0,6 à 0,7 % de la matière sèche du lactosérum. Elles présentent une valeur nutritionnelle accrue, notamment en raison de leur teneur élevée en acides aminés essentiels. La β -lactoglobuline (β -LG), l' α -lactalbume (α -LA), le glycomacropeptide (GMP), les immunoglobulines bovines (IgG), l'albumine sérique bovine (BSA) et la lactoferrine bovine (LF) sont les plus importantes.

La β -lactoglobuline est la protéine la plus importante du lait de vache : 2,5 à 3 g/litre, soit 50 % des protéines lactosériques. **(Benslama A ,2016).**

❖ **La β -lactoglobuline** : (50%), possédant une masse moléculaire de 18362 Da et une nature holoprotéique, son pHi oscille varie entre 5.23 et 5.30 en fonction des variations génétiques (en raison de la substitution de l'ASP par la Lys).

❖ **L' α -lactoglobuline** : Connue également sous le nom d' α -lactalbumine (22%), avec une masse moléculaire proche de 14174 Da, elle est un système enzymatique de régulation de la synthétase du lactose. Sa teneur en tryptophane est de 4,8 et son pHi est de 4,8.

❖ **Les immunoglobulines** : (12 %) Les IgG chez les ruminants ont généralement une masse moléculaire de 160 KDa, tandis que les IgA ont une masse moléculaire de 320 KDa chez les monogastriques, ainsi que les IgM.

❖ **Autres protéines** : Les protéoses peptones (10 %) et La sérumalbumine (5 %). **(Benslama A ,2016).**

4.3. Les minéraux

La composition minérale diffère selon le type de lactosérum en question et est liée aux valeurs de pH de leurs produits. Les lactosérums doux contiennent moins de minéraux que les lactosérums acides. **(Federic G, 2004).**

4.4. Les vitamines

L'essentiel des vitamines hydrosolubles du lait se trouvent dans le lactosérum, en particulier la riboflavine (qui lui donne sa couleur verdâtre). La quantité de vitamine B par litre représente une part significative des besoins quotidiens humains, en particulier B2, B5 et B6.

4.5. La matière grasse

Le lactosérum brut contient une quantité donnée de lipides du lait. Cependant, ce chiffre est restreint. Dans les traitements, le lactosérum est souvent écrémé et la matière grasse ainsi récupérée est utilisée pour produire un beurre de seconde qualité **(Boudier, Luquet ,1989).**

5. Valorisation de lactosérum

Le lactosérum renferme une grande variété de nutriments (lactose, protéines, sels minéraux, matière grasse). C'est pour cette raison qu'il est bénéfique de le réutiliser comme matière première. On distingue le lactosérum doux du lactosérum acide. On l'utilise plus souvent dans l'élevage comme nourriture animale, car il est plus difficile à traiter (la présence de lactosérum acide donne un produit visqueux et collant) que le lactosérum doux, ce qui en fait un produit moins adapté à l'alimentation humaine. **(Proot, 2001).**

Les protéines du lactosérum offrent des bénéfices tant pour l'alimentation animale que pour la nutrition humaine. Les protéines sont utilisées dans l'alimentation infantile pour leurs qualités nutritionnelles (riches en acides aminés essentiels), leur capacité à retenir de l'eau lors de la préparation de plats cuisinés, leur solubilité à différents pH (boissons au lait, limonadière) et leur capacité à se déplacer (confiserie, nougaterie). Selon **la FAO, 1995.**

5.1. Dans l'alimentation animale

Les granules de lactosérum sont employés dans l'élevage industriel des porcs ou encore, il est ajouté à la nourriture des vaches laitières. On peut aussi le faire figurer dans les aliments d'allaitement pour veaux. Elles ont également utilisé, tout comme les concentrés liquides, en regroupant d'autres aliments (hachis de paille, farine...).

5.2. Dans l'alimentation humaine

5.2.a. Industrie de boisson

La valeur diététique des boissons à base de lactosérum est élevée. Elles ont une légèreté, une saveur désaltérante et une agréable texture. **(Nelson et al., 1978).**

5.2.b. Industrie laitière

Pour fabriquer des yaourts, la poudre de lactosérum acide peut être utilisée en remplacement de la poudre de lait écrémé à des concentrations spécifiques, sans altérer la qualité ni l'arôme de ces derniers. Selon **Luquet et Boudier en 1984.**

5.2.c. Dans les glaces et les crèmes glacées

La poudre de lactosérum doux peut être utilisée pour remplacer jusqu'à 25% du lait écrémé dans la production de crèmes glacées, dont les avantages sont principalement d'ordre économique. Celle de lactosérum acide (pH 4,6) peut être utilisée pour remplacer une partie du sucre dans la production de sorbets de qualité. (Apria, 1973).

5.2.d. En boulangerie

Le lactosérum doux est de plus en plus utilisé dans les produits de boulangerie, ce qui présente de nombreux avantages :

- ❖ Pour une meilleure conservation, la fusion du lactose avec les matières azotées (réaction de Maillard) crée des complexes stables qui forment une moyenne de défense naturelle contre le rancissement.
- ❖ Amélioration du goût et de l'arôme du pain. Amélioration de la saveur et de l'arôme du pain.
- ❖ Amélioration des caractéristiques internes et externes : affinage de la coloration, pâte plus tendre. (Apria, 1980).

5.3. Dans la biotechnologie

5.3.a. Substrat de fermentation

Étant donné sa composition appropriée en eau, protéines, lactose, minéraux, acide lactique et matière grasse, le lactosérum est sélectionné comme un milieu de culture pour les micro-organismes (levure) qui causent la dégradation du lactose. (Anonyme 2, 2002).

5.3.b. Dans la production des enzymes et des vitamines

Différentes recherches ont été menées pour la fabrication des vitamines et des enzymes, en utilisant des micro-organismes qui cultivent dans le lactosérum, à savoir :

Selon **Boudier et Luquet (1984)**, *Propionibacterium shermanii* est responsable de la production de la vitamine B12, tandis que *Saccharomyces fragilis* est responsable de la production de lactose (bêta galactosidase).

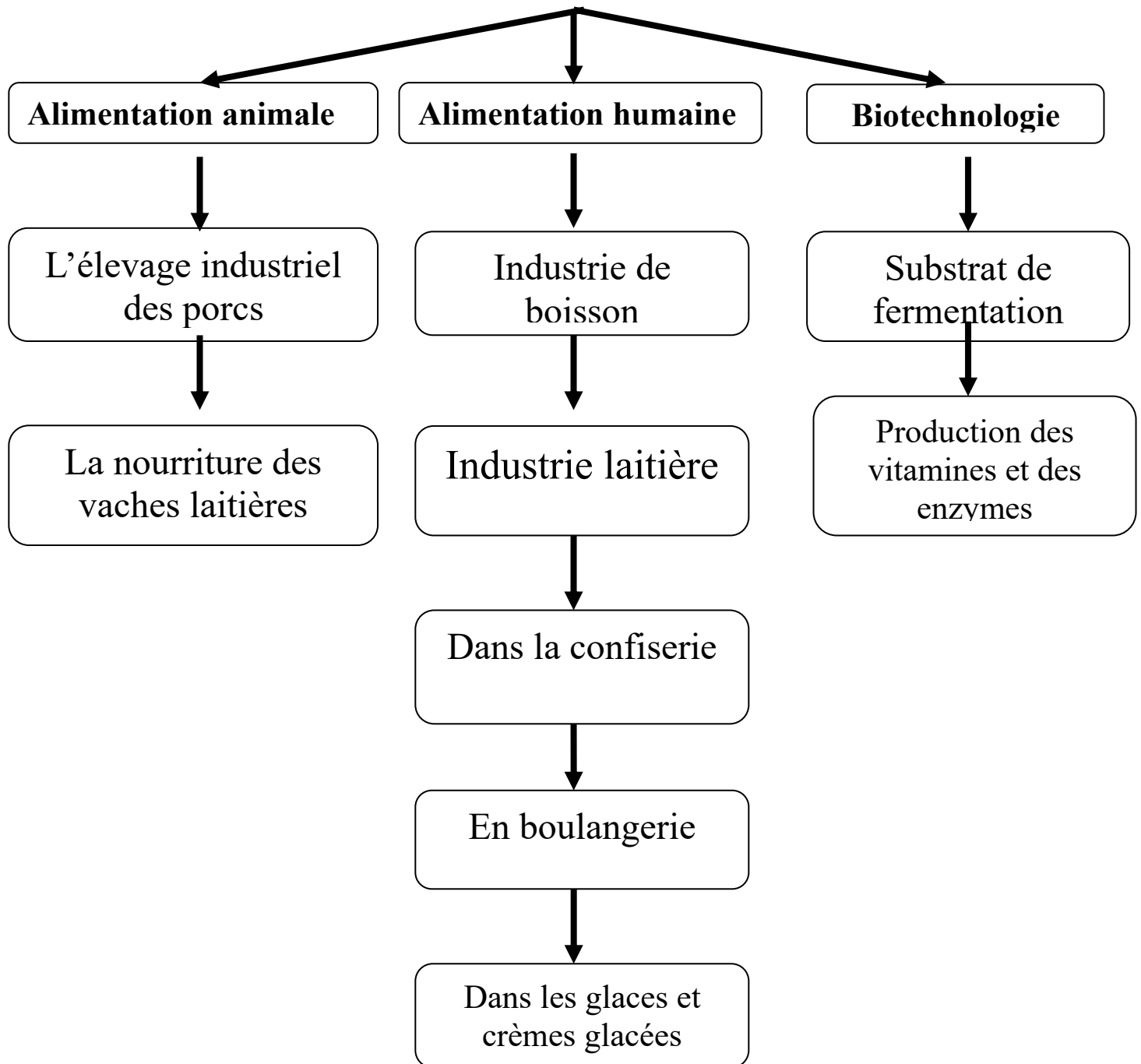


Figure N°2 : Schéma représentant les différents domaines d'usage du lactosérum (Apria ,1980 ; Poget-Ramseier,1993 ; Fick Michel,2016)

6. Pouvoir polluant du lactosérum

Au niveau mondial et notamment dans certains pays, l'absence de valorisation du lactosérum, les problèmes de gestion des déchets industriels, les coûts élevés des technologies de valorisation et l'absence d'une réglementation rigoureuse font du lactosérum un facteur de pollution croissant et un problème environnemental majeur (**Benaissa, 2018**) à cause de :

❖ **Sa demande chimique en oxygène (DCO) et sa demande biologique (DBO) élevé :**

Selon **Yorgun et al. (2008)**, le lactosérum présente une DCO de 100 000 mg d'O₂/l, tandis que la DBO peut varier entre 40 000 et 60 000 mg d'O₂/l. Ceci entraîne une baisse de la quantité d'oxygène dissous et engendre des problèmes de toxicité et de changement des caractéristiques physicochimiques des écosystèmes aquatiques (**Valencia et al., 2009 ; Cordoba, 2013**).

❖ **Ses volumes élevés générés :**

La production massive de lactosérum en fait un polluant environnemental important. Selon **Essadaoui (2012)**, une ration de 10 litres de lait contient 1 kg de fromage et environ 9 litres de lactosérum. En effet, selon **Papademas et Kotsaki (2019)**, 47 % du lactosérum produit dans les cours d'eau et les rivières est rejeté par l'industrie fromagère. Depuis 2013, on estime que la production de fromage en Algérie est de 1540 tonnes, ce qui représente environ 14 millions de litres de lactosérum (**FAO, 2017**).

Chapitre III

Le fromage

1. Définition du fromage

Le fromage, selon la norme codex, est le produit affiné, de consistance molle ou semi-dure ou extra-dure qui peut être enrobé et dans lequel le rapport protéines de lactosérum /caséine ne dépasse pas celui du lait. **(Vignola,2010).**

Les fromages sont produits par la coagulation d'un produit laitier assortie d'un égouttage. De la matière grasse d'origine laitière peut être éventuellement rajoutée. **(Vierling ,2010).**

Les dénomination fromage est réservée aux produits fermentés ou non, obtenu à partir des matières d'origines exclusivement laitiers (lait entier, lait partiellement ou totalement écrémé, crème, matière grasse, babeurre), utilisée seules ou en mélange et coagulées en tout ou en partie avant égouttage ou après élimination partielle de la partie aqueuse selon **l'article 1du décret n°88-1206,30décembre 1988 (Mahaut et al.,2003).**

2. Composition du fromage

2.1. Les protéines

D'après leur processus de production, les fromages renferment entre 10 et 30% de protéines. Ce sont les aliments les plus riches en protéines, ces protéines sont issues de la caséine modifiée, dont une partie significative (entre et 3 % selon les fromages) est dégradée et solubilisée en oligopeptides et acides aminés sous l'action d'une série d'enzymes différentes en fonction de la microflore. **(Eck et Gillis, 1986).**

2.2. Le sodium

Les fromages ont subi l'adjonction de chlorure de sodium et/ou autres sels de sodium. De ce fait, l'augmentation de leur consommation constatée ces quinze dernières années a concouru au fort apport sodique de l'alimentation, pouvant intensifier les troubles cardiovasculaires **(Luquet, 1990).**

2.3. Le calcium

Les fromages constituent d'excellentes sources de calcium. Toutefois, le taux de calcium varie en fonction de la teneur en eau et du mode de fabrication. Tout comme le calcium du lait, le calcium des fromages est bien assimilé par l'organisme humain en raison des proportions

respectives de calcium et du phosphore qu'ils apportent et de la présence concomitante de protéines qui favorisent l'absorption intestinale (**Eck et Gillis, 1986**).

Le même auteur a proposé une classification approximative des fromages en fonction de leur teneur en calcium en mg pour 100 g :

- Fromages fondus 500 à 700mg.
- Fromages frais 60 à 100mg.
- Fromages à pâtes molles 200 à 500mg.

On note une bonne constance des teneurs en calcium pour les fromages à pâte pressée, par contre, parmi les fromages à pâte molle, on constate une grande variabilité, en particulier pour le camembert dont la teneur en calcium varie selon la marque de 200 à 700 mg par 100g. (**Eck et Gillis, 1986**).

2.4. Les Vitamines

Selon **Jeantet et al. (2017)**, les vitamines sont en quantité variable :

- ❖ Les vitamines liposolubles (essentiellement A et D) et accessoirement vitamine E sont apportées par les lipides.
- ❖ Les vitamines hydrosolubles (B2, B6, acide pantothénique) sont synthétisées par les microflore bactérienne et fongique. La teneur en vitamines liposolubles, est en fonction de la richesse du produit en lipides, laquelle peut varier de 0% dans certains fromages frais à 70% dans les produits enrichis en crème. Quant à la teneur en vitamines hydrosolubles, celle-ci varie considérablement selon les fromages. En effet, elle est le résultat de deux facteurs opposés : la perte qui survient au moment de l'égouttage et l'enrichissement qui survient en cours d'affinage. C'est ainsi que les vitamines du groupe B sont en grande partie éliminées avec le lactosérum au cours de l'égouttage (5% seulement étant retenu dans le caillé) et que la vitamine C est intégralement éliminée. (**Eck et Gillis, 1986**).

2.5. Les lipides

Les lipides conditionnent l'onctuosité de la pâte du fromage. Au cours de la maturation se produit, sous l'influence de lipases microbiennes, une lipolyse limitée avec formation d'acides gras libres. Certains de ces acides gras sont volatils et interviennent dans la formation de l'arôme.

Les lipides du lait (triglycérides, phosphoglycérides, sphingosides) se trouvent dans le fromage sous forme émulsionnée, ce qui les rend plus digestibles. **(Eck et Gillis, 1986).**

2.6. La valeur énergétique

Les différents fromages ont une valeur énergétique allant de 200 à 1750 KJ pour 100g de fromage. Un emmental à 45% de MG contient 30g de lipides, ce qui représente 1130 KJ, tandis que les protéines et les glucides (résiduels) ne comptent que 500 KJ. **(Jeantet et al, 2017).**

3. La valeur nutritionnelle de fromage

La valeur nutritionnelle et la qualité gustative des fromages sont des produits précieux. Ils sont très riches en nutriments et jouent un rôle essentiel dans l'alimentation humaine. En effet, leur composition les rend intéressants pour tous les groupes d'âge.

❖ Le calcium joue un rôle essentiel dans la santé des os, notamment pendant l'enfance et l'adolescence, lorsque la croissance structurale est accompagnée d'une minéralisation accrue de l'os néoformé **(Esterle, 2010)**. Il prévient le risque d'ostéoporose, régule l'activité plaquettaire et prévient la décomposition dentaire **.(Eck et Gillis, 2006).**

❖ Le fromage contient de nombreuses protéines de grande valeur nutritionnelle, de la matière grasse, du calcium, du phosphore et des vitamines essentielles pour le maintien des muscles et des os, ainsi que pour le bon fonctionnement du métabolisme équilibré.

❖ Des recherches ont montré que certains peptides provenant de l'hydrolyse de protéines laitières peuvent diminuer le niveau de cholestérol dans le sang, ce qui aide à diminuer le risque de maladies cardiovasculaires.**(Nagaoka et al., 1999).**

Tableau N°IV : La valeur nutritionnelle moyenne des différents types de fromages pour 100 g. (Pacal et Galantier, 1986).

Fromage Constituants	Fromage frais	Fromage fondu	Fromage à pâte molle
Protéines (%)	10	18	20
Lipides (%)	0 – 9	22 -24	20 – 28
Ca⁺² (mg /100 g)	100 – 160	550 – 680	150 – 380
Valeur énergétique (Kj/100 g)	200 – 650	1350 – 1650	1100 – 1500
Vitamine A (U.I)	170		1010
Eau (g)	79	48	50
Sodium (mg)	40	1650	700

4. Différents types de fromages

4.1. Fromage frais

Ils sont produits à partir de laits ou de crèmes qui sont appropriés à la consommation humaine et sont égouttés à grande vitesse. Ces ferments sont issus de la coagulation du lait, qui est principalement lactique, et qui associe souvent l'activité des ferments lactiques à celle de la présure. Suite à l'égouttage et au moulage, ces fromages ne subissent pas d'affinage. Les fromages frais ont une durée de vie limitée de 24 jours. (Mahaut et al, 2000, Luquet et Corrieu, 2005).

Les fromages frais regroupent des produits très variés en termes de matière grasse (entre 0 et 60% par rapport à l'extrait sec) la matière sèche totale est supérieure à 15%. Au moment de la vente, ils doivent inclure une flore vivante. (Bourgeois et Larpent, 1996), (Luquet et Corrieu, 2005).



Figure N°3 : fromage frais.

4.2. Fromage à pâte pressée

4.2.a. Fromages à pâte pressée non cuite

Les fromages à pâte pressée non cuite ou demi-ferme, qui subissent une période d'affinage assez longue dans une atmosphère fraîche et très humide, ont une consistance dense et une pâte jaune pâle. Il ne faut pas que ces fromages soient desséchés ou trop faibles, et la pâte près de la croûte ne doit pas être trop foncée. Ils ont entre 40 et 60 % d'humidité. (Anonyme, 1999).



Figure N°4 : fromage à pate pressée non cuite

4.2.b. Fromages à pâte pressée cuite

Les fromages à pâte pressée cuite ou pâte dure sont des fromages pour lesquels le caillé est chauffé à 65°C après pressage. Puis laissé pour affiner. Le terme « cuit » fait référence à un fromage dont le caillé est chauffé au moment de son tranchage. Lorsqu'il est chauffé à environ 65°C, il ne détruit qu'une partie de la flore. Lorsqu'il est pasteurisé, le lait est chauffé de 72 à 85°C pendant 20 secondes maximum, puis refroidi immédiatement à 4°C. La flore naturellement présente dans le lait est détruite par cette procédure, ce qui nécessite un réensemencement en flore standardisée, ce qui peut être avantageux pour les industriels car cela leur donne un goût et une texture régulières. (Majdi, 2009)



Figure N°5 : fromage à pâte pressée cuite

4.3. Fromage à pâte persillées

Le genre des fromages à pâte persillée comprend divers fromages qui présentent une croissance interne de la moisissure bleue *Penicillium Roqforti*. Ils sont assez peu nombreux et proviennent notamment de la transformation du lait de vache, du lait de brebis et de la bufflesse, rarement de la chèvre. (Ramet, 2006)



Figure N°6 : Fromage à pâte persillés.

4.4. Fromage à pâte molle

D'après la norme internationale Codex Alimentaires (Codex Stan A-6-1978, révisé 1-1999, amendé 2001) les fromages à pâte molle sont tous les fromages affinés et dont la pâte n'est ni cuite ni pressée, composés de lait pasteurisé ou de lait cru de chèvre, de vache ou de brebis. En règle générale, ces fromages sont crémeux et onctueux, avec une légère élasticité de la pâte. Le processus d'affinage permet de développer deux types de croûtes sur les fromages à pâte molle, ce qui permet de diviser cette famille en deux sous-familles : les pâtes molles à croûte fleurie et les pâtes molles à croûte fleurie lavée.



Figure N°7 : fromage à pâte molle type camembert.

4.3.a. Fromage de pâte molle à croûte fleurie

Il se distingue par une croûte blanche à dorée recouverte d'un duvet de moisissures blanc et feutré appelé fleur, qui se développe pendant l'affinage, ce qui leur donne le nom. Le champignon *Penicillium candidum*, qui peut être pulvérisé à la surface des fromages au début de l'affinage, est responsable de l'aspect duveteux de la croûte. (Pradal, 2012).



Figure N°8 : fromage à pâte molle croute fleurie.

4.3.b. Fromage de pâte molle à croûte lavée

Le processus de fabrication d'une pâte molle à croûte lavée est similaire au processus de fabrication d'une pâte molle à croûte fleurie, sauf que le caillé est coupé plus ou moins finement avant d'être mis en moule. Ce rom page facilite l'écoulement du petit lait : la pâte sera plus serrée, plus compacte mais néanmoins moelleuse, coulante ou plus ferme selon le degré de séchage. Le fromage est retourné régulièrement pendant l'affinage, qui dure de deux à quatre mois, puis brossé ou lavé à l'aide d'une saumure additionnée de bière, d'hydromel, de vin ou d'eau de vie, ce qui contribue à l'élaboration de ses diverses caractéristiques. Il révèle des saveurs distinctives ou prononcées, parfois intenses. (Anonyme, 1999).



Figure N°9 : fromage à pâte molle croute lavé.

4.4. Fromage fondu

Le fromage fondu était à l'origine une forme de recyclage du gruyère défectueux, puis d'autres fromages. Le fromage fondu résulte d'un mélange de fromages avec addition de sels minéraux ou organiques autorisés appelés sels de fonte qui agissent comme émulsifiants et chélatants et sont autorisés à 3% dans le produit fini. Ces sels sont utilisés dans le procédé de fonte, permettant le passage à un état homogène où la masse de fromage peut être pasteurisée et coulée dans l'emballage à chaud. Afin d'atteindre des températures de 90-95°C voir 120- 125°C pour la stérilisation, la cuisson et le brassage s'effectuent dans des pétrins à double paroi. **(Beerens et Luquet, 1987 ; Mahaut et al, 2000).**

Du point de vue microbiologique leur classification est faite suivant : leur composition et leur mode de conditionnement. Seules résistent les flores sporulées (genre *Clostridium*) dont la croissance est inhibée si le pH est inférieur à 5,7 ou lors d'ajout d'agents inhibiteurs (bactériocine). **(Beerens et Luquet, 1987).** La longue durée de conservation permet l'exportation de ce type de fromages dans les pays chauds **(Mahaut et al, 2000).**



Figure N°10 : fromage fondu.

5. Procédé de transformation du lait en fromage

Les principes fondamentaux de la production de fromages sont identiques pour pratiquement toutes les variétés de fromage.

Il s'agit de retirer l'eau du lait, ce qui entraîne une augmentation de la concentration des protéines, des lipides, des minéraux et des vitamines. Les étapes à suivre comprennent : la préparation du lait, la coagulation, l'égouttage, le salage et l'affinage. (Grappin et al., 2006).

5.1. Coagulation

La coagulation se produit lorsque les micelles de caséines se déstabilisent, se flocculent et se soudent pour former un gel qui retient les éléments solubles du lait. Elle peut être causée par l'acidification, l'action d'une enzyme ou l'action combinée des deux principes. (Lapointe-Vignola, 2002).

La capacité du lait à coaguler varie en fonction de son pH initial, puis de sa concentration en calcium colloïdal et en caséines, qui jouent un rôle essentiel dans la formation du gel (Huurtaud et al., 2001).

a. Coagulation par acidification

Selon Ramet (1985), la coagulation acide est un processus électrochimique et Selon Gelais et Tirad (2002), elle est causée par la flore lactique qui convertit le lactose en acide

lactique, ou par l'ajout d'un acide minéral ou organique tel que l'acide citrique. **Gelais et Tirard (2002).**

b. Coagulation enzymatique

Il existe de nombreuses enzymes protéolytiques capables de coaguler le lait. Certaines sont d'origine animale, telles que la présure (composée de 80% de chymosine et 20% de pepsine), tandis que d'autres proviennent de sources végétales (**Veisseyre, 1975**).

c. Coagulation voie mixte

Il s'agit du produit de la combinaison de la présure et de l'acidification lactique dans l'industrie. Toutefois, la présure est généralement responsable de la formation du coagulum. (**FAO, 1996**).

5.2. L'Egouttage

Durant cette étape, le lactosérum emprisonné dans les mailles de gel est éliminé de manière plus ou moins importante grâce à la voie acide et/ou enzymatique. Dans cette phase, on peut distinguer deux actions complémentaires:

- L'expulsion du sérum par le coagulum qui se contracte et se concentre « Synérèse ».
- La séparation du sérum et du caillé par action physique. (**Jeantet, 2017**).

5.3. Le Salage

Le salage joue deux rôles : sensoriel, en apportant une saveur distinctive au produit, et technologique, en complétant l'égouttage et en réduisant l'acidification et la déminéralisation du caillé. En ajoutant du sel, on peut également choisir la flore de l'affinage. (**Hadry et Scher, 1997**).

5.4. L'Affinage

À l'exception des fromages frais, tous les autres fromages sont soumis à une maturation biologique plus ou moins intense. (**Herbert, 1999**)

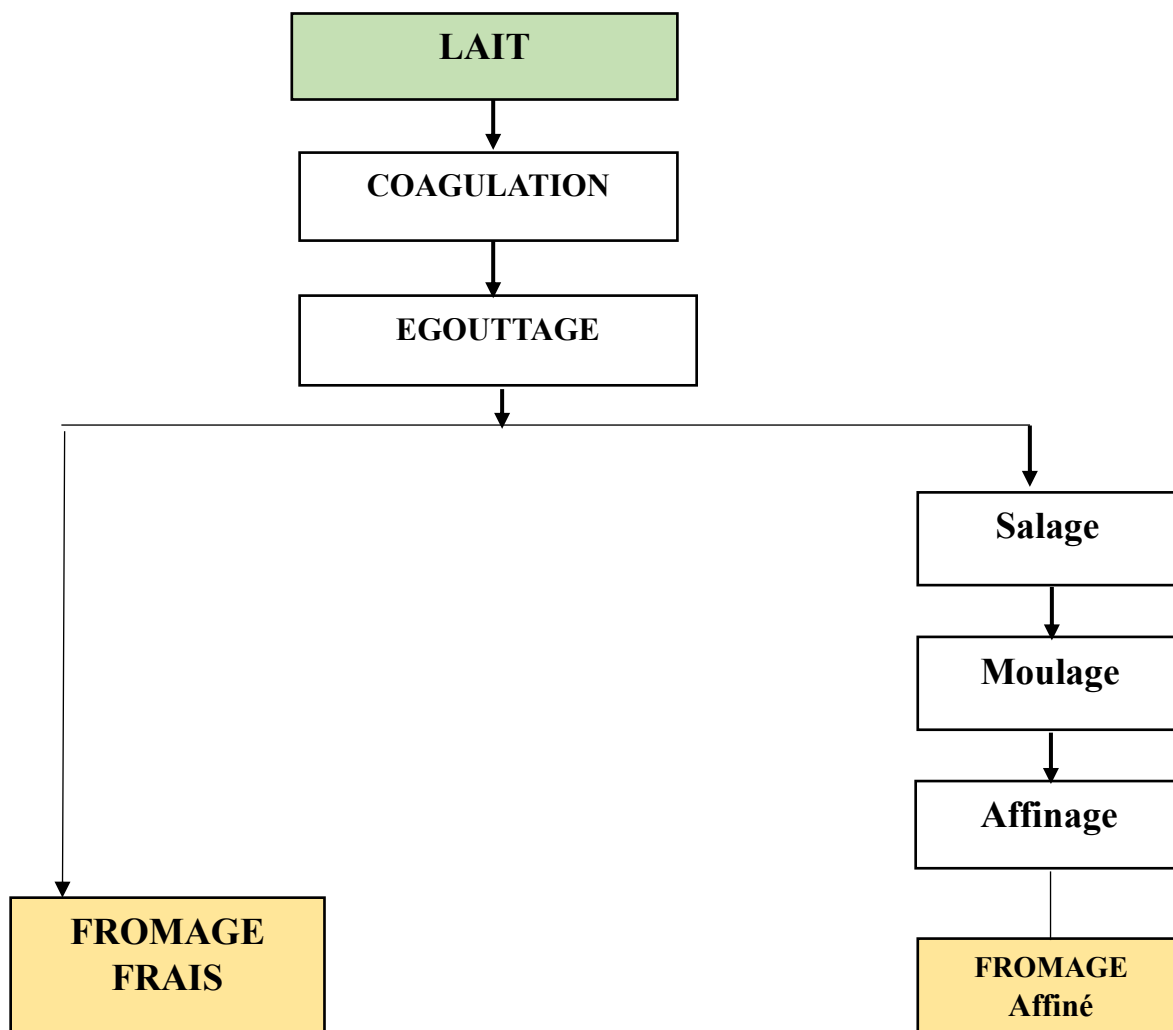


Figure N°11 : Schéma représentant les étapes de fabrication de fromage.

Partie II : Fromage type ricotta

1. Définition du fromage ricotta

La ricotta est un fromage de lactosérum qui est largement utilisé dans la gastronomie italienne, ce qui indique clairement sa fabrication : ricotta signifie « re-cuite », qui désigne la seconde cuisson du petit-lait. (Robin ,2019).

Les protéines sériques du lactosérum sont coagulées par thermo-coagulation pour obtenir le fromage ricotta. (Mangione et al.,2023).

On la nomme aussi fromage d'albumine, puisqu'elle est principalement constituée d'albumine et de lactoglobuline, les principaux composants protéiques du lactosérum, non coagulables par la présure. (Ribeiro et al.,2005).

La Ricotta est une pâte blanche et crémeuse, fraîche et délicieuse, avec une saveur douce et fraîche. (Boumadiene,2013).

2. Types de fromage ricotta

Le département de l'agriculture des États-Unis distingue trois catégories de ricotta en fonction de la quantité de matières grasses et des ingrédients utilisés dans sa production :

- a. La ricotta au lait entier :** En utilisant du lait entier, le produit final ne doit pas dépasser 80,0 % d'humidité et ne doit pas contenir moins de 11,0 % de matière grasse du lait. (Fox et al.,2004).
- b. La ricotta écrémée :** Conçu à partir de lait à faible teneur en matières grasses, le produit final ne doit pas dépasser 80,0 % d'humidité et moins de 11,0 %, mais pas moins de 6,0 % de matières grasses de lait. (Fox et al.,2004).
- c. La ricotta à base de lactosérum ou de lait écrémé :** Composée de lait écrémé, de lactosérum ou d'un mélange de ces produits. La composition finale ne doit pas dépasser 82,5 % d'humidité et moins de 1,0 % de matières grasses du lait. (Fox et al.,2004).

3. Valeur nutritionnelle du fromage ricotta

Certains consommateurs exigent des aliments transformés sans conservateurs chimiques et caractérisés par faible teneur en matières grasses et des valeurs nutritionnelles élevées.

La ricotta pourrait répondre aux demandes des consommateurs car elle se caractérise par une quantité élevée de protéines, une faible teneur en matières grasses et en sel et d'autres composants importants qui confèrent à ce produit une valeur nutritionnelle élevée. (Guatemim et al.,2016).

4. Caractéristiques du fromage ricotta

La ricotta fraîche se caractérise par une teneur élevée en eau ,avec un gout délicatement sucré de lait et de crème ,et une texture granulaire mais non sableuse .Sa couleur est blanche ,avec des nuances différentes selon l'espèce animale d'origine des matières premières .L'ajout de différentes quantités de lait ou de crème au petit -lait change la couleur et la structure de la ricotta .La composition est très variable en raison des différentes caractéristiques et proportions des ingrédients laitiers utilisés .(Gobbetti et al.,2018).

5. Durée de conservation

Le fromage ricotta a généralement une courte durée de conservation (3semaines à 4 °C). Il est susceptible d'être altéré par des moisissures, des levures et des bactéries coliformes qui donnent un gout fermenté et acide. (Weimer,2007).



Partie Expérimentale

Chapitre I
Matériel et
méthodes

I. Objectif

Ce travail a été réalisé au niveau de la laiterie fromagerie de Boudouaou et l'objectif de cette étude est de réaliser des essais de fabrication d'un fromage à base de lactosérum (ricotta) dans un premier temps et ajout de condiments l'ail et persil, afin de bénéficier de la richesse nutritionnelle de lactosérum d'une part et permettre la valorisation de ce sous-produit et protéger l'environnement de ses effets polluants d'autre part.

Les analyses physico-chimiques ont été effectuées sur :

- ❖ Le lait cru.
- ❖ Le lactosérum doux liquide.
- ❖ Le produit fini (le fromage).

II. Présentation de lieu de stage

La laiterie fromagerie de Boudouaou appartient de l'office régional du lait et des produits laitiers du centre (Orlac) et a commencé sa production en 1978. Elle est située à l'entrée de la ville de Boudouaou dans la wilaya de Boumerdes et assure la production du lait de consommation, et la poudre de lait, des fromages dont le fromage fondu pasteurisé, fromage fondu stérilisé et le fromage à pâte pressée.

L'unité est composée de la laiterie, de la fromagerie, des caves d'affinage des locaux de stockage de la matière première et de l'emballage, du bâtiment administratif, des locaux de services généraux et sociaux, d'un laboratoire d'analyse et du contrôle et enfin, d'une station d'épuration des eaux et emploie un effectif de 445 personnes.

III. Matériels et méthodes

1. Présentation de l'échantillon

Le lactosérum provenant de la fabrication du fromage à pâte pressée, qui a été fourni par l'atelier fromager de la « LFB ». Il a été transporté dans des pots alimentaires en plastique pour être analysé au laboratoire de l'unité. Nous avons effectué 5 essais de fabrication de la ricotta, avec une consommation de 9,5 L - 9,3 L - 9 L - 7 L et 5 L de lactosérum obtenus par fabrication d'un fromage à pâte pressée à partir de différentes matières premières.

2. Technologie de fabrication du fromage ricotta

Le processus adopté est inspiré de celui de **Pizzillo et al. (2005)** et **Kosikowski (1977)** dans le but de la préparation de la ricotta, c'est un processus simplifié composé de deux étapes principales : une étape de chauffage du lactosérum obtenu de la fabrication du fromage à pâte pressée non cuit « Edam » à base de lait de vache, et une étape de récupération du floculat contenant les protéines. Les étapes de fabrication sont illustrées dans l'organigramme ci-après :

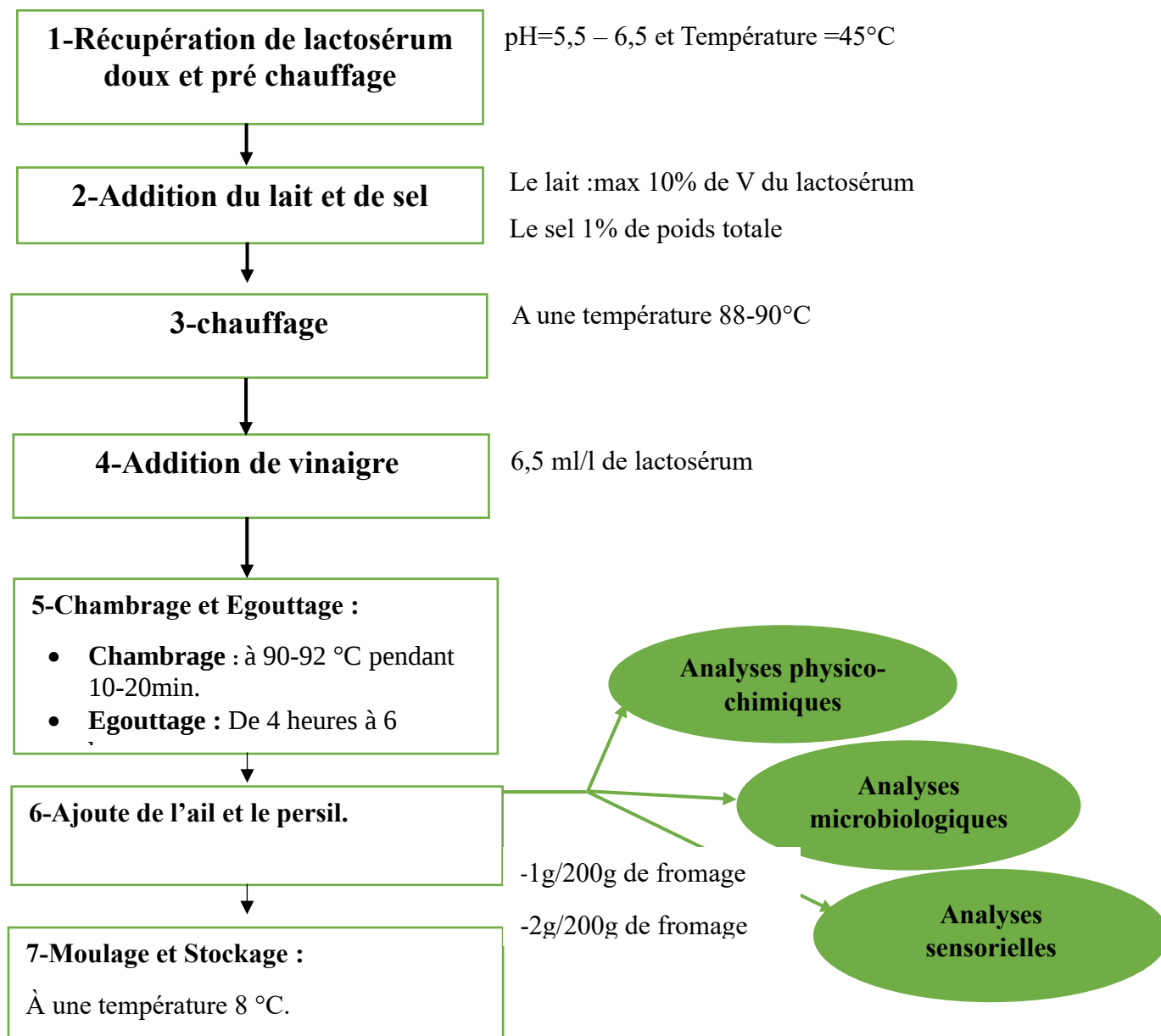


Figure N°12 : schéma représentant les étapes de fabrication de fromage ricotta.

2.1. Récupération de lactosérum doux et pré chauffage

On récupère 9,5 L/ 9,3 L/9 L/7 L et 5 L de lactosérum provenant de la production d'un fromage à pâte pressée de la cuve d'évacuation du sérum de l'atelier et on les transporte au laboratoire de la LFB pour la fabrication de ricotta.

Le lactosérum doux est un lactosérum qui n'est pas acidifié (10 à 13°Doronic). Plus l'acidité est basse, plus la ricotta est ferme et plus le rendement est élevé. Le lactosérum est ensuite mis à chauffer dans une cuve à une température de 45°C. Il est nécessaire que le chauffage soit graduel (à une vitesse de 2°C/min). Effectivement, un chauffage trop rapide a un impact négatif sur la floculation des protéines. Le processus d'écumage est complexe et le sérac est fragile lorsqu'il est démoulé.



Figure N°13 : Récupération et Pré chauffage de lactosérum doux (source originale).

2.2. Addition du lait cru et de sel

Le lait cru de vache a été ajouté jusqu'à 10 % du volume du lactosérum. On mélange avec un brassoir et on ajoute 1 % de sel. Il est important de bien mélanger afin d'éviter que le sel ne s'accumule au fond de la cuve.

2.3. Chauffage et acidification

Le niveau de chauffage est de 88-90°C. La température revêt une grande importance. Il est nécessaire que le chauffage soit graduel (2°C /min) en utilisant un brassage doux. Dès le début de l'addition de vinaigre, on ajoute 6,5 ml de vinaigre d'alcool à 8° par litre de lactosérum et on

mélange énergiquement. Il est important d'éviter d'acidifier trop le mélange. Plus de 15°Doronic, le rendement est considérablement réduit et les flocons sont extrêmement fins.

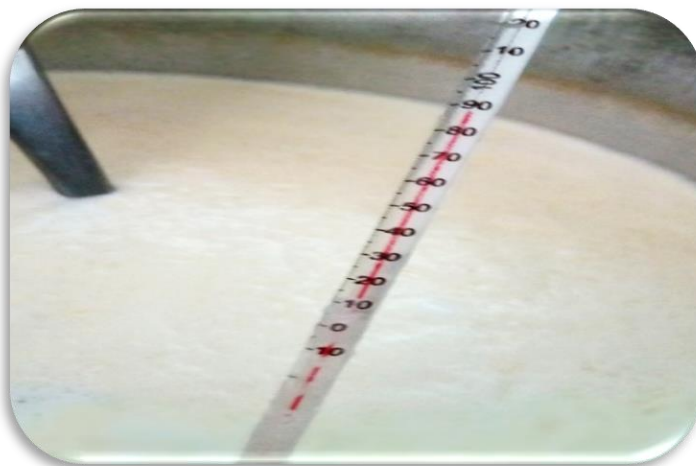


Figure N°14 :Chauffage de lactosérum(source originale).

2.4. Flocculation et Chambrage

Sous l'effet de la chaleur, les protéines du lactosérum flocculent. Elles se regroupent pour former un amas qui remonte à la surface. Le chauffage est maintenu à cette température pendant 10 min. (Pizzillo et al., 2005).



Figure N°15 : Coagulation des protéines de lactosérum (Source originale).

2.5. Filtration et égouttage

Le flocculat est retiré du sérum déprotéiné par filtration à l'aide d'une passoire. L'égouttage prend environ 30 minutes dans des moules à fromage. (Slamani et al.,2021).



Figure N°16 : Egouttage de fromage. (Source originale).

2.6. Addition de l'ail et le persil

L'ail et le persil sont deux ingrédients couramment utilisés pour agrémenter la ricotta, un fromage frais à la texture onctueuse et au goût légèrement sucré. Ils apportent tous deux des saveurs distinctes qui peuvent rehausser le profil gustatif de la ricotta de manière subtile ou plus prononcée, selon la quantité utilisée (Concentration faible (1 g/200 g) et Concentration forte (2 g/200 g)).

2.7. Stockage et conservation

Une fois que la ricotta est égouttée, on la récupère dans des boîtes de conditionnement et on la stocke en chambre froide à une température de 5°C.



Figure N°17 : Produit fini (ricotta). (Source originale).

Tableau V : Les conditions opératoires de la fabrication des essais de la ricotta.

Etape de fabrication	Objectif	Essai 1: (9,5 L de lactosérum)	Essai 2: (9,3 L de lactosérum)	Essai 3: (9 L de lactosérum)	Essai 4: (7 L de lactosérum)	Essai 5: (5 L de lactosérum)
Réception de lactosérum doux	pH=5,5 à pH=6,5	pH=6,49	pH=6,17	pH=6,35	pH=6,36	pH=6,26
Pré-chauffage	45 °C	48 °C	45°C	50°C	45°C	45°C
Addition de lait	10% du volume de lactosérum	950 ml	930ml	900 ml	700ml	550 ml
Addition de sel	1% du poids totale	104,5g	102,3 g	100 g	77g	55g
Chauffage	A 88 -90 °C	88°C	92°C	94°C	90°C	90°C
Ajoutde vinaigre d'alcool 8°.	6,5 ml /l de lactosérum	61,75ml	60,45ml	58,5ml	45,5ml	32,5ml
Chambrage	90–92 °C pendant 10 à 20 min.	95°C/20min	95°C/18min	98°C/22min	95°C/20min	95°C/20min
Egouttage	De 30 min à 4 heures.	4 heures	4 heures	3 heures	3 heures	3 heures
Moulage et stockage	A une température 8 C°	8 C°				

3. Méthodes d'analyses

3.1. Analyses physico-chimiques du lait, du lactosérum et du fromage ricotta

3.1.1. Mesure de pH

❖ Principe

Le terme pH est le logarithme décimal de l'inverse de la concentration des ions H^+ : $pH = \log (1/ [H^+])$ (Sherwood et al, 2016) déterminé en mesurant la différence de potentiel entre deux électrodes immergées dans une solution d'échantillon (OFR, 2011). La mesure s'effectue à 20°C.

❖ Mode opératoire

Le protocole consiste à effectuer d'abord l'étalonnage de l'appareil, il s'agit d'un ajustement du cadre de lecture du pH à l'aide d'une solution de pH connue (solution de pH étalon), ensuite introduire l'électrode dans l'échantillon à analyser ; et enfin, lire la valeur du pH affichée.

3.1.2. Mesure de l'acidité titrable

❖ Principe

L'acidité du lait/lactosérum est déterminée par titrage de l'acidité avec l'hydroxyde de sodium (0,1N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré, elle reflète la fraîcheur de produit, elle est liée à la quantité de l'acide lactique contenu dedans. (Scott et al.,1998).

❖ Mode opératoire

- Dans un bécher, mettez 10ml de lait/lactosérum.
- Ajouter deux gouttes de phénolphthaléine à 1%.
- Tirer par la solution d'hydroxyde de sodium (0,1N) jusqu'au début de virage à la couleur rose pale (le virage est atteint lorsque la coloration persiste pendant une dizaine de secondes).
- Noter le volume de NaOH utilisé pour le titrage (AFNOR, 1980).

L'acidité exprimée en degré Dornic est donnée par la relation suivante (Scott et al.,1998) :

$$\text{Acidité (°D)} = V.10$$

V : Volume de la soude versée.

3.1.3. Mesure de La Densité

❖ Principe

La densité est déterminée au moyen du thermo-lactodensimètre (aéromètre), à une température de 20°C (**Leder,1983**).

❖ Mode opératoire

- Verser le lait ou le lactosérum à analyser dans une éprouvette inclinée.
- Introduire le lactodensimètre dans l'éprouvette en le tenant par l'extrémité de la tige graduée.
- Le lait doit déborder pour éliminer les traces de mousses.
- Laisser stabiliser 30 secondes à 1 minute avant d'effectuer la lecture de la graduation.

3.1.4. Détermination de l'extrait sec total (EST)

L'EST est la quantité de la matière sèche contenue dans un litre du produit, il est exprimé en pourcentage massique ou en g/l.

❖ Principe

Le principe repose sur la dessiccation complète par évaporation de la totalité de l'eau de l'échantillon par la technique infrarouge, la quantité de résidu sec restante après dessiccation constitue la matière sèche de l'échantillon. (**AFNOR, 1980**).

❖ Mode opératoire

Pour (le lactosérum et produit fini : fromage ricotta)

- Sur une coupelle d'aluminium propre, séchée et préalablement tarée peser une quantité de l'échantillon (1,5g de ricotta, 3g pour lactosérum).
- Faire étaler l'échantillon sur toute la surface de la coupelle.
- Introduire la coupelle dans le dessiccateur infrarouge réglé à 90°C.
- L'extrait sec total est lu directement sur l'afficheur du dessiccateur.
- Le taux d'humidité est obtenu en parallèle avec celui de l'EST sur l'écran de dessiccateur infrarouge.

3.1.5. Détermination de la matière grasse (Méthode de GERBER)**❖ Principe**

La teneur en matière grasse est déterminée par la méthode acido-butyrométrique (méthode de Gerber). Le principe de cette méthode est basé sur la dissolution du produit à doser (excepté la matière grasse) par l'acide sulfurique, sous l'influence d'une force centrifuge et grâce à l'adjonction de l'alcool iso-amyle, la matière grasse se sépare en couche claire dont la graduation du butyromètre révèle le taux en MG. La matière grasse est déterminée selon la norme (AFNOR, 1980).

❖ Mode opératoire**Pour les produits solides (fromage ricotta)**

- A l'aide d'une balance de précision peser une quantité de l'échantillon (3g pour le cheddar et le fromage fondu et 5g pour le beurre) dans un godet adapté (fromage ou beurre).
- Introduire le godet dans la chambre du butyromètre adapté (**Niklaus Gerber pour le fromage**).
- Ajouter l'acide sulfurique jusqu'à remplissage de godet et l'immersion de l'échantillon pesé (la ricotta).
- Mettre le bouchon, et placer le butyromètre dans un bain marie à une température de 80°C pendant 45min, avec une agitation rapide chaque 15min pour faire dissoudre tous les composants de l'échantillon sauf la matière grasse.
- Après la dissolution complète de l'échantillon et ces composants le butyromètre est retiré du bain marie puis lui ajouter 1ml de l'alcool iso amylique.
- Centrifuger pendant 5 min à une vitesse de 360 tours/mn.
- Lire les résultats directement sur le butyromètre.

Pour le lactosérum (produit liquide)

- Verser 10ml de l'acide sulfurique dans le butyromètre (**Gerber pour lait et produit liquide**).
- A l'aide d'une pipette graduée, ajouter 11ml de l'échantillon (Lactosérum) (le verser doucement sur les parois du butyromètre afin d'éviter un mélange prématuré de l'échantillon avec l'acide).
- Puis ajouter 1 ml de l'alcool iso amylique, fermer le bouchon et agiter le butyromètre avec précaution.
- Faire passer à la centrifugeuse pdt 5min à 360 tours/mn.
- La teneur en MG est lue directement sur le butyromètre, chaque graduation correspond à 1% de MG.

3.1.6. Dosage des protéines par la méthode de Lowry

❖ Principe

La protéine réagit tout d'abord avec réactif cuivrique alcalin puis un second réactif dit phosphotungstomolybdique. Il est composé d'un mélange de tungstate de sodium et de molybdate de sodium dans l'acide phosphorique et de l'acide chlorhydrique. Ce réactif permet la réduction des acides aminés aromatiques, conduisant à la formation d'un complexe coloré bleu foncé dont on mesurera l'absorbance à 750nm.

❖ Manipulation

- Préparation des réactifs :

Réactif A : dissoudre 0,5g de $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ et 1g de Citrate de Sodium dans 100ml d'eau distillée.

Réactif B : dissoudre 20g de Na_2CO_3 et 4g de NaOH dans 1l d'eau distillée.

Réactif C : ajouter 1ml de réactif A à 50ml de réactif B.

Réactif D : diluer 1 volume de réactif de Folin-Ciocalteu par 1 volume d'eau distillée.

- Préparation de B S A :

1mg de BSA dans un 1ml d'eau distillée.

❖ Mode opératoire

Pour déterminer la teneur en protéines dans les échantillons analysés une courbe est réalisée à partir d'une gamme d'étalonnage avec BSA (protéine de référence). (Voir annexe X).

- Prélever 1ml de la solution non acidifiée puis le verser dans un tube à essai propre et lui ajouter 2,5 ml de la solution C.
- Agiter le tube à essai pour mieux homogénéiser la solution.
- Ajouter 2,5 ml de réactif C à l'échantillon et mélanger.
- Laisser 5 à 10min à température ambiante.
- Ajouter au volume de la solution 250µl de réactif D Folin-Ciocalteu.
- Homogénéiser et mettre les tubes 30min à l'obscurité.
- Agiter les tubes et faire la lecture à l'aide d'un spectrophotomètre à DO 750nm.

3.1.7. Les Cendres

❖ Principe

On entend par cendres du lait (du sérum, du caillé), le produit résultant de l'incinération de la matière sèche du lait par Chauffage dans un four à moufle à $530\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 20^{\circ}\text{C}$ jusqu'à disparition des particules charbonneuses.

❖ Mode opératoire

- Dans des capsules (M1) en porcelaine, on pèse 2,5g de caillé/10g de lait ou lactosérum.
- On place les capsules dans un four à moufle réglé à $550 \pm 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre.
- Après refroidissement on pèse les capsules (M2).

La teneur en cendres des échantillons était calculée sur la base de la formule NF V 04-208 (AFNOR, 1980) :

$$\text{Teneur en cendres} = (M2 - M0) / (M1 - M0) \times 100$$

M0 : La masse des creusets vide.

M1 : La masse de creuset + échantillon.

M2 : La masse de creuset + les cendres.

3.2. Les analyses microbiologiques

L'appréciation de la qualité microbiologique du lait et des produits laitiers constitue un outil essentiel pour l'évaluation de l'application des règles de bonnes pratiques, au respect de règles d'hygiène générale aussi bien à la ferme qu'à l'usine. Cela afin d'établir la conformité aux normes. (Lamontagne et al.,2002).

L'évaluation de la qualité bactériologique s'avère nécessaire et essentielle pour déterminer les points de défaillance lors de la production de la matière première, afin de protéger le consommateur, maîtriser la qualité du produit fini et améliorer son aspect hygiénique. (Afif et al., 2008).

Selon de **Journal Officiel Algérien N°=39 du 02/07/2017**, les germes recherchés dans la matière première (lait après pasteurisation) sont des germes aérobies à 30 °C, Enterobacteriaceae et Salmonella, en parallèle, ceux recherchés dans les fromages à pâte molle non affinés (fromages frais) à base de lait ou de lactosérum pasteurisés ou ayant subi un traitement thermique plus fort que la pasteurisation sont : Escherichia coli, Staphylocoques à coagulase +, Salmonella et Listeria monocytogenes, dans notre cas on a fait la recherche des trois premiers germes sauf Listeria monocytogenes.

3.2.1. Préparation des solutions mères et les dilutions

Une quantité de 25 g de fromage a été Introduite aseptiquement dans une bouteille de TSE de 225 ml et homogénéisée parfaitement et préservée dans un réfrigérateur 24 heures avant l'utilisation. C'est la solution mère (dilution 10^{-1}) qu'on l'utilisera pour la préparation des dilutions décimales. A partir de la suspension mère, on prélève aseptiquement à l'aide d'une pipette Pasteur, un volume de 1 ml, qu'on introduit dans un tube à essai contenant 9 ml d'eau physiologique stérile. Après homogénéisation, on obtient la dilution 10^{-2} (N F ISO 6887- 1,1999).

3.2.2. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux (entérobactéries)

Le terme coliforme regroupe un certain nombre d'espèces bactériennes appartenant en fait à la famille des Enterobacteriaceae et qui partagent certaines caractéristiques. Ce sont des bacilles à Gram négatifs, oxydase négative, facultativement anaérobies, capables de croître en présence de sels biliaires et capables de fermenter le lactose (et le mannitol) avec production d'acide en 48

heures, à des températures de 35 à 37 °C. Les coliformes sont recherchés par ensemencement en profondeur sur un milieu glucosé bilié au cristal violet et au rouge neutre (VRBG), incubée 24 heures à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les coliformes fécaux (**Bourgeois et Leveau, 1991**).

❖ Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales 10^{-1} à 10^{-2} , ensemencer 1 ml dans deux boîtes par chaque dilution et compléter avec environ 15ml de gélose VRBG fondue puis refroidie à 45°C.
- Faire ensuite des mouvements circulaires en forme de (8) pour bien mélanger la gélose à l'inoculum.
- Incuber les boîtes à 37°C pour les coliformes totaux et à 44°C pour les boîtes réservées à la recherche des coliformes fécaux pendant 24 à 48 heures.

❖ Lecture

Dénombrer les colonies violettes de 0,5 à 1 mm de diamètre.

3.2.3. Recherche et dénombrement des Salmonelles

Les salmonelles appartiennent à la famille des Enterobacteriaceae, ce sont des bactéries Gram (-), anaérobies facultatifs, sont des nitrates (+), fermentent le glucose avec production de gaz, H₂S +, lactose (-) et se développent à une température entre 5 à 47°C.

❖ Mode opératoire

- 1- **Le pré enrichissement** : En milieu non sélectif liquide (BLMT), nous avons ensemencé la prise d'essai de 1 ml de la solution mère dans 10 ml du milieu. Après homogénéisation, nous avons incubé à 37 °C pendant 24h.
- 2- **L'enrichissement** : Repiquer 1 ml de la culture obtenue, dans 10 ml de milieu au SFB et incuber 24 h à 37°C.
- 3- **L'isolement** : A partir de chacun des enrichissements précédents, effectuer des isollements sur le milieu sélectif Hektoen. L'incubation est réalisée à 37°C pendant 24 heures (**Kourghli et Hadj Ammer, 2018**).

❖ Lecture

Le résultat positif se traduit par l'apparition des colonies caractéristiques Bleu-verdâtre avec ou sans centre noire, de 2 à 4mm de diamètre. **(Brahimi et Kahil, 2016).**

3.3. Analyses sensorielles (Test de dégustation)

L'évaluation sensorielle est faite sur des fromages frais par la méthode classique, le premier fromage ricotta sans additifs , le deuxième fromage de lactosérum aromatisé par l'ail et le persil à un pourcentage faible (1 g /200 g de fromage) et le troisième fromage de lactosérum à un pourcentage plus élevé par rapport le premier (2 g /200 g de fromage) codés A, B et C respectivement ces derniers ont été portés sur différents critères : odeur, couleur , texture et gout, l'évaluation est réalisée par 30 sujets qui ont attribué des notes de 0 à 5 pour chaque produit de chaque critère . Cette analyse a été réalisée au niveau des foyers bien aérés et éclairés, par des dégustateurs dont l'âge compris entre 18 et 70 ans (le nombre de panelistes =30), le gorgé d'eau est nécessaire entre chaque dégustation et une autre, Les résultats des classements et des scores des critères gout, odeur et tendreté ont été déterminés **(Depledh, 2003)**

Chapitre II
Résultats et
Discussion

Dans ce chapitre, on s'intéresse à présenter les résultats obtenus au cours de ce travail, qui sont principalement :

- ✓ Analyses physico-chimiques du lait de vache cru, de lactosérum et de fromage ricotta.
- ✓ Analyses microbiologiques de produit fini « ricotta ».
- ✓ Analyses sensorielles de la ricotta.

I. Analyses physico-chimiques de lait, de lactosérum et de fromage « ricotta »

I.1 Lait de vache cru

Les résultats des analyses physicochimiques des laits de vache crus sont présentés dans le Tableau VI :

Tableau VI : Résultats des analyses physico-chimiques des laits crus.

	Lait 1	Lait 2	Lait 3	Lait 4	Lait 5
pH	6,70	6,54	6,76	6,66	6,69
A (°D)	18	18	15	16	15
Densité	1031	1029	1030	1032	1032
MG g/l	38	33	35	39	38

I.1.1. Le pH

Les valeurs de pH des cinq laits sont similaires et fluctuent entre 6,54 et 6,76. Le même résultat est obtenu par **Jaque (1998)** qui soutient que le pH du lait de vache normal est d'environ 6,7, tandis que **Labioui et al. (2009)** ont constaté que le pH est d'environ 6,5.

I.1.2. L'acidité titrable

Les valeurs d'acidité titrable des cinq laits examinés varient de 15 à 18 °D, ce qui correspond à l'intervalle (16 à 18 °D) de **la norme AFNOR (1986)** pour l'acidité du lait cru.

Le pH et l'acidité varient en fonction de la quantité de caséine, de la flore microbienne totale et de son activité métabolique, qui sont liés aux conditions hygiéniques lors de la traite et du transport du lait. En augmentant ces paramètres, le pH diminue et l'acidité augmente. (**Matallah et al., 2017**).

I.1.3. La densité

D'après **Le Mens (1985)**, la densité du lait dépend du taux de l'extrait sec total et de la matière grasse. Elle diminue lorsque cette dernière augmente et augmente lorsque l'extrait sec total augmente. Selon les mesures de densité du lait, les valeurs des cenqs laits sont proches de 1029-1032, ce qui les rend légèrement inférieurs (1032-1036) à **la norme AFNOR (1986)**.

I.1.4. La matière grasse

Le taux de matière grasse du lait 2 est légèrement inférieur (33g/l) par rapport aux valeurs de taux de matière grasse de quatre laits variant 35 à 39 g/l, ces valeurs sont en dessous de **la norme AFNOR (1986)** du lait qui tolèrent des valeurs entre 34 à 36 g/L, de celle de **Boubezari et al. (2010)** (36,7 g/l) et de **Croguennec et al., (2008)** (33 et 47g/l). Cependant, ces résultats sont situés dans la fourchette des travaux rapportés par **Mathieu (1998)** (28 à 32 g/l).

La matière grasse varie suivant la race, le stade de lactation, la saison et l'alimentation (**Siboukeur, 2007**).

I.2. Le lactosérum

Les résultats des analyses physicochimiques des lactosérums sont présentés dans le Tableau VII :

Tableau VII : Résultats des analyses physico-chimiques des lactosérums :

	Lactosérum 1	Lactosérum 2	Lactosérum 3	Lactosérum 4	Lactosérum 5
Ph	6,49	6,17	6,35	6,01	6,17
A °D	10	11	10	12,2	12
Densité	1024	1022	1023	1024	1023
MGg/l	4,6	4,2	7,1	6,1	4,9
EST	62,79	64,18	61,11	62,3	63,1
Les cendres%	0,41	0,26	0,44	0,59	0,48

I.2.1. Le pH

Le pH des cenqs lactosérums variait entre 6,01 et 6,49. Ces derniers sont proches aux résultats de **Schuck, Bouhallab et al. (2004)** et **Yadav, Yan et al. (2015)**, qui sont de l'ordre de 6 et 6,5 respectivement.

D'après **Morr et Ha (1993)**, le lactosérum fourni par l'unité LFB est un lactosérum doux, car le pH de lactosérum doux est de l'ordre de 6,3.

I.2.2. L'acidité titrable

Les cenqs lactosérums ont des valeurs d'acidité entre (10-12,2 °D), les mêmes résultats trouvés 12 °D par **Belhout et Belkaid (2015)** par contre ils sont inférieurs à l'intervalle de (15 et 22° D) donné par **Schuck et al. (2004)**.

Selon **Adrian et Potus (1995)** le lactosérum doux doit avoir une acidité inférieure à 18°D, pour cela les différents lactosérums analysés sont doux.

I.2.3. La densité

La densité des cenqs lactosérums varie de 1022 à 1024, ces valeurs sont proches (1024) aux résultats de **Belhout et Belkaid (2015)**.

I.2.4. La matière grasse

Une certaine quantité de lipide du lait est entamée dans le lactosérum brut mais celle-ci reste faible car elle a été presque totalement éliminée durant la coagulation de fromage (**Vrignaud, 1979 ; Lenden, Lorient, 1994**).

Les résultats de matière grasse des cenqs lactosérums sont proches, ils varient de 4,2 à 7,1 g/l, ces résultats sont légèrement supérieurs aux résultats trouvés par (4 g/l) (**Berdi et al, 2002**).

I.2.5. L'extrait sec total

Selon **Sadouki (1978)**, l'extrait sec du lactosérum dépend de deux facteurs : le mode de fabrication essentiellement le découpage qui favorise le passage de la matière grasse vers le lactosérum et la richesse en matière sèche du lait de départ.

La valeur d'extrait sec total de lactosérum 1 est de 62,7g/l est légèrement inférieure aux valeurs (64,18 - 61,11 - 62,3 - 63,1 g/l) de lactosérum 2 ,3 ,4 et 5 respectivement, ces derniers sont proches de la valeur (63,5 g/l) trouvée par **Smithers et al. (1996)**, (66g/l) de **Daufin et al. (1998)** et (64.68 g/l) de (**Berdi et al.,2002**).

I.2.6. Les cendres

Les teneurs en cendres trouvés varient de 0,26 à 0,59%, ils sont faibles par rapport aux résultats trouvés par **Linden et Lorient (1994)** et par **Smithers et al. (1996)**, qui sont de l'ordre de 0,6% et 0,7% respectivement.

La composition chimique de lactosérum dépend essentiellement du type de celui-ci, de la nature et la composition du lait, et surtout des différents traitements que l'on fait subir au lait pour le transformer en fromages ou en caséines.

D'une manière générale, le lactosérum contient l'écrasante majorité des différentes substances du lait (**Alias, 1981**).

I.3. Analyses physicochimiques des fromages « ricotta »

Les résultats des analyses physico-chimiques des cinq essais de fabrication de fromage de lactosérum type ricotta, sont regroupés dans le Tableau VIII :

Tableau VIII : Résultats des analyses physico-chimiques des fromages « ricotta » :

	Fromage 1	Fromage 2	Fromage 3	Fromage 4	Fromage 5
pH	5,97	6,39	5,73	6,01	5,80
MG g/l	17,5	13	14	16	19,5
EST%	30,73	40,08	36,46	40,66	43,42
Cendres %	2,35	2,94	2,26	2,4	2
PS%	12,5	11,33	13,04	14,83	12,37

I.1.1. Le pH

Les valeurs de pH de la ricotta étudiée dans les cinq fabrications sont proches entre (5,73-6,39), ces valeurs sont près des résultats (5,9) de de fromage ricotta obtenu par ultrafiltration de lactosérum de lait de vache d'après **Maubois et Kosikowski (1978)**, et dans l'intervalle de 6,27 à 6,43 de fromage ricotta obtenue à partir de lactosérum doux des brebis selon **Pizzillo et al. (2005)** et (6,64) celle de fromage ricotta obtenu à partir de lactosérum de lait de vache d'après **Di Pierro et al. (2011)**.

I.1.2. La matière grasse

Les teneurs en matière grasse des cinq fromages sont proches avec des valeurs de l'ordre de 13 à 19,5g/l, les résultats sont légèrement supérieurs aux résultats ($9,7 \pm 2,3$ g/l) trouvé par **Pintado et al. (2001)**, pour le même procédé d'obtention et à partir de lactosérum bovin.

I.1.3. L'extrait sec total

Les résultats de l'extrait sec total de premier essai fromager (ricotta 1) est inférieure aux quatre derniers essais (ricotta 2, ricotta 3, ricotta 4, ricotta 5), 30,73% contre 36,46 ; 40,08 ; 40,66 et 43,42% respectivement, par ailleurs, ces valeurs sont supérieures (21%) aux résultats de **Pintado et al. (2001)** et **Maubois et Kosikowski (1978)** 29,1% sauf la valeur de premier fromage (ricotta 1) qui est proche à ces résultats.

Le taux d'extrait sec total de fromage est relié directement par le taux de matière protéique (**Slamani et al., 2021**).

I.1.4. Les cendres

La teneur en cendres de cinq fromages est varient entre (2 à 2,94), les résultats sont légèrement supérieurs aux résultats (0.3- 1.0%) de **Pintado et al. (2001)**. D'autre part, elles sont légèrement inférieures à la valeur ($4 \pm 4,5\%$) trouvée par **Jelen et Buchheim (1976)**.

Selon **Mahran et al. (1999)**, le type de l'acide organique ajouté pendant la fabrication de fromage à base de lactosérum provoque une différence de composition dans ces derniers.

I.1.5. Les protéines solubles

Les teneurs en protéines solubles des cinq fromages sont variées entre (11,33-14,83%). D'après les résultats de **Kosikowski (1982) et Jelen et Buchheim (1976)** qui ont prouvé que le fromage à base de lactosérum bovin issu d'un procédé traditionnel contient une teneur en protéines totales de 11,3% et 11,5±12,2%, cela veut dire que les valeurs en protéines solubles trouvées sont proches aux résultats de **Kosikowski 1982 et Jelen et Buchheim 1976**.

Une grande proportion de bêta-lactoglobuline, d'alpha-lactalbumine et d'autres protéines de lactosérum sont incorporées dans le caillé de fromage parce qu'ils sont rendus insolubles par la combinaison requise d'acide et de température élevés (**Siengenthaler, 1968 ; Kosikowski, 1977**).

II. Les analyses microbiologiques de la ricotta

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

Tableau IX : Résultats microbiologiques de la ricotta.

Germes recherchés	Résultats	Norme Algérienne JORA (1998)
Coliformes totaux	Absence	10
Coliformes fécaux	Absence	1
Salmonella	Absence	Absence

D'après le tableau, notre fromage analysé présente une bonne qualité hygiénique, propre à la consommation. Lecture sur milieu VRBG; Brad Parker; gélose Hektoen: absence des germes pathogènes dans le fromage (coliformes totaux (voir annexe XII), fécaux (voir annexe

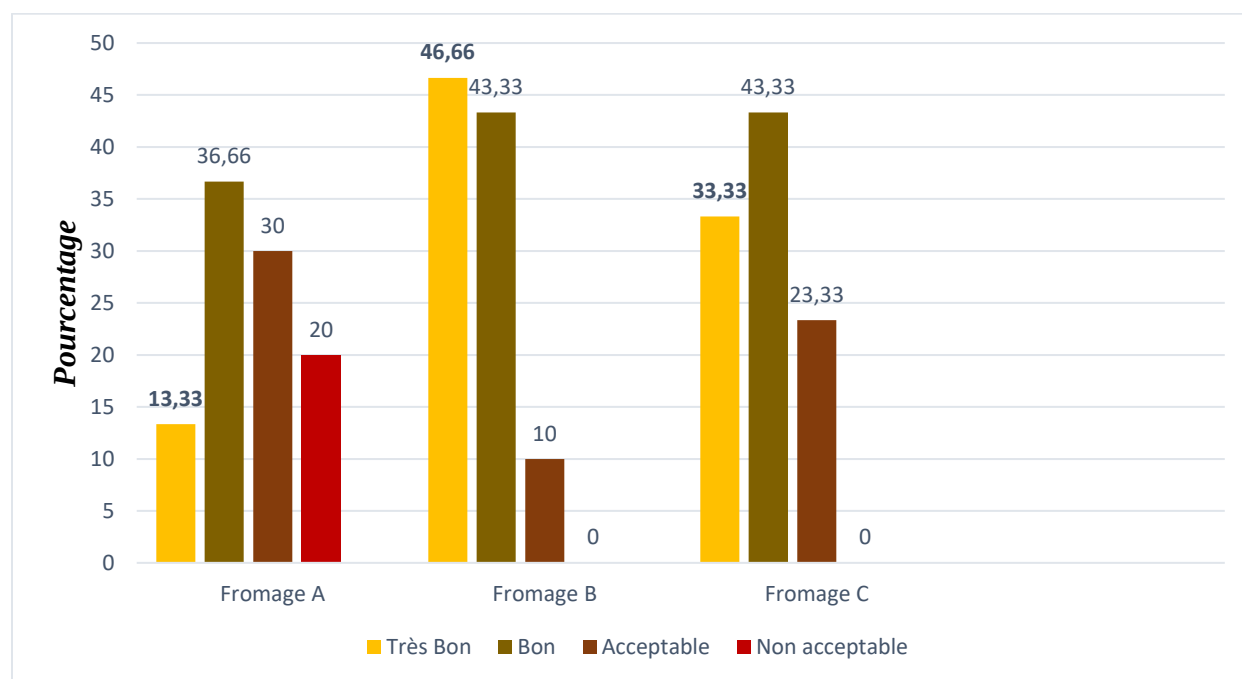
XIII) ,Salmonelle (voir annexe XIV)) implique que le fromage a une excellente qualité bactériologique, donc, il est déclaré propre selon l'arrêté du 24/01/1998 relatif aux spécifications microbiologiques des denrées alimentaires (JORA, Chapitre IV Résultats et discussion Page 45 1998) , cela est dû au bon respect des règles d'hygiène lors de la manipulation ainsi à la faible charge microbienne de la matière première.

III. Analyses sensorielles

Les trois fromages analysés (A, B, C) sont classés selon 4 critères (odeur, couleur, texture et gout) avec des notes de 0 à 5.

III.1. Critère odeur

Les résultats de critère odeur sont illustrés dans la figure ci-après :



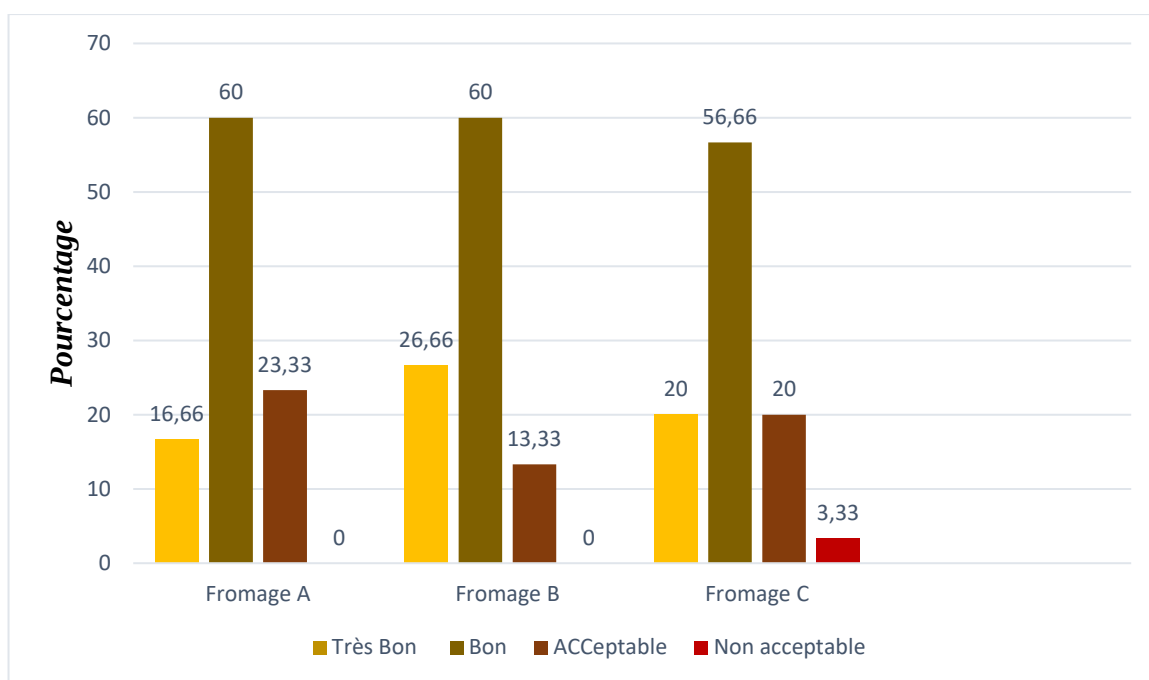
FigureN°18 : Classement des fromages selon l'odeur.

D'après la Figure N°18, la meilleure odeur est enregistrée pour le fromage B avec un pourcentage de 46,66% de pénélistes qui ont estimé une Très Bonne odeur, suivie par le fromage C avec un pourcentage de 33,33%, en dernier se classe le fromage A avec 13,33% de pénélistes

qui ont senti une odeur passable peut-être qu'ils s'avèrent que la proportion de dégustateurs n'ayant pas apprécié l'odeur pour cause d'allergie au lait et ses dérivés.

III.2. Critère couleur

Les résultats de critère couleur sont illustrés dans la Figure N°19 :



FigureN°19 : Classement des fromages selon la couleur.

La couleur étant critère organoleptique d'au procédé de fabrication et au additifs, La bonne couleur est enregistrée pour le fromage A et B dont 60% des sujets qui ont estimé une bonne couleur, suivie par le fromage C avec un pourcentage de 56,66%,

III.3. Critère texture

Les résultats de critère texture sont regroupés dans la figure suivante :

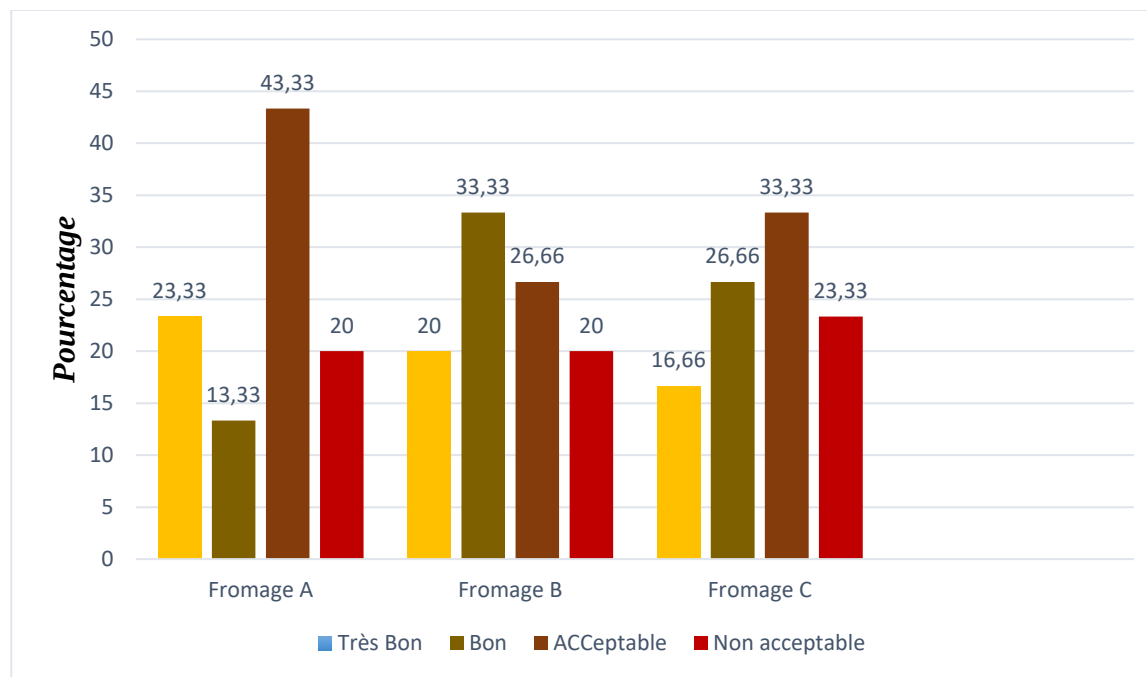


Figure N°20 : Classement des fromages selon la texture.

La texture étant critère de vent et n'influe nullement sur la qualité de produit (valeur nutritive) La meilleure texture est notée pour le fromage A avec 23,33% de dégustateurs qui ont apprécié une Très Bonne texture, suivie par le fromage B avec 20% qui ont estimé une bonne texture ça revient peut-être à un excès d'égouttage ou bien à un malaxage mal fait, vient en dernier le fromage C avec un pourcentage de 16,66%.

III.4. Critère gout

Les résultats de critère gout sont résumés dans la FigureN°21:

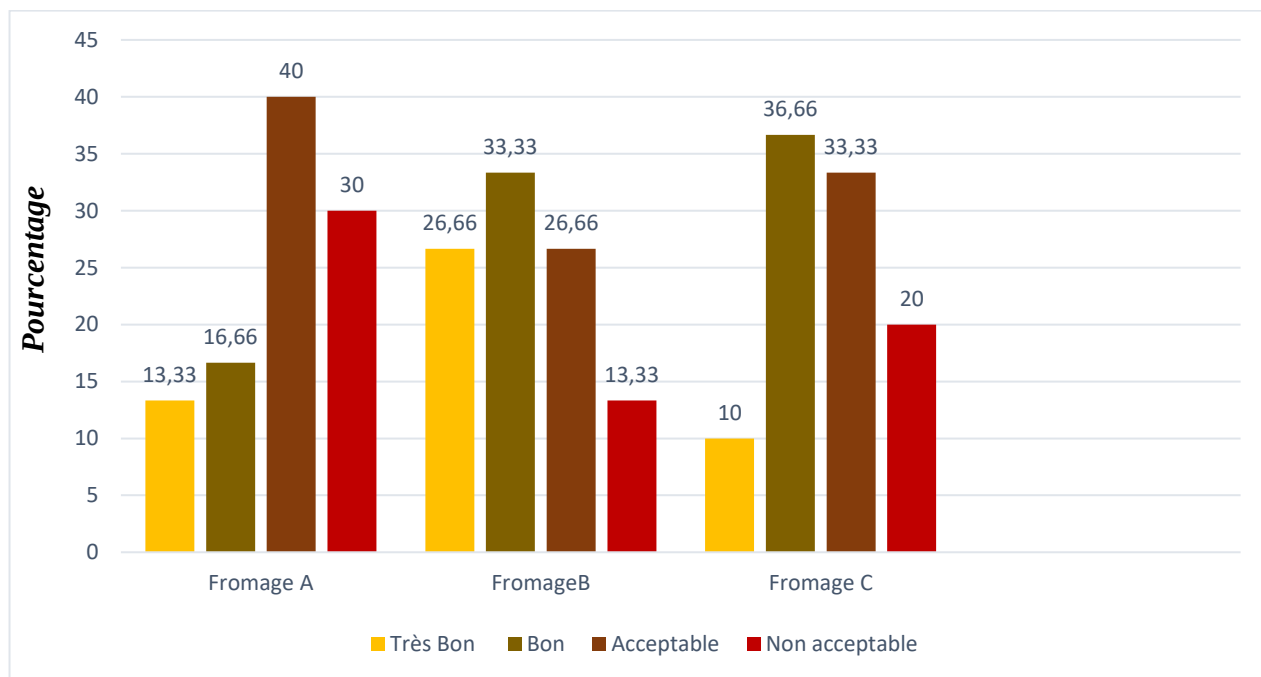
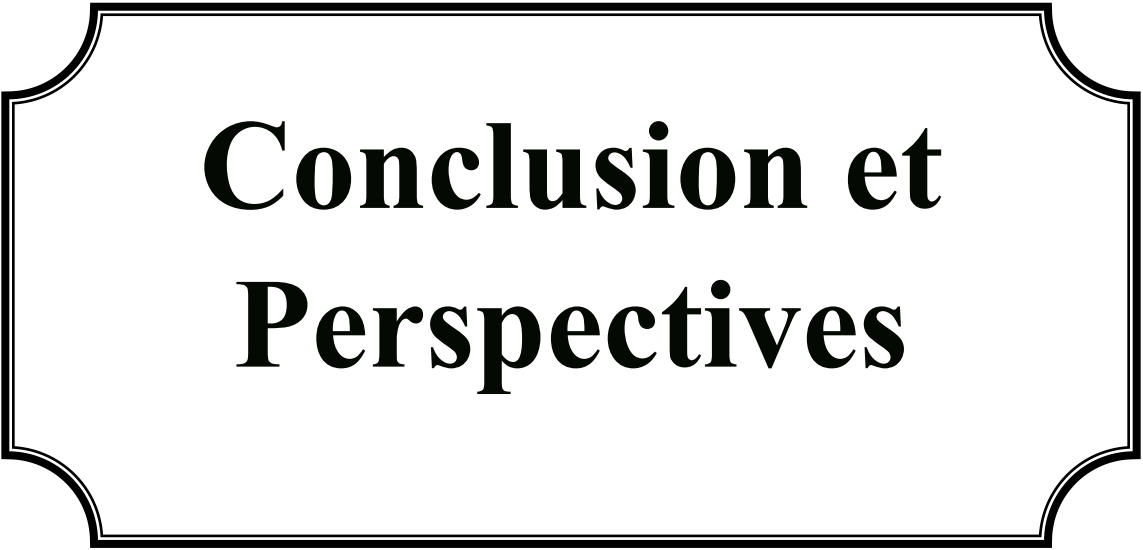


Figure N°21 : Classement des fromages selon le gout.

Le meilleur gout est enregistré pour le fromage B avec un pourcentage de 26,66% de dégustateurs ont senti un Très Bon gout, suivie par le fromage C avec un pourcentage de 36,66% de dégustateurs ont senti un Bon gout, en dernier on trouve le fromage A dont 40% ont estimé un gout acceptable.

D'après ces résultats, on conclut que le fromage B qui un fromage fabriqué à base de lactosérum avec un faible concentration de l'ail et le persil est le plus apprécié par la majorité des dégustateurs.

A decorative rectangular frame with rounded corners and a double-line border, enclosing the title text.

Conclusion et Perspectives

Conclusion et perspective

Les résultats de cette étude démontrent qu'il est très possible, même conseillé de fabriquer un fromage à base de lactosérum, qui s'apprête très facilement à une aromatisation avec des condiments tel que l'ail et le persil. Le fromage ricotta obtenu présente des caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles acceptables. Tous les essais ont montré la disposition de la fabrication de fromage à partir de lactosérum et les valeurs obtenus correspondent aux normes suivies dans ce domaine.

En termes de propriétés sensorielles, le fromage à base de lactosérum aromatisé à l'ail et le persil présente un aspect appétissant, une couleur jaune pâle, une saveur légèrement aillée et persillée, une odeur agréable et une acceptabilité par les consommateurs jugée modérée, ou les dégustateurs ont montré que :

❖ Pour l'odeur :

- Le fromage B est le plus apprécié pour son odeur, suivi des fromages C et A.
- Une proportion notable de participants n'a pas apprécié l'odeur du fromage A, ce qui pourrait s'expliquer par des allergies alimentaires.
- L'étude met en évidence l'importance de prendre en compte les allergies alimentaires lors de l'évaluation sensorielle des produits alimentaires.

❖ Pour la couleur :

- Les fromages A et B sont les plus appréciés pour leur couleur, suivis du fromage C.
- La couleur est un critère organoleptique important influencé par le procédé de fabrication et les additifs utilisés.
- L'étude suggère que les consommateurs privilégient les fromages à la couleur claire ou uniforme.

Conclusion et perspective

❖ Pour la texture :

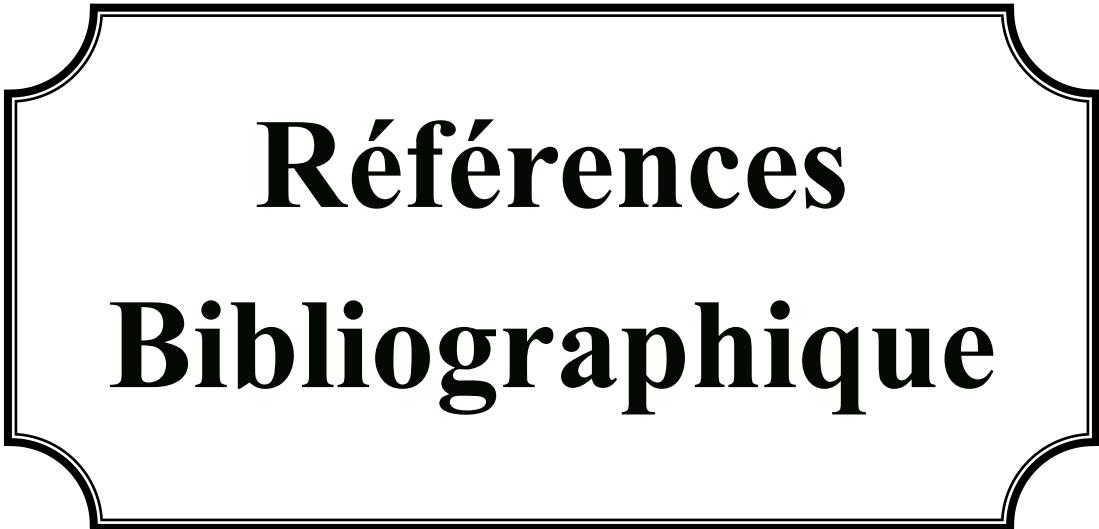
- Le fromage A est le plus apprécié pour sa texture, suivi des fromages B et C.
- La texture est un critère organoleptique important influencé par le procédé de fabrication, notamment l'égouttage et le malaxage.
- L'étude suggère que les consommateurs privilégient les fromages à la texture ferme et homogène.

❖ Pour le gout :

- Le fromage B est le plus apprécié pour son goût, suivi des fromages C et A.
- Le goût est un critère organoleptique important influencé par les ingrédients, les additifs et le procédé de fabrication.
- L'étude suggère que les consommateurs privilégient les fromages aux saveurs subtiles et équilibrées.

Ces résultats encourageants ouvrent la voie au développement de nouveaux fromages à base de lactosérum aromatisés avec d'autres ingrédients, tels que des épices, des herbes aromatiques.

En conclusion, la fabrication de fromage à base de lactosérum aromatisé à l'ail et au persil constitue une alternative intéressante pour valoriser ce sous-produit laitier et réduire l'impact environnemental de l'industrie laitière. Ce type de fromage offre des perspectives prometteuses pour l'élargissement de l'offre de produits fromagers innovants.



Références Bibliographique

Références Bibliographiques

1. **Adrian J, Legrand G et Frange R. (1991).** Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et Doc. Lavoisier .3ème édition :116 P.
2. **Afnor, (1980).**de la qualité des produits laitiers. Analyse physico-chimique.
3. **Afif, A., Faid, M., & Najimi, M. (2008).**Qualité microbiologique du lait cru produit dans la région de Tadla au Maroc. Reviews in Biology and Biotechnology, 7(1), 2-7.
4. **ANONYME2, (2002):**« Manuel de transformation du lait », chapitre 15 : le traitement de sérum de fromage.CD ROM 2000.
5. **APRIA, (1973).** Les lactosérums traitement et utilisation, association pour la promotion industrie agriculture, paris. P : 3-132.
6. **APRIA, (1980).** Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animal.
7. **Berdi.R, Benouarzag. F et Abbas Haddad, R, (2002).** Mémoire master, analyse physico-chimique et microbiologique de lactosérum doux,29-33.
8. **BERGEL D, FERON A. MOLLICA. (2004).** CRÉSO –UNIVERSITÉ DE CAEN ESO -UMR 6590 CNRS N° 21.
9. **BERGEL D, FERON A. MOLLICA. (2004).** CRÉSO –UNIVERSITÉ DE CAEN ESO -UMR 6590 CNRS N° 21.
10. **Belhout, A., & Belkaid, R. (2015).** Essai de la mise au point d'un yaourt infantile à base du lactosérum (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri),39-121.
11. **Benslama A, (2016).** Le lait le lactosérum. Université Mohamed Khider-Biskra.
12. **Benaissa M. (2018).**Valorisation du lactosérum par les bactéries lactiques. Thèse de Doctorat en science spécialité : Biotechnologie option écosystème microbiens complexes, Université d'Oran Ahmed Ben Bella.
13. **Bourgeois, C. M., Multon, J. L., Linden, G., & Leveau, J. Y. (1991).** Techniques d'analyse et de contrôle dans les industries agro-alimentaires,3.
14. **Bourgeois C.M, Larpent J.P. (1996).** Microbiologie alimentaire tome 2, technique et documentation Lavoisier-Paris.
15. **Boudjema, K., F. Fazouane-Naimi, et al. (2009).** "Optimisation et modèle de production d'acide lactique par Streptococcus thermophilus sur lactosérum." Sciences & Technologies. C, Biotechnologies: 80-90.

Références Bibliographiques

16. **Boubezari, M. T., Aissi, M., & Harhoura, K. (2010).** Contribution à l'étude des caractéristiques physicochimiques et mycologiques du lait chez quelques races bovines, ovines et caprines dans quelques élevages de la région de Jijel. 124.
17. **Borba, K.K.S., Silva, F.A., Madruga, M., de cassia Ramos do Egypto Queiroga, R., de Souza, E.L., & Magnani, M. (2014).**The effect of creamy ricotta made from whey as well as cow's milk and goat's milk. International journal of food science & technology ,49(5), P:1279-1286.
18. **Bouklouche M.F, (2018).** Procédé de fabrication du lait : analyses physico-chimiques. Rapport de soutenance. En vue de l'obtention du diplôme de licence professionnalisant en génie chimique. Université Akli Mohand Oulhadj-Bouira.P 13-15.
19. **Brahimi, M., & Kahil, S. A. (2016).** Etude de la stabilité d'un fromage fondu au cours du stockage réfrigéré au niveau de la laiterie-fromagerie de Boudouaou (Doctoral dissertation, Université Mouloud Mammeri).
20. **Cheryan M. (1998).** Ultrafiltration and microfiltration handbook, thechnomic publishing company. Lancaster, PA.
21. **Cheryan M. (1998).** Ultrafiltration and microfiltration handbook, thechnomic publishing company. Lancaster, PA.
22. **CODEX STAN 283 (1978).** Codex Standard 283-1978, Norme générale Codex pour le fromage, 8p.
23. **Córdoba R. (2013).**Méthodologie alternative pour la réutilisation du lactosérum de fromage basée sur l'industrie de la canne à sucre dérivés de l'industrie de la canne à sucre. Université de Veracruz.
24. **Croguennec.T.R.J., & Gérard, B. (2008).** Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier.
25. **Depledh, F. (2003).** Evaluation sensorielle : manuel méthodologique, Ed, Tech Doc Lavoisier.353p.
26. **Debry G, (2006).** Lait, nutrition et santé. Ed : tec et doc Lavoisier Paris. 566 p.
27. **Di Pierro, P., Sorrentino, A., Mariniello, L., Giosafatto, CVL et Porta, R. (2011).** Film de chitosane/protéine de lactosérum comme enrobage actif pour prolonger la durée de conservation du fromage Ricotta. LWT-Food science and technology, 44 (10), 2324-2327.
28. **Eck A et Gillis JC. (1986).** Le fromage. 2ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris. 540 p.

Références Bibliographiques

29. **Eck, A et Gillis, J. C, (2006).** Le fromage. De la science à l'assurance qualité. 3 ème Ed. Paris : Tec et Doc-Lavoisier, p : 356, 691, 692-703, 715, 729-730, 891.
30. **Esterle, L. (2010).** Calcium et santé osseuse chez l'enfant et l'adolescent. Journal de Pédiatrie et de Puériculture. 23 :65-69 p.
31. **Essadaoui M. (2012).** Institut Marocain de l'Information Scientifique et Technique (IMIST). BIT-IAA. N° 24, 19-22.
32. **FAO, (1996).** **Codex Alimentarius** : Céréales, légumes secs, légumineuses, produits dérivés et 2 ème protéines végétales. FAO. Vol 7. Édition. Rome, 164 p.
33. **FAO, (1995).** Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine, Vol 28, Col FAO, alimentation et nutrition : 271.
34. **FAO-ONU. (2017).** Production alimentaire : fromage en Algérie. Organisation des Nations Unies.
35. **Federic G, (2004).** Minéraux et produits laitiers. Lavoisier,206 P.
36. **Fick M. (2016).** Valorisation du lactosérum. Université de lorraine.
37. **Fox, P.F. MeSweeney P.L.H, Cogan, T.M, Guinee.T.P. P (2004).** Cheese: chemistry, physics and microbiology Academic Press, P :434.
38. **Gelais ST.D., Tirrard-Coller P., Belanger G., Drapeau R et Couture R. (2002).** Le fromage. In : Science et technologies de transformation du lait. Vignola C.L. Ed, Presses internationales Polytechnique, 349-413p.
- Gobbetti, M., Neviani, E., & Fox, P (2018).** The cheeses of Italy: science and technology. Springer.281 p, Switzerland.
39. **Gobbetti, M., Neviani, E., & Fox, P (2018).** The cheeses of Italy: science and technology. Springer.281 p, Switzerland.
- Grappin R, Lefier D et mazerolles G. (2006).** La spectroscopie infrarouge et ses applications analytiques. Ed Dunod, Paris, 626.
40. **Guimarães, P. M., J. A. Teixeira, et al. (2010).** "Fermentation of lactose to bio-ethanol by yeasts as part of integrated solutions for the Valorisation of cheese whey." Biotechnology advances 28(3): 375-384.
41. **Guatemim, E., L.X., Silveira, S.M.D., Millezi, A.F., Ferenz, M., Costa, K.D., Rossi, P., Bampi, G. B (2016).** Evaluation of the microbiological quality of ricotta cheese commercialized in santa catarina, Brazil. Food science and Technology,36,612-615.

Références Bibliographiques

42. **Hadry J. et Scher J., (1997).** Les propriétés physiques et organoleptiques du fromage. 1. Propriétés physiques. Pp. 479-492. In le fromage, de la science à l'assurance qualité. (Coord. A. ECK et J.C. GUILKLIS), 3èmed. Tec et Doc. Lavoisier, 891p.
43. **Herbert S. (1999).** Caractérisation de la structure moléculaire et microscopique de fromage à pâte molle, analyse multi variée des données structurales en relation avec la texture. Thèse : Ecole Doctorale Chimie Biologie de l'Université de Nantes, France, 188p.
44. **Huurtaud,C., Buchin,S., Martin, B., Verdier-Metz, I., Peyraud, J.L., &Noel, Y. (2001)** la qualité des laits et ses conséquences sur la qualité des produits de transformation : quelques techniques de mesure dans les essais zootechniques. Rencontres auteur des recherches sur les ruminants, P :35-42.
45. **Ilker E, Mushsin C, Sebnem H, (2006).**Separation of whey components by using ceramic composite membranes, desalination 189.
46. **JAQUE.P.(1998).** Alimentation et santé. Paris : INRA, 540.
47. **Jelen, P., & Buchheim, W. (1976).** Fromage de lactosérum norvégien. Technologie alimentaire, 30 (11), 62.
48. **J. F Boudier, F.M Luquet, (1989).** Utilisation de lactosérum en alimentation humaine et animale N°21. **Jeantet R, Croguennec T, Garric G et Brulé G. (2017).** Initiation à la technologie fromagère. 2ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
49. **Jeantet R, Croguennec T, Garric G et Brulé G. (2017).** Initiation à la technologie fromagère. 2ème Edition : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
50. **Jora. (1998).** N°35. Arrêté interministériel du 24 janvier 1998 modifiant et complétant l'arrêté interministériel du 24 août 1997 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires, Journal Officiel de la République Algérienne,7-25.
51. **Jora. (2017).** N° 39 du 02 Juillet 2017. Arrêté interministériel du 2 Moharram 1438, correspondant au 4 octobre 2016, fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires ,11-32. **Kebbouche-Gana, S. and A. Touzi (2001).** "valorisation du lactosérum par la production de levures lactiques avec les procédés de fermentation continue et discontinue."
52. **Kosikowski, F. V. (1977).**, 190 in Cheese and fermented milk foods. Edwards Bros., Inc., Ann Arbor, MI,168-179.

Références Bibliographiques

53. **Kourghli S et Hadj Ammer S, (2018)** : Analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait pasteurisé conditionné de Laiterie Fromagerie de Boudouaou. ; Mémoire du diplôme de Master., université DE BOUIRA.
54. **Lamontagne M. Champagne C-P., Reitz-Ausseau J., Moineau S., Gardner N., (2002).** Microbiologie du lait. In « science et technologie du lait : transformation du lait ». Ed. Presse internationale Polytechnique, 75-146.
55. **Lapointe-Vignola, C. (2002).** Science et technologie du lait : transformation du lait. Presses internationales Polytechnique de Montréal, 600.Canada.
56. **Laplanche J, (2004).** Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. Revue Suisse ,36(5), P220-224.
57. **Laplanche J., Ducognon V., Trevisan D, (2006).** Traitement du lactosérum par filtration sur compost ensemencé de vers, épuration of lactosérum in a compost filter with Worms, syndicat des apagistes, fruit communs et vendeur direct de Savoie. Maison de l'agriculture- saut baldoph. PP : 73-90.
58. **Labioui, H., Elmoualdi, L., Benzakour, A., El Yachoui, M., Berny, E., & Ouhssine, M. (2009).** Etude physicochimique et microbiologique de laits crus. Bull. Soc. Pharm. Bordeaux, 148, 7-16.
59. **Leder, (1983).** Application de la membrane du globule gras du lait comme ingrédient : perspectives actuelles et futures. Dairy Sci, technol. p 18.
60. **Le Mens, P. (1985).** Le lait de chèvre : propriétés physico-chimiques, nutritionnelles et chimiques. Lait et produits laitiers, vache, chèvre, brebis, de la mamelle à la laiterie, 2, 354- 367.
61. **Linden G et Lorient D, (1994).** Biochimie agro industrielle, valorisation alimentaire de la production agricole. Masson Paris Milan Barcelone.
62. **Linden, G., & Lorient, D. (1994).** Agro-industrial biochemistry: upgrading the nutritive value of farm produce. Agro-industrial biochemistry: upgrading the nutritive value of farm produce.
63. **LUQUET F.M et BOUDIER J.F, (1984).** Utilisation des lactosérums en alimentation humaine et animale. Apria., 21, p : 1-7, 66, 83-90.
64. **Luquet F.M. (1990).** Lait et produits laitiers : vache, brebis chèvre. Tome II, Tech. Et Doc., 2ième édition, Lavoisier, Paris.
65. **Lupien, J. (1998).** "Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine." Collection FAO. Alimentation et Nutrition.

Références Bibliographiques

66. **Luquet, F. M & Corrieu, G., (2005).** Bactéries lactiques et probiotiques. Application des bactéries lactiques dans les produits laitiers frais et effet probiotiques, 1-100.
67. **Maubois, J.-L. and Kosikowski, F. V. (1978),** Making Ricotta Cheese by Ultrafiltration, Department of Food Science, Cornell University, Laboratoire de Recherches Laitières – I.N.R.A., France.1978 J Dairy Sci 61 :881—884.
68. **Mahran, G. A., Hammad, Y. A., Ahmed, N. S., Sayed, A. F., & Abdel-Aziz, M. (1998).** Manufacture of Ricotta cheese from whey fortified with skim milk powder using different acidulants. In 7. Egyptian Conference for Dairy Science and Technology, Cairo (Egypt), 7-9 Nov 1988.
69. **Mathieu, J. (1998).** Initiation à la physicochimie du lait. Lavoisier Tec & Doc ,220. Thomas, C. R. O. G. U. E. N. N. E. C., Romain, J. E. A. N. T. E. T., & Gérard, B. R. U. L. É. (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Lavoisier,161.
70. **Mahaut M, Romain et Gerard B, (2000).** Initiation à la technologie fromagère, Edition Tec et Doc ; Lavoisier. P 173 et P 194.
71. **Mahaut M et al., (2003).** Initiation à la Technologie fromagère Tec et Doc Lavoisier, Paris, 180p.
72. **Majdi A, (2009).** Séminaire sur les fromages AOP ET IGP, chap 03 : Les aspects techniques de fabrication du fromage.
73. **Matallah, S., Matallah, F., Djedidi, I., Mostefaoui, K. N., & Boukhris, R. (2017).** Qualités physico-chimique et microbiologique de laits crus de vaches élevées en extensif au Nord-Est Algérien. Livestock Research for Rural Development, 29(11).
74. **Mangione, G., Gaccam O, M., Natalello, A., & Licitra, G. (2023).** Graduate Student Literature Review: History, Technologies of production, and characteristics of ricotta cheese. Journal of Dairy science.
75. **Morr C. V, and HA E.Y.W, (1993).** Whey protein concentrates and isolates: processing and Functional properties. Critical reviews in food science and nutrition, p431-476.
76. **Muller A, Berand C, Uzi Erin, Georgos D, (2003).** Perpurification of alpha actalbumine with UFceraic membranes from acid casein whey: study of operating conditions. Lait 83,111-129.
77. **Nagaoka, S-K., Miwa, M-E., Kuzuya, Y., Hori, G et Yamamoto, K,(1999).** Soy protein peptic hydrolysate with bound phospholipids decreases micellar solubility and cholesterol absorption in rats and caco 2 cells. Journal of Nutrition 129, p 1725-1730.

Références Bibliographiques

78. **NELSONE.F ET COLL, (1978).** whey utilization in first flavored drinks. Dairy and food science14.
79. **Norme Internationale ISO 6887-1 (1999).** Microbiologie des aliments. Préparation des échantillons, de la suspension mère et dilutions décimales en vue de l'examen microbiologie, Partie 1 règles générales pour la préparation de la suspension mère et des dilutions décimales.
80. **Paccalin J., Galantier M., (1986).** Valeur nutritionnelle du lait et des produits laitiers, p.p. 93-121, In : Luquet F.M., 1986. Lait et produits laitiers : vache, brebis, chèvre, 3 : Qualité – Energie et tables de composition. Techniques et Documentation–Lavoisier, Apria, Paris, 445 p.
81. **Papademas P. et Kotsaki P. (2019).** Technological Utilization of Whey towards Sustainable Exploitation. J Adv. Dairy Res, 7, 231.
82. **Pintado, M. E., Macedo, A. C., & Malcata, F. X. (2001).** Technology, chemistry and microbiology of whey cheeses. Food Science and Technology International, 7(2), 105-116.
83. **Pizzillo, M., Claps, S., Cifuni, G. F., Fedele, V., & Rubino, R. (2005).** Effect of goat breed on the sensory, chemical and nutritional characteristics of ricotta cheese. Livestock Production Science, 94(1-2), 33-40.
84. **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.
85. **POUGHEON, S., GOURSAUD J., (2001).** Les laits caractéristiques physicochimiques In DEBRY G., Lait, nutrition et santé, Tec et Doc, Paris : 6(566 pages).
86. **PROOT J,(2001).** Les technologies propres appliquées aux industries agroalimentaires. PDF ARIST BOURGOGNE, 05.
87. **Ramet, J. P., & Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture. (1985).** La fromagerie et les variétés de fromages du bassin méditerranéen. Organisation des nations unies pour Alimentation et L'Agriculture,187.
88. **Ramet, (1985).** Le fromage, volume2, 3 éditions, p54
89. **Ramet J.P. (2006).** In le fromage chap. 8. Technologie comparée des différents types de caille, page334 à 364.
90. **Ribeiro, A.C. Marques, S.C., Sodr , A.D.F., Abreu, L.R.D., Picoli, R.H. (2005).** Controle microbiologico da vida de prateleira de ricotta cremosa. Ciencia e Agrotecnologia,29. P :113-117.
91. **Robin, F. (2019).** Le fromage pour les nuls. First,396 P, France.

Références Bibliographiques

92. **Sadouki. H. (1978).**Traitement thermique du lactosérum : Répercussion sur ses qualités bactériologiques et nutritives, Mémoire d'ingénieur agronome, Institut national agronomique, El-Harrach ,54.
93. **Sandra I. A. S. P, (2001).** Contribution à l'étude des variations de la composition du lait et ses conséquences en technologie laitière. Thèse de doctorat : sciences vétérinaires. Toulouse : Ecole nationale vétérinaire, 102p.
94. **Scott, R., Robinson, R. K., & Wilbey, R. A. (1998).** Cheese making practice. Gaithersburg, MD.
95. **Schuck, P., Bouhallab, S., Durupt, D., Vareille, P., Humbert, J. P., & Marin, M. (2004).** Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et de la dynamique de l'eau. Le Lait, 84(3), 243-268.
96. **Siengenthaler, E. J. (1968).** Two procedures for cheese making in the tropics and merging countries. Milch wissen chaft ,23-623.
97. **Slamani, R., Bahous, H., Saadi, S., Labadi, R., & Chahed, F. (2021).** Valorisation des protéines du lactosérum de fromagerie par thermocoagulations. Bilan matière, rendement fromager et composition des produits obtenus. Nutrition and Food Sciences, 16.
98. **Smithers, G. W., Ballard, F. J., Copeland, A. D., de Silva, K. J., Dionysius, D. A., Francis, G. L., & Regester, G. O. (1996).** New opportunities from the isolation and utilization of whey proteins. Journal of Dairy Science, 79(8), 1454-1459.
99. **Sottiez P ,1990.** Produits dérivés des fabrications fromagères, lait et produits laitiers, tome 2. Ed, Lavoisier, Paris, p 357-392.
100. **Valencia D., Ramírez M., Denicia V., Castillo R., Leticia M., Valencia E., & Ramírez M. L. (2009).** Pollution de l'eau par l'industrie laitière. Eléments : Ciencia Y Culture, 16(73), 27-31.
101. **VEISSEYRE, R, 1975,** Technologie du lait, Ed. La Maison Rustique, 250-275.
- 102.**Veisseyre R. (1975) :** Technologie du lait. Constitution, récolte, traitement et transformation du lait. La Maison Rustique. Paris. P.692.
103. **Violleau, V. (1999).** Valorisation du lactosérum par électrodialyse, Thèse de doctorat. Montpellier.
104. **Vignola C.L., (2002).** Science et technologie du lait. Ecole polytechnique du lait de Montréal, canada ,600p.
105. **Vignola C. (2002).** Science et Technologie du Lait Transformation du Lait. Edition Presses Internationales Polytechnique, Canada. pp. 3-75.

Références Bibliographiques

106. **Vierling E., (2008).** Aliments et boissons : filières et produits .3 éd. Doin.Paris.275 p.
107. **Vignola C., (2010).** Sciences et technologie du lait, transformation du lait. Ed 2. Press polytechnique de Montréal. 608 p. ISBN-10 : 2553015526.
108. **Vrignaud Y, (1979).** Le lactosérum, matière première noble pour les industries alimentaires Humains et animales.Rev.Lait.FR, FRA, DA.
109. **Yadav, J. S. S., S. Yan, et al. (2015).** "Cheese whey: A potential resource to transform into bioprotein, functional/nutritional proteins and bioactive peptides." *Biotechnology Advances* 33(6) : 756-774.
110. **Yennek B, (2010).** Effet des facteurs d'élevage sur la production et la qualité du lait de vache en régions montagneuses. Thèse de magister. Alimentation animale et produits animaux. Tizi Ouzou. Université de Mouloud Mammeri, 141 p.
111. **Yorgun M.S., Akmehmet Balcioglu I., & Saygin O, (2008).**Performance comparison of ultra filtration, nano filtration and reverse osmosis on whey treatment. *Desalination*, 229, 204– 216.

Annexes

Annexes

Annexes I : Matériel physicochimique et microbiologique.

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

I- Matériel physicochimique :

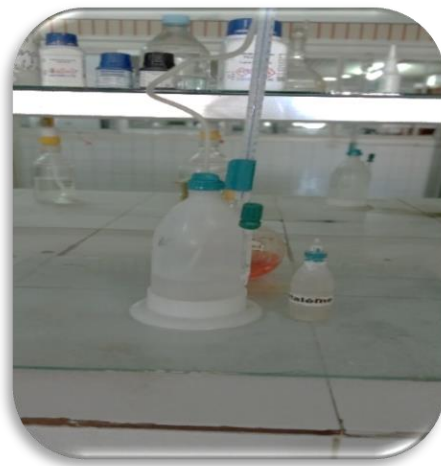
- ❖ Balance de précision, KERN EMB (Max= 600 g, sensibilité = 0,01 g).
- ❖ PH-mètre HANNA®HI 8424 avec des électrodes combinées (États-Unis).
- ❖ Dessiccateur Startorius MA35 ET Kern MLS-D max :50g.
- ❖ Bain marie (Mettler, Allemagne).
- ❖ Centrifugeuse GERBER FUNKE Nova Safety ,1350trs /mn.
- ❖ Spectrophotomètre (UV- 1800).
- ❖ Four à moufle Nabertherm ; puissance 2,6 kw, Tc° max 1100c°.

II- Matériels microbiologiques :

- ❖ Bec benzène ; Pipette pasteur ; Boîtes pétri, Etuve Mettler (Allemagne).
- ❖ Verrerie : fiole de 50 ml, pipette jaugée de 10 ml, burette graduée de 25 ml, bécher, Flacon stériles, Butyromètre (FUNKE GERBER, VanGulik), Creusets, entonnoirs.
- ❖ Autres matériels : spatule, grande cuillère, pot en plastique, pince, pissette, aluminium.



Annexe II : Mesure de pH.



Annexe III : Mesure de l'acidité.

Annexes



Annexe IV : Mesure de la densité.



Annexe V : Mesure de la matière sèche.



Annexe VI : Mesure de la matière grasse.

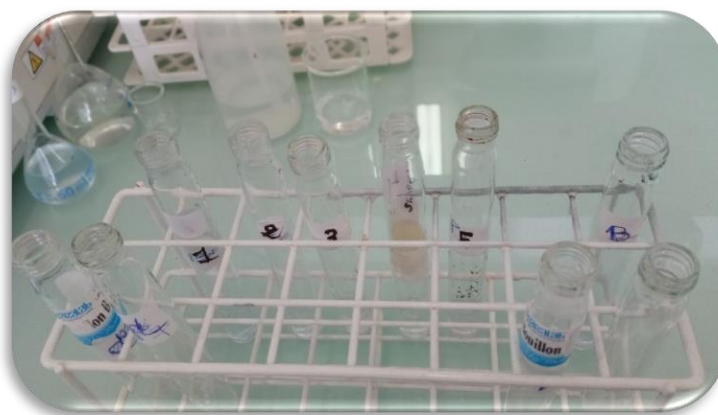


Annexe VII : Mesure des cendres.

Annexes



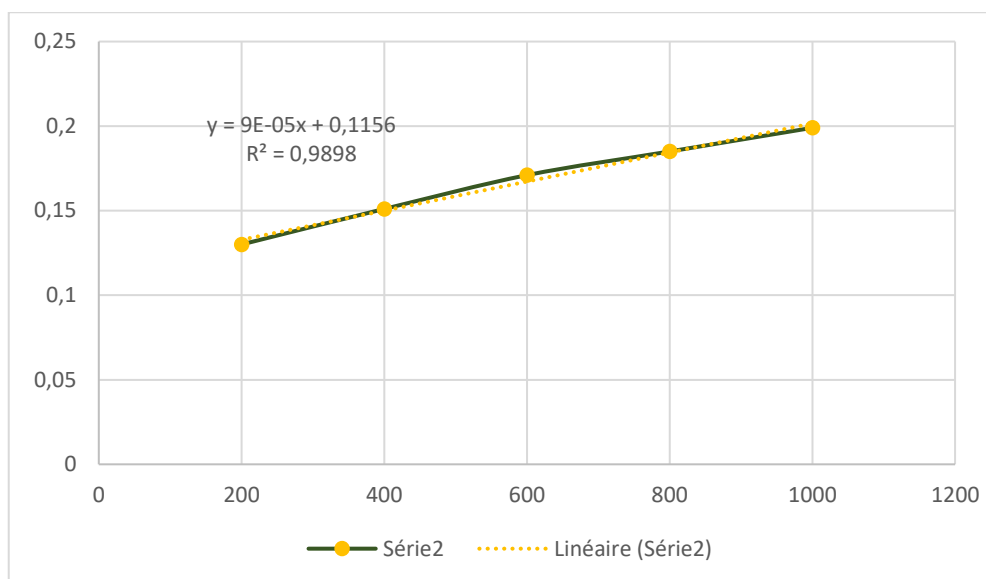
Annexe IX : Spectrophotomètre.



Annexe X : Préparation de BSA.

BSA mg /ml	200	400	600	800	1000
ABS	0,13	0,151	0,171	0,185	0,199

Annexes

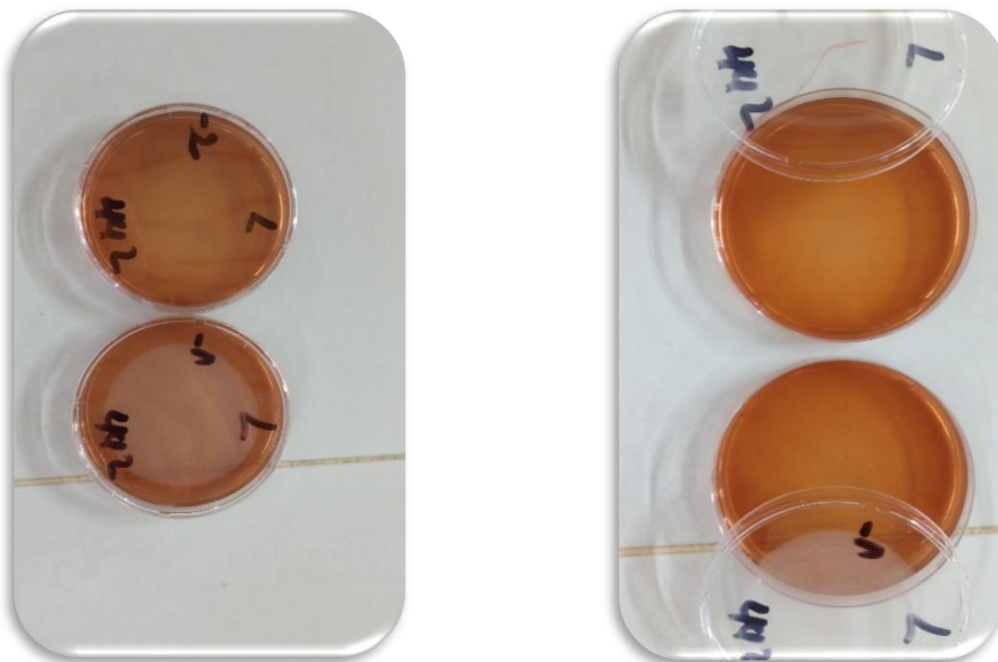


Annexe XI : Courbe d'étalonnage de BSA.

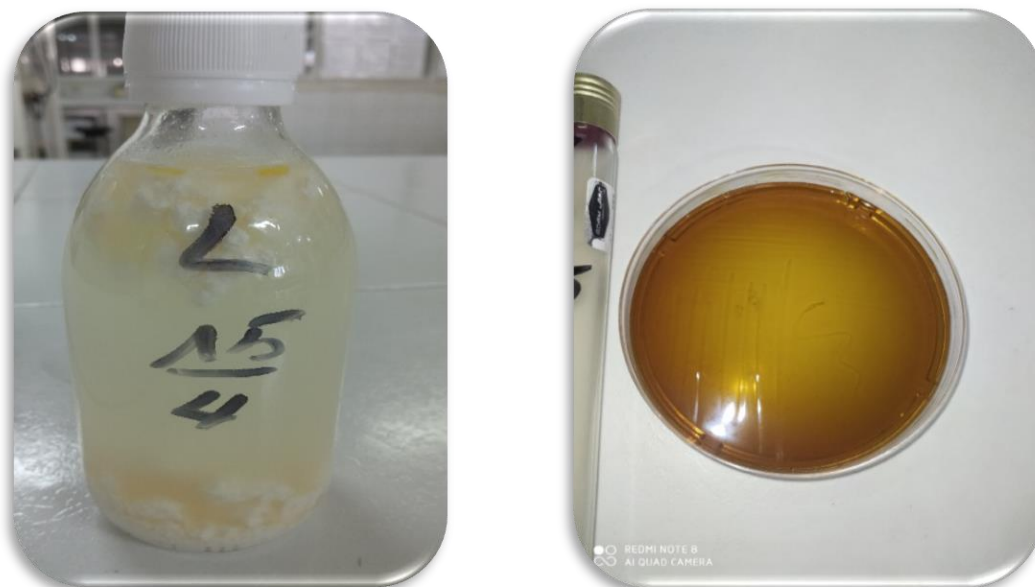


Annexe XII : Résultat de dénombrement des coliformes totaux dans milieu VRBG.

Annexes



Annexe XIII : Résultat de dénombrement des coliformes fécaux dans milieu VRBG.



Annexe XIV : Résultat de dénombrement des salmonelles dans milieu Hektoen.

Annexes

Annexe XV : Fiche de dégustation.

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES DE MASTER 2

(Technologie Alimentaire -FT -UMBB)

Etudiante : Drah wassila

Thème : Essais d'élaboration de fromage à base de déchets de laiterie (lactosérum)

(Laiterie de Boudouaou)

Fiche de dégustation

Date :

Nom/Prénom :

Age :

3 Echantillons de fromage ricotta -vous sont proposés, il vous est demandé de donner votre degré de satisfaction par rapport aux critères suivants :

L'analyse Sensorielle Des Fromages				
	Odeur	Couleur	Texture	Gout
Fromage A				
Fromage B				
Fromage C				

TB : Très Bonne, **B :** Bonne, **C :** Acceptable, **NC :** Non acceptable

Tableau 2 :

Barème de notation	
Observation	Note
Mauvaise	1
Passable	2
Acceptable	3
Moyenne	4
Excellent	5