



REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE MOULOUD MAMMERI TIZI-OUZOU



FACULTE : SCIENCES BIOLOGIQUES ET SCIENCES AGRONOMIQUES DEPARTEMENT
D'AGRONOMIE

MEMOIRE DE FIN DE CYCLE

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER EN
SCIENCES ALIMENTAIRES

Option: Agroalimentaire et contrôle de la qualité

Essai de formulation d'un yaourt à boire à base de lactosérum et de purée de carotte

Présenté par:

M^{lle} BOULARIAH Lamia

M^{lle} BOUKELA Liza

Membres du jury

Mr AMROUCHE T.	M.C.A.	Président	U.M.M.T.O.
Mr BENGANA M.	M.C.B.	Examineur	U.M.M.T.O.
Mme REMANE Y.	M.A.A.	Examinatrice	U.M.M.T.O.
Melle LAMMI S.	M.C.B.	Promotrice	U.M.M.T.O.

Année : 2018/2019

Remerciements

Tout d'abord, nous exprimons nos remerciements au Bon Dieu de nous avoir donné le courage et la force pour terminer notre travail et pour sa bienveillance.

Notre profonde gratitude va à notre promotrice M^{elle} Lammi S., Maitre de conférences à l'UMMTO, pour la qualité de son encadrement, sa constante disponibilité, ses conseils, ses compétences scientifiques, qui nous ont permis d'élargir nos connaissances.

Nous tenons également à exprimer nos sincères remerciements à M^r AMROUCHE T. Maitre de conférence à l'UMMTO qui nous fait l'honneur de présider le jury et de juger notre travail. Nous remercions également, M^r BENGHANA M., Maitre de conférence à l'UMMTO et M^{me} Maitre assistante à l'UMMTO qui ont accepté d'examiner notre travail.

NOUS tenons à remercier les responsables de la laiterie Pâturage d'Algérie et tous le personnel du laboratoire qui nous ont beaucoup aidé.

NOUS tenons à remercier également tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la caractérisation de notre travail.

Liza & Lamia



Dédicaces

Je tiens à dédier ce modéteste travail à :

A ma chère grand-mère avec toute ma tendresse

A mes chers parents, mes tentes Djamilâ et Oirdia, et mon oncle « Ismail », pour leur support inconditionnel, pour leur soutien moral et matériel durant toutes mes années d'études, je ne vous remercierai jamais assez pour tout ce que vous m'avez apporté.

A mes sœurs Célia et Kamélia.

A mon unique frère Yanis que dieu me le garde.

A mon fiancé et à toute sa famille pour leur soutien

A toute ma famille...

A tous (tes) mes amis (es), Dalila pour répondre toujours présente pour moi, je n'oublierai jamais

A Jugurtha pour toute l'aide qu'il m'a apporté, je tiens à t'exprimer toute ma gratitude

A mon binôme et amie Lamia, pour sa persévérance et son dévouement pour notre travail, je te remercie

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin

Et à toute la promotion de technologues « 2018/2019 »

Liza





Dédicaces

Je dédie ce travail avec toute la profondeur de mes sentiments

A Mes très chers parents, qui m'ont soutenu tout au long de ces années, avec leur affection et leur amour, que dieu leurs offres une bonne santé et longue vie.

A mes frères

A mes sœurs

A toute ma famille

A mes chers amis (es)

A mon binôme Liza et sa famille

A tous ceux qui m'ont aidés de près ou de loin.

Lamia



SOMMAIRE

Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux

Première partie : Synthèse bibliographiques

Introduction	01
I. Généralités sur le lait	03
I.1. Définition	03
I.2. Structure et propriétés générales des constituants du lait	03
I.2.1. Structure du lait	03
I.2.1.1. Eau	03
I.2.1.2. Matière grasse	04
I.2.1.3. Les glucides du lait.....	04
I.2.1.4. Protéines	05
I.2.1.5. Minéraux	06
I.2.1.6. Enzymes	07
I.2.1.7. Vitamines	07
I.3. Les microorganismes du lait	07
I.3.1. Flore indigène ou originelle.....	08
I.3.2. Flore de contamination.....	08
II. Laits fermentés (Yaourt)	09
II.1. Généralités sur les laits fermentés	09
II.1.1. Origine du lait fermenté	09
II.1.2. Définition	10
II.1.3. Les différents types des laits fermentés	10
II.2. Yaourt et spécialité laitière de type yaourt	11
II.2.1. Définition et réglementation	11
II.2.1.1. Yaourt.....	11
II.2.1.2. Les différents types de yaourt	12
II.2.2. Spécialité laitière	13
II.2.3. Processus de fabrication du yaourt	13
II.2.3.1. Standardisation.....	13
II.2.3.2. Homogénéisation.....	14
II.2.3.3. Traitement thermique	14
II.2.3.4. Refroidissement	15
II.2.3.5. Ensemencement.....	15
II.2.3.6. Refroidissement et stockage	15
II.2.3.7. Conditionnement du yaourt	16
II.2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt	18
III. Lactosérum.....	20
III.1. Origine	20
III.2. Définition	20
III.3. Types de lactosérums	20
III.3.1. Le lactosérum acide	20
III.3.2. Le lactosérum doux	20
III.4. Composition biochimique du lactosérum.....	21

III.4.1. Lactose	21
III.4.2. Les protéines	21
III.4.3. Les minéraux	22
III.4.4. Vitamines	23
III.5. Nécessité de valoriser le lactosérum	23
III.5.1. Le lactosérum: agent polluant	23
III.5.2. Le lactosérum: produit noble	23
III.6. Valorisation du lactosérum.....	24
III.6.1. Domaine alimentaire.....	24
III.6.1.1. Alimentation animale	24
III.6.1.2. Alimentation humaine	24
III.6.2. Domaine non alimentaire	25
IV. Carotte	26
IV.1. Introduction.....	26
IV.2. Production	26
IV.2.1. Production mondiale	26
IV.2.2. Production nationale	27
IV.3. Composition	28
IV.4. L'utilisation de la carotte	28
IV.5. Les bienfaits de la carotte	29

Deuxième partie : Partie pratique

I. Matériel et méthodes	30
I.1. Présentation de l'organisme d'accueil S.A.R.L Pâturage d'Algérie.....	30
I.2. Partie expérimentale	32
I.3. Objectif	33
I.4. Démarche expérimentale.....	33
I.4.1. Récupération du lactosérum	33
I.4.2. Recette utilisée.....	33
I.4.3. Ingrédients de la recette	32
I.4.5. Préparation du yaourt à boire	33
I.5. Méthodes analytiques.....	35
I.5.1. Analyses physicochimiques du lactosérum et du produit fini	35
I.5.2. Analyses microbiologiques des produits finis	39
I.5.3 Analyses sensorielles des produits finis	43
I.5.4 Analyse statistique	44
II. Résultats et discussion	45
II.1. Résultats physico-chimiques	45
II.1.1. Lactosérum.....	45
II.1.2. Résultats des analyses physico-chimiques et statistiques des produits finis.....	46
II.2. Résultats d'analyses microbiologiques des produits finis	55
II.3. Résultats de l'analyse sensorielle	56

Conclusion et perspectives	64
---	-----------

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Abstract

Liste des abréviations

APRIA: Association Pour La Promotion Industrie Agriculture

FAO: Food and Agriculture Organization.

Kt: Kilotonne

µm: Micromètre.

pH : potentiel d'Hydrogène

UFC : Unité Formant Colonies.

JORA : Journal Officiel de la république Algérienne.

Cniel: Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière

D° : Degré Dornic.

LDL: Low-Density Lipoprotein Cholesterol

Ca: Calcium

P: Phosphore

MPa : mégapascal

D.B.O: demande biologique d'oxygène

Mg: milligramme

µg: Microgramme

Kcal: Kilocalories

ITCMI: Institut Technique des Cultures Maraichères & Industrielles.

S.A.R.L: société à responsabilité limitée.

ml : mililitre.

EST : Extrait sec total.

AOAC: Association of Official Analytical Chemists

IDF: International Dairy Federation.

FTIR : spectromètres infrarouges par transformée de Fourier

FTAM: Flore Totale Aérobie Mésophile.

PCA : Plate Conte Agar.

VRBL : Gélose Lactosée Biliée au Cristal Violet et au Rouge neutre.

VRBG : Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre

OGA : Oxytetracycline Glucose Agar.

TSE: Tryptone- sel- eau.

AFNOR : Association Française de Normalisation.

MS: Matière sèche

UHT: Ultra haute température.

BSA: Bovin Serum Albumin.

SM: Suspension mère.

P : Probabilité

SFB: Bouillons au sélénite.

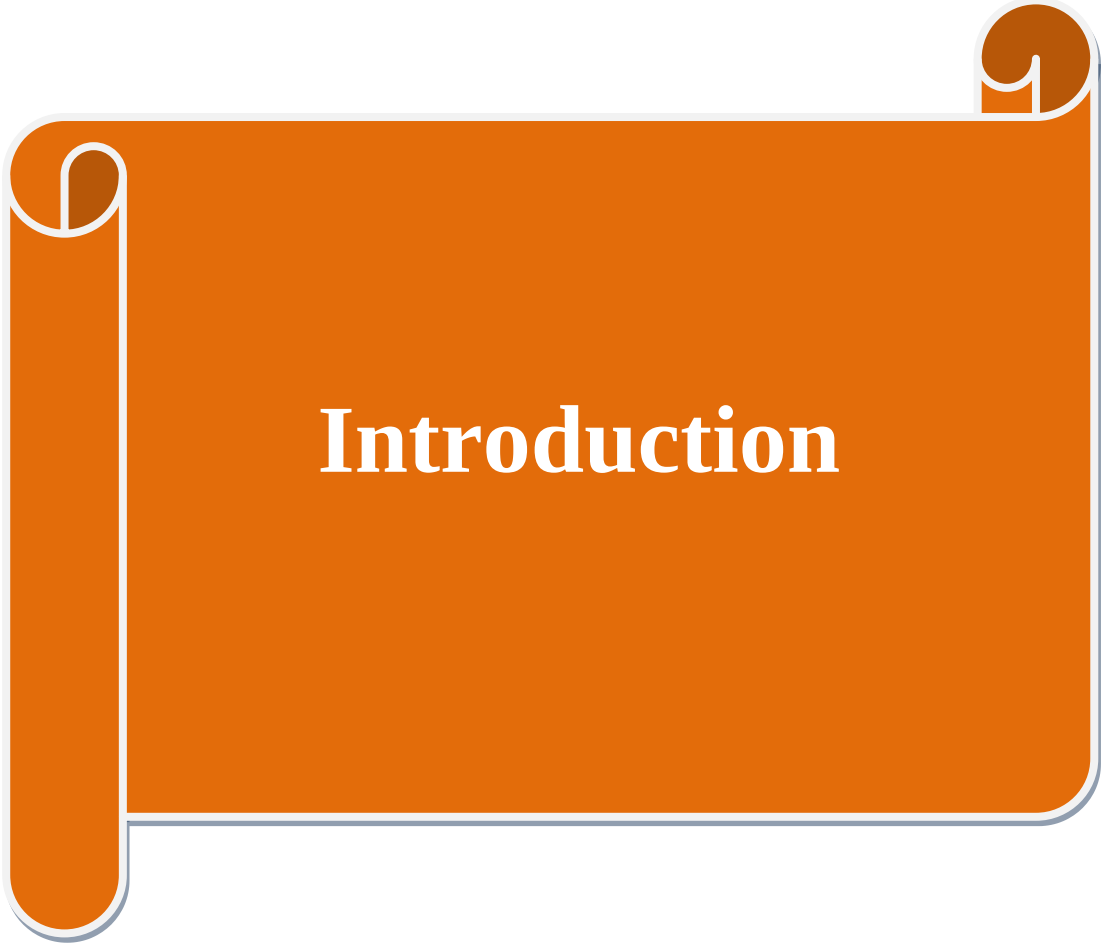
Liste des figures

Figure 1: Composition des globules gras du lait	04
Figure 2: Représentation schématique d'une micelle de caséine composée de sous-micelle .	05
Figure 3: Distribution des fractions azotées du lait de vache.....	06
Figure 4: Diagramme général de la fabrication des yaourts traditionnel et brassé	18
Figure 5: Coupe longitudinal et transversale de la structure de la carotte	27
Figure 6: Production mondiale de carottes (Mt) en 2014.....	28
Figure 7: Production de carotte en Algérie 2013-2019	28
Figure 8: Organigramme simplifié de la structure de l'entreprise	31
Figure 9: Diagramme de fabrication du yaourt à base de lactosérum et de purée carotte	35
Figure 10: MilkoScan FT120 (FOSS	39
Figure 11: présentation des échantillons des quatre types de yaourt et déroulement de l'épreuve sensorielle.....	46
Figure 12: Résultats du pH final des quatre recettes	50
Figure 13: Résultats de l'acidité Dornic (°D) finale des quatre recettes	51
Figure 14: Résultats de teneur en matière grasse (g/l) des quatre recettes.....	51
Figure 15: Résultats du taux d'humidité des quatre recettes.....	52
Figure 16: Résultats de la teneur en EST des quatre recettes.....	53
Figure 17: Résultats de la teneur en sucres totaux des quatre recettes.....	54
Figure 18: Résultats de la teneur en cendres des quatre recettes	55
Figure 19: Résultats de la teneur en lactose des quatre recettes.....	56
Figure 20: Résultats de la teneur en protéines (%) des quatre recettes	57
Figure 21: Résultats d'appréciation de la couleur des quatres recettes	59
Figure 22: Résultats d'appréciation de l'odeur des quatres recettes	60
Figure 23: Résultats d'appréciation de du goût des quatres recettes	61

Figure 24: Résultats d'appréciation de l'acidité des quatres recettes.....	62
Figure 25: Résultats d'appréciation de la texture des quatres recettes	63
Figure 26: Résultats d'appréciation de la consistance des quatres recettes.....	64

Liste des tableaux

Tableau 1: Composition moyenne du lait entier	07
Tableau 2: Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine.....	12
Tableau 3: Les différents types de yaourt et leurs caractéristiques.....	13
Tableau 4: Différents types de lactosérum.....	21
Tableau 5: Composition de différents types de lactosérum	22
Tableau 6: Activité biologique des protéines de lactosérum	23
Tableau 7: Composition biochimique pour 100g de carotte	29
Tableau 8: Gamme de produits proposés par Pâturage d'Algérie	32
Tableau 9: Analyses microbiologiques effectuées sur les produits obtenus.....	40
Tableau 10: Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum	47
Tableau 11: Résultats d'analyses physico-chimiques des quatre formulations	49
Tableau 12: Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les yaourts fabriqués ...	58

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a small circular detail at the top right corner.

Introduction

Le lait occupe une place prépondérante dans l'alimentation humaine. Il se prête à de très nombreuses transformations et donne naissance à une multitude de produits laitiers, qui sont au cœur de notre alimentation (Vilain, 2010).

L'industrie laitière est l'une des activités agro-alimentaires à l'origine de la production de nombreux sous-produits, qui sont rejetés dans la nature et constituent un facteur de pollution de par leur grande quantité et composition.

Dans le cas de la production de fromage, dix litres de lait donnent un kilogramme de fromage et neuf litres de sous-produit «le lactosérum » (Jolanta et *al.*, 2016). Ce dernier est la fraction liquide obtenue lors de l'égouttage, riche en protéines contenant des acides aminés indispensables (lysine et tryptophane), lactose, vitamines et minéraux, dont il y a encore beaucoup à tirer en quantité et en qualité (APRIA, 1973).

Selon l'OECD-FAO (2011), la production mondiale de fromage a été estimée à 19670 milliers de tonnes (Kt) en 2010, ce qui a engendré environ 177 028 Kt de lactosérum. Le taux de croissance annuel est estimé à 1,64%, entraînant environ 211500 Kt de lactosérum en 2020. Pour la production de 5t/j de fromage cheddar. L'unité « Pâturage d'Algérie » utilise 8000 l de lait par conséquent, 7200 l de lactosérum sont déversés. Le rejet de ces quantités importantes pose de nombreux problèmes économiques et écologiques. De plus, leur transport et leur recyclage reviennent chers et leur déversement dans la nature provoque la pollution de l'environnement. Face à cette situation, la valorisation du lactosérum s'avère nécessaire.

Autrefois « sous-produit » utilisé uniquement en alimentation animale (porcherie), le lactosérum est devenu « un ingrédient » laitier à part entière, aussi utilisé en alimentation humaine par son incorporation dans différents produits tel que le yaourt (Skryplonek, 2018). Cela permet aux industriels de créer une marge bénéficiaire en réduisant les coûts de production.

En vue de répondre aux attentes des consommateurs en matière de tendances alimentaires, l'industrie laitière multiplie ses efforts en développant une nouvelle gamme de produits connue sous le nom d'"alimentssanté". Ces produits sont une alternative intéressante à l'utilisation abusive des médicaments, surtout que l'interaction « alimentation-santé » est de plus en plus reconnue et démontrée. De plus, parmi les principaux défis de l'industrie

alimentaire (filière des fruits et légumes), l'exploitation des propriétés nutritionnelles notamment antioxydantes de ses produits, en les incorporant dans différentes recettes.

Dans ce contexte, l'objectif du présent travail consiste à la fois de valoriser un sous-produit disponible localement et très polluant pour l'environnement « le lactosérum », en l'incorporant dans la formulation d'un « yaourt à boire »*, et de l'enrichir en « purée de carotte » en vue d'améliorer ses propriétés nutritionnelles.

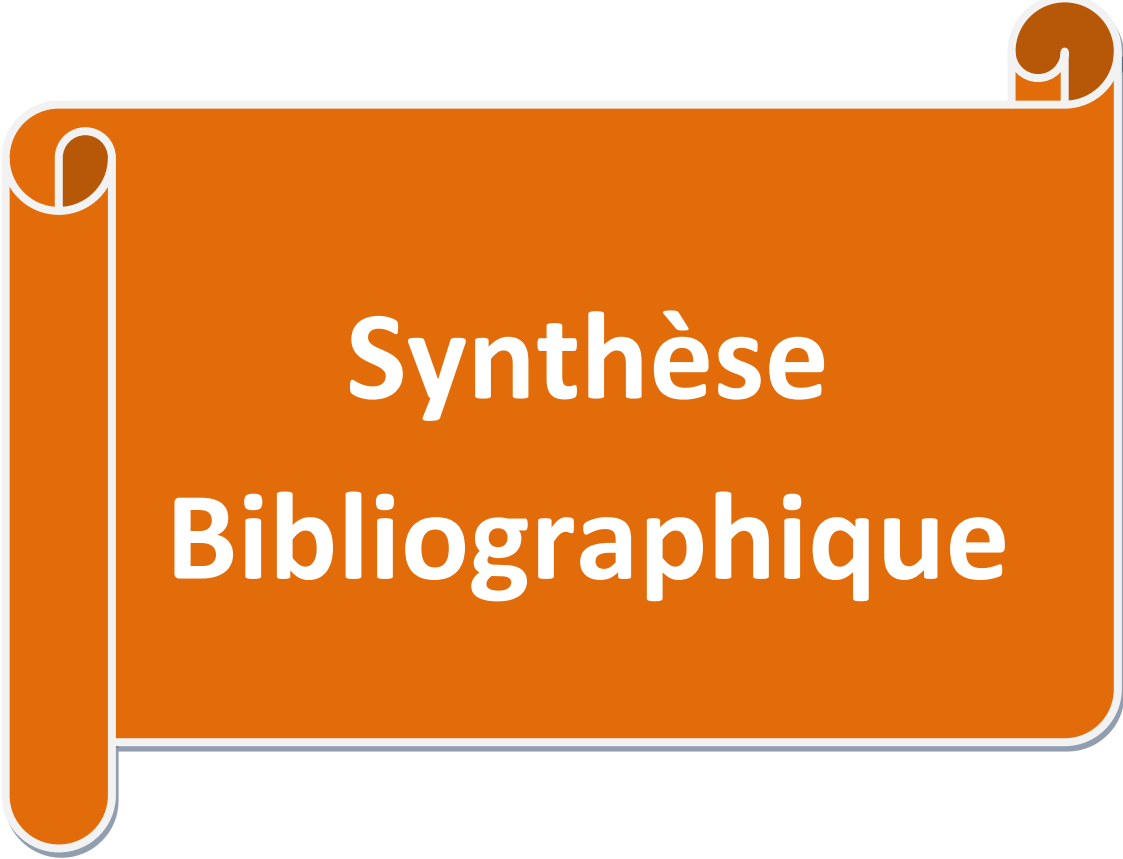
Afin de répondre à cet objectif, nous avons structuré ce mémoire comme suit :

- Une première partie consacrée à une synthèse bibliographique présentant des généralités sur le lait, le lactosérum, la carotte et les laits fermentés (yaourt);
- Une deuxième partie expérimentale contenant:
 - Une présentation du matériel, les méthodes d'analyses et de préparation des produits ;
 - Une caractérisation physico-chimique du lactosérum ;
 - Une caractérisation physicochimique, microbiologique et organoleptique des produits finis élaborés ;
 - L'interprétation des résultats obtenus ;

Enfin une conclusion et des perspectives.

*

Dans un souci d'alléger le langage, la dénomination « Spécialité laitière type yaourt à boire » à été remplacée par « yaourt à boire ».

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a rolled-up top edge and a vertical strip on the left side. The text is centered on the scroll.

Synthèse Bibliographique

A stylized orange scroll graphic with a white outline. The scroll is partially unrolled, with the top and bottom edges curled over. The text is centered on the unrolled portion.

Partie I :

Lait

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and a small white circle at the top-left corner of the horizontal strip.

PARTIE II :

Laits fermentés (Yaourt)

II.1. Généralités sur les laits fermentés

II.1.1. Origine du lait fermenté

Les produits laitiers fermentés ont constitué une partie vitale de l'alimentation humaine dans de nombreuses régions du monde depuis des temps immémoriaux. Ils ont été consommés depuis la domestication des animaux (Chandan et *al.*, 2006).

Les premières preuves de l'existence des produits laitiers fermentés remontent à 6000 ans avant JC en Asie centrale (Ben Yahia, 2012) et proviennent de découvertes archéologiques associées avec les Sumériens et les Babyloniens de Mésopotamie, les Pharaons d'Afrique du Nord-Est et les Indo-Aryens du sous-continent indien.

Les écritures indiennes anciennes, les Védas, mentionnent le dadhi (moderne dahi) et le babeurre. En outre, l'ancien système de médecine ayurvédique cite le lait fermenté (dadhi) pour ses propriétés bénéfiques pour la santé et la lutte contre les maladies (Chandan et *al.*, 2006).

Historiquement, on a obtenu les premiers produits laitiers fermentés, accidentellement et de façon non contrôlée, par le caillage du lait avec des bactéries lactiques contaminantes du lait (Lamontagne, 2002).

Il existe plusieurs légendes à propos de la naissance des laits fermentés dont la plus réputée est celle de l'histoire de ce voyageur nomade dans le désert de Turquie. La légende raconte qu'il avait emporté avec lui du lait dans un sac fabriqué en peau de chèvre et pendu à la selle de son chameau. Après avoir voyagé sous un soleil brûlant et après avoir subi une agitation constante, le lait s'était transformé en une crème piquante. Toutes les conditions étaient réunies pour faire le premier lait fermenté (Bourlioux, 2007).

Dans les pays méditerranéens et dans la plupart des régions d'élevage les laits fermentés constituent un mode de protection et de conservation du lait, grâce à l'abaissement du pH en même temps, qu'ils sont un aliment apprécié pour sa saveur. Longtemps restés traditionnels, certains de ces produits connaissent depuis quelques années un développement considérable grâce, d'une part, à l'intérêt que trouvent les consommateurs sur le plan organoleptique, nutritionnel, voire thérapeutique et, d'autre part, à la mise en œuvre de procédés de fabrication industriels et aux progrès de la distribution. Enfin, l'attrait pour ces produits est renforcé par leur diversification et par de puissantes campagnes publicitaires (FAO, 1995).

II.1.2. Définition

La dénomination « lait fermenté » est réservée au produit laitier préparé avec des laits écrémés ou non, ou des laits concentrés ou en poudre, écrémés ou non, enrichis ou non en constituants du lait, ayant subi un traitement thermique au moins équivalent à la pasteurisation,ensemencés avec des micro-organismes appartenant à l'espèce ou aux espèces caractéristiques de chaque produit (Pelletier et *al.*, 2007).

Les laits fermentés sont issus de la fermentation contrôlée du lait sous l'action d'une ou de plusieurs populations bactériennes spécifiques, qui restent généralement présentes jusqu'à la consommation. Celles-ci permettent ainsi sa stabilisation microbiologique en lui conférant une texture et des propriétés organoleptiques et/ou nutritionnelles particulières (Savadogo et Traore, 2011).

II.1.3. Les différents types de laits fermentés

Les laits fermentés se différencient les uns des autres par:

- ✓ Leur état final: coagulum (ou gel) plus ou moins ferme; crème plus ou moins visqueuse, liquide. Le produit peut aussi être mousseux;
- ✓ L'origine du lait: celui-ci peut provenir d'une seule espèce (vache, bufflonne, chèvre, brebis, jument, chamelle, yack, etc.)

Ou par plusieurs critères:

- ✓ La composition du lait en matière grasse et en matière sèche ;
- ✓ Les caractères de la flore lactique et de la flore éventuelle d'accompagnement;
- ✓ La température d'incubation;
- ✓ Les traitements technologiques;
- ✓ Les additifs: sucre, fruits, confitures, arômes naturels, colorants, etc. (FAO, 1995).

Le tableau 2 présente quelques exemples de produits laitiers fermentés:

Tableau 2: Exemples de produits laitiers fermentés et leurs pays d'origine (Leksir, 2012)

Nom	Description	Pays présumé d'origine	Ferment(s) impliqué(s)
Yoghourt/Yaourt	Produit ferme ou brassé, arôme caractéristique.	Asie, Balkans.	<i>S.thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> , (+ <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Bifidobacterium ssp.</i>)
Lait à l' <i>acidophilus</i>	Produit ferme, brassé ou liquide, faible arôme.	Etats-Unis	<i>Lb. Acidophilus</i>
Kéfir	Boisson brassée, consistance crémeuse, arôme et goût caractéristiques (CO ₂)	Caucasse	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lb.kéfir</i> , <i>Lb. casei</i> , <i>Lb.acidophilus</i> , <i>Leuconostoc ssp.</i> , levures
Koumis	Boisson pétillante, acide, gout rafraîchissant et arôme caractéristique.	Mongolie	<i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , levures
Lassi	Boisson laitière aigre diluée avec de l'eau, consommée salée, épicée ou sucrée.	Inde	<i>Lactococcus ssp.</i> , <i>Lactobacillus ssp.</i> , <i>Leuconostoc ssp.</i> , levures
Dahi	Produit ferme ou brassé, ou boisson liquide, flaveur agréable, acide ou faiblement acide.	Inde	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lc.diacétylactis</i> , <i>Leuconostoc ssp.</i>
Leben	Produit ferme ou brassé, gout et arôme agréable.	Moyen Orient	<i>S. thermophilus</i> , <i>Lb. bulgaricus</i> , <i>Lb. acidophilus</i> , <i>Lc. lactis</i> , levures.
Filmjöl	Boisson brassée, visqueuse, saveur acidulée.	Suède	<i>Lc. lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lc.diacétylactis</i> , <i>Ln. cremoris</i> .
Villi	Produit brassé visqueux, acidulé et gout agréable.	Finlande	<i>Lc. Lactis</i> , <i>Lc. cremoris</i> , <i>Lc.diacétylactis</i> , <i>Lc.dextranicum</i> , moisissure (<i>Geotrichum candidum</i>).

II.2. Yaourt et spécialité laitière de type yaourt

II.2.1. Définition et réglementation

II.2.1.1. Yaourt

Le Yaourt est le produit laitier coagulé, obtenu par fermentation lactique grâce au développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* (JORA, 1998). Elles doivent êtreensemencées

simultanément et se trouver vivantes dans le produit, à raison d'au moins dix millions de bactéries par gramme (Jeantet et *al.*, 2008). Selon le Codex Alimentarius, le yaourt peut être obtenu à partir du lait frais ainsi que du lait pasteurisé (ou concentré, partiellement écrémé, enrichi en extrait sec).

II.2.1.2. Les différents types de yaourt

Les différents types de yaourts sont classés selon la teneur en matière grasse ou la technologie de fabrication ou encore selon la texture, comme cela a été expliqué dans le tableau 3.

Tableau3: les différents types de yaourt et leurs caractéristiques (JORA, 1998)¹ (Fredot, 2006)²

Les différents types	Caractéristiques
a) selon la teneur en matière grasse : * Yaourt gras * yaourt partiellement écrémé *Yaourt écrémé	Le produit dont la matière grasse laitière est égale à 3% masse par masse ; Le produit titrant moins de 3% mass, mais plus de 0.5% masse par masse de matière grasse laitière ; Le produit dont la teneur en matière grasse laitière est inférieure à 0.5% masse par masse ¹ .
b) selon la technologie de fabrication : * Yaourt nature * yaourt sucré * Yaourt aux fruits, au miel, à la confiture *Yaourt aromatisé	Il ne subit aucune addition ; Il est additionné de sucre ; Il subit une addition inférieure à 30% de ces différents produits ; Il contient des arômes naturels renforcés par un produit de synthèse ¹ .
a) selon leur texture : * Yaourt ferme * Yaourt brassé *Yaourt à boire	Il s'agit du yaourt coagulé en pots ; Il s'agit du yaourt coagulé en cuve et brassé avant la mise en pot ; Il s'agit du yaourt à texture liquide ² .

II.2.2. Spécialité laitière

Divers ingrédients non laitiers peuvent être ajoutés au yaourt afin de varier la texture et le goût. L'ajout d'agents texturants (amidon modifié ou de pectine...etc) donne aussi au yaourt une texture plus épaisse et plus ferme, empêche la séparation du petit-lait et aide à maintenir les fruits en suspension dans le yaourt (Aryana et Olson, 2017).

Cependant, la réglementation relative à la protection des dénominations laitières prévoit qu'en cas d'utilisation d'ingrédients autres que laitiers (mentionnés ci-dessus) n'ont plus droit à l'appellation « yaourt » et prennent l'appellation « spécialité laitière ».

Les spécialités laitières donc sont des préparations laitières pouvant ressembler à des yaourts, sans en être. Elles sont généralement fabriquées avec les mêmes ferments lactiques que le yaourt, plus d'autres ferments ou additifs qui les font sortir de cette catégorie réglementée.

Le processus de fabrication de la spécialité laitière est le même que celui du yaourt en respectant le diagramme de fabrication de yaourt avec une modification portant sur l'ajout d'amidon ou d'autres gélifiants (Cniel, 2012).

II.2.3. Processus de fabrication du yaourt

La matière première peut être soit du lait frais, soit du lait reconstitué, soit du lait reconstitué. Dans tous les cas, elle doit être de bonne qualité microbiologique, exempte d'antibiotiques ou d'autres inhibiteurs et parfaitement homogénéisée (FAO, 1995). La fabrication du yaourt comprend diverses étapes clés qui sont les suivantes :

II.2.3.1. Standardisation

La normalisation de la matière grasse du lait est essentielle dans la fabrication du yaourt due aux variations de la teneur en matière grasse du lait provenant de différentes races et saisons afin de se conformer à la réglementation de certains pays (Chandan et Kilara, 2011). Elle consiste en l'élimination des graisses par centrifugation à environ 55°C, suivie d'une réincorporation de la crème pour atteindre l'objectif visé (Courrieu, 2016).

II.2.3.2. Homogénéisation

L'homogénéisation fait partie intégrante du processus de fabrication du yaourt. Elle est généralement réalisée avant le traitement thermique. Cependant, dans certains cas, elle peut avoir lieu après un traitement thermique (Tamime et Deeth, 1980 ; FAO 1995). Elle s'exerce à des pressions comprises entre 10 et 20 MPa et des températures comprises entre 55 et 65 °C et avant le traitement thermique du mélange (Walstra et *al.*, 1999).

L'homogénéisation est obligatoire pour la qualité du yaourt, car elle :

- Renforce la texture du gel et réduit la synérèse.
- Réduit le diamètre des globules gras (près de 2 µm) (Courrieu, 2016).
- Empêche la séparation de la crème pendant l'incubation (Robinson et Tamime ,1993).
- Assure une répartition uniforme de la matière grasse du lait dans le yogourt.
- Améliore la consistance et la blancheur du yaourt et assure une plus grande stabilité du coagulum contre la séparation du lactosérum.
- Améliore la digestibilité du lait dans l'estomac par la formation d'un coagulum mou (Chandan et O'Rell 2006).

II.2.3.3. Traitement thermique

Dans la pratique commerciale, le lait destiné à la fabrication de yaourts est préchauffé à 85 °C pendant 30 minutes ou à 90 - 95 °C pendant 5-10 min (Tamime et Deeth ,1980).

La stérilisation UHT peut remplacer la pasteurisation. Le traitement se fait pendant quelques secondes (de 3 à 4) à 135-140 °C, soit par injection directe de vapeur, soit par chauffage indirect à l'aide d'échangeurs tubulaires ou à plaques (Boudier, 1990).

Les objectifs de cette étape du processus peuvent être résumés comme suit :

- Destruction de tout micro-organisme présent à l'état végétatif, évitant ainsi le risque de compétition entre le starter et tout autre concurrent et bactéries adventices ; les pathogènes potentiels sont également détruits, tout comme les levures ou les spores de moisissures qui pourraient causer la détérioration de l'environnement du produit final (Robinson et Tamime ,1993).
- Contribution à l'amélioration de la texture du yogourt en permettant la dénaturation des protéines de lactosérum et l'interaction avec la caséine, ce qui entraîne une

diminution de la synérèse du gel et une augmentation de la fermeté du gel (Courrieu, 2016).

Afin d'éviter toutes odeurs désagréables, il est recommandé de compléter le traitement thermique par une désaération du lait (FAO, 1995).

II.2.3.4. Refroidissement

Le lait est ensuite refroidi pour atteindre la température optimale de fermentation (autour de 40 – 45°C) (Syndifrais, 1997 ; Bourlioux et *al.*, 2011).

II.2.3.5. Ensemencement

Le yaourt est généralement fabriqué par fermentation sous l'action des micro-organismes thermophiles (Chandan et Kilara, 2011) *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus* (Lamontagne, 2002). Habituellement, on utilise une culture fournie par un laboratoire spécialisé sous forme liquide, lyophilisée ou congelée. L'ensemencement se fait en continu (FAO, 1995). Il diffère selon le type de yaourt :

- **Yaourt ferme** : le lait estensemencé directement dans les pots, lesquels passent dans une étuve à 42- 44°C pendant environ trois à cinq heures (Syndifrais, 2011). Il présente une acidité de 70 à 80 °D (Boudier, 1990).
- **Yaourt brassé**: plus liquide, il est souvent plus acidulé que le yaourt nature. Seule sa texture diffère. On le nomme aussi yaourt bulgare, en référence aux origines supposées du yaourt et au *Lactobacillus bulgaricus*, l'un des deux ferments à l'œuvre dans la transformation du lait en yaourt. Il est fabriqué en cuve avant d'être conditionné en pots (Barrata et *al.*, 2017).
- **Yaourt à boire** : peut être considéré comme du yaourt brassé doté d'une viscosité basse. Il peut être obtenu en produisant un yaourt brassé à partir d'un mix avec une petite quantité de solides totaux (Tamime et Deeth, 1980).

Les températures d'incubation du yaourt se situent généralement entre 40 et 45 °C et la fermentation dure souvent jusqu'à 4 h (Tamime et Robinson, 1999), 5 h ou plus, (Chandan et Kilara, 2011). La fermentation est arrêtée lorsque le pH final visé qui varie de 4,5 à 4,8 est atteint selon le type de yaourt (Courrieu, 2016).

II.2.3.6. Refroidissement et stockage

Le refroidissement est une étape critique dans la production de yaourts. Elle s'effectue directement après que le produit ait atteint l'acidité désirée (Robinson et Tamime, 1993).

Après la sortie de l'étuve les yaourts sont mis à refroidir dans des chambres froides fortement ventilées ou bien, ils passent dans des tunnels de refroidissement avant d'être stockés en chambre froide à 2 à 4°C (Boudier, 1990).

II.2.3.7. Conditionnement du yaourt

La durée de conservation des produits laitiers non stériles comme le yaourt et les produits laitiers fermentés est généralement limitée à une à trois semaines (Salvador et Fiszman, 2004).

La figure 4 représente le diagramme général de la fabrication du yaourt étuvé et brassé :

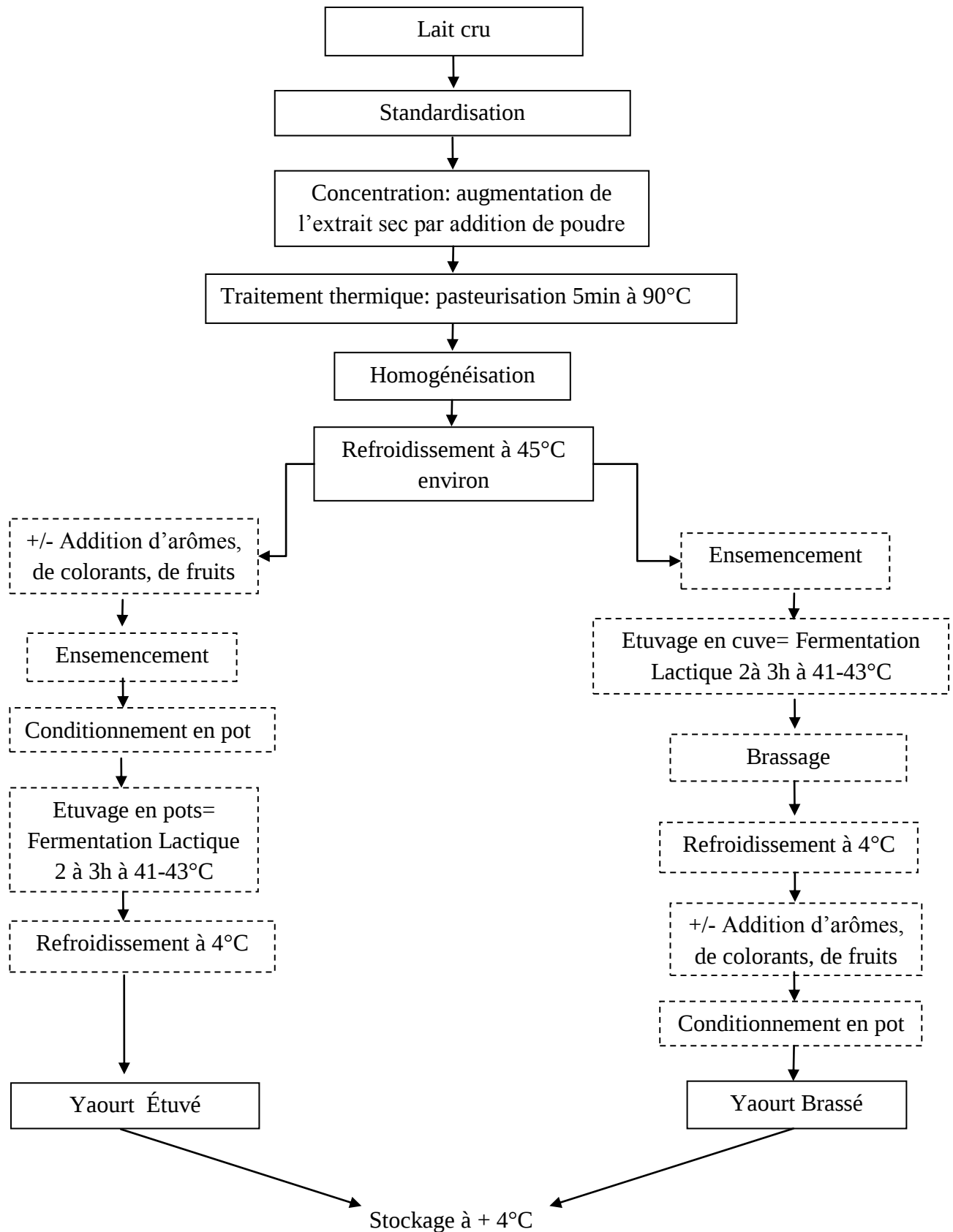


Figure 4: Diagramme général de la fabrication des yaourts étuvé et brassé (Frédot, 2009).

II.2.4. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt

Les yaourts et autres laits fermentés bénéficient chez le consommateur d'une image de produits « bons pour la santé ». En effet, et au-delà de leur intérêt nutritionnel propre, la consommation de yaourts et autres laits fermentés s'accompagne d'effets physiologiques intéressants, dont certains sont suffisamment bien documentés pour être aujourd'hui reconnus comme bénéfiques pour la santé (Bourlioux et *al.*, 2011).

➤ **Source de vitamines et de minéraux**

En plus de l'appréciation du yaourt pour son goût et sa texture, il est aussi apprécié pour sa valeur nutritionnelle importante. Cependant, il est plus riche que le lait en acides aminés essentiels, protéines, calcium, vitamine D, B6, B12, riboflavine et en lactose (Ayar et Gurlin, 2014).

➤ **Amélioration de l'absorption du lactose**

La présence des bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase. Les ferments lactiques synthétisent la β -galactosidase capable d'hydrolyser le lactose (Jeantet et *al.*, 2008).

➤ **Amélioration de la digestibilité des protéines**

L'acidification du lait entraîne une précipitation de la caséine (coagulation) et les bactéries libèrent alors des enzymes qui l'hydrolysent, ceci augmente donc la digestibilité du yaourt d'où leur utilisation préférentielle lors des gastrectomies par exemple (Fredot, 2006).

➤ **Action hypocholestérolémique**

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation de yaourt pendant 15 à 60 jours a un effet hypocholestérolémiant, avec une diminution de taux de cholestérol sérique total de 4% et LDL sérique de 5% (Nikkhah, 2014).

➤ **Action préventive contre les cancers**

La consommation de substances procarcinogènes contenues dans l'alimentation peut être particulièrement responsable de l'initiation de tumeurs. Les nitrites utilisés en technologie alimentaire peuvent être convertis en nitrosamines qui seraient impliquées par conséquent dans la cancérogenèse colique (Fernandes et Shahani, 1990). Plusieurs bactéries lactiques peuvent diminuer les taux d'enzymes responsables de l'activation de certains procarcinogènes

tels que la β -glucuronidase, la β -glucosidase, l'azoréductase, ou encore la nitroréductase (Drouault et Corthier, 2001).

➤ **Action préventive contre la diarrhée**

Souvent, les laits acidifiés ou le yaourt sont utilisés pour lutter contre les diarrhées, notamment chez les jeunes enfants. L'ingestion de ferments lactiques peut contrer les effets d'une prolifération de certaines souches pathogènes d'*Escherichia coli* par divers mécanismes: production de substances (H_2O_2 , acides lactique et acétique), abaissement du pH par les acides produits; détoxification par dégradation des entérotoxines, prévention de la synthèse d'amines toxiques, fixation sur le tube digestif empêchant la colonisation de pathogènes, ou effet barrière par compétition métabolique s'il n'y a pas d'attachement (Savadogo et Traore, 2001).

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a rolled-up top edge and a vertical strip on the left side. The text is centered on the scroll.

Partie III :

Lactosérum

III.1. Origine

Le lactosérum a été découvert il y a environ 3000 ans, lorsque les estomacs des veaux étaient utilisés pour stocker et transporter le lait. À travers l'action de l'enzyme naturelle chymosine (présure) produite dans les estomacs des veaux, le lait coagulait pendant le stockage se transformant en «caillé et en lactosérum», c'est ce qui a engendré le début de l'industrie fromagère (et du lactosérum) (Smithers, 2008).

III.2. Définition

Le lactosérum est le produit laitier liquide obtenu durant la fabrication du fromage, de la caséine ou de produits similaires par séparation du caillé après coagulation du lait et/ou des produits dérivés du lait. La coagulation est principalement obtenue par l'action d'enzymes de type présure (Codex Alimentarius, 2003). Il a une couleur jaune / verte, ou parfois même une teinte bleuâtre, mais la couleur dépend de la qualité et du type de lait utilisé (Smithers, 2008).

III.3. Types de lactosérums

III.3.1. Le lactosérum acide : Il est obtenu après acidification lente du lait sous l'action de ferments lactiques et séparation du caillé (Imbert-Pondaven, 1977). Il découle de la fabrication de pâtes fraîches, de pâtes molles (Camembert, etc.) et aussi de la fabrication de la caséine-acide (Adrian et *al.*, 1980).

III.3.2. Le lactosérum doux : C'est le liquide d'exsudation obtenu lors de la fabrication des fromages à pâte cuite ou pressée (Imbert-Pondaven, 1977). Il résulte également de la caséine-présure (Adrian et *al.*, 1980). Ces lactosérums peuvent être classés en deux principales catégories selon l'acidité du liquide obtenu (Schuck et *al.*, 2004).

Le tableau 4, illustre les différents types de lactosérum et leurs principales caractéristiques.

Tableau 4 : Différents types de lactosérum (Schuck et *al.*, 2004).

Degré d'acidité	Type	pH	Production
15 - 22°D	Lactosérum doux	6,5	- Fromagerie à pâte pressée - Fromagerie à pâte cuite
120°D	Lactosérum acide	≈ 4,5	- Fromagerie à pâte fraîche - Fromagerie à pâte molle - Caséinerie

III.4. Composition biochimique du lactosérum

A chaque type de fromage correspond un lactosérum particulier. Il est donc impossible, du fait de la grande variété des fromages d'admettre une composition standard (Imbert-Pondaven, 1977). Mais, en général, le lactosérum est constitué essentiellement d'eau, lactose, protéines, minéraux et un peu de matière grasse (Schuck et *al.*, 2004).

La composition dépend du lait d'origine et du procédé de coagulation des caséines. Le tableau 5 présente les chiffres approximatifs de la composition des sous-produits issus de la fabrication du fromage et caséines.

Tableau 5: Composition de différents types de lactosérum (Sottiez, 1990).

	Lactosérum doux		Lactosérum acide		
	Pâte pressée cuite	Pâte pressée non cuite	Pâte fraîche	Caséine	Camembert
Liquide (%)	93,5	95	94	94	93,5
Extrait sec (%)	6,5	5	6	6	6,5
pH	6,7	6,5	4,6	4,6	6,1
Constituants (g/l)					
Lactose	76	75	65,5	74	75
Protéines	13,5	13,5	12	12	13
Cendres	8	8,5	9	12	9
Matière grasse	1	1	0,5	0,5	1
Acide lactique	1,8	2	10	1,8	2,2
Minéraux (%)					
Ca	0,6	0,65	1,9	1,8	0,7
P	0,6	0,65	1,5	1,5	0,7

III.4.1. Lactose

Le lactose est le principal constituant de l'extrait sec du lactosérum. En outre, le lactosérum doux est plus riche en lactose par rapport aux lactosérums acides, (Sottiez, 1990).

III.4.2. Les protéines

Les albumines (β -lactoglobuline, α -lactalbumine et sérum-albumine) sont la fraction azotée majeure du sérum. Il existe à côté des globulines (immunoglobulines), des protéoses-peptones et des protéines mineures (Adrian et *al.*, 2003).

Ces protéines ont une très haute valeur nutritionnelle et d'excellentes propriétés fonctionnelles. Elles constituent, des sources de protéines recherchées tant pour l'alimentation des jeunes animaux que pour l'alimentation humaine (Pierre et Fauquant, 1986).

Elles sont faciles à digérer et contiennent tous les acides aminés essentiels en proportions adéquates. En fait, elles fournissent voire, dépassent la quantité quotidienne recommandée de chaque acide aminé essentiel.

Parmi les propriétés fonctionnelles des protéines du lactosérum : la solubilité ; la propriété hydrophile et la viscosité ; la gélification ; la propriété émulsifiante ; le fouettage ; le moussage et l'aération.

Les protéines de lactosérum et leurs fractions pourraient offrir des avantages fonctionnels en matière de santé, car elles possèdent de nombreuses activités biologiques (Tableau 6) (Woo, 2002).

Tableau 6 : Activité biologique des protéines de lactosérum (Woo, 2002).

Protéine	Activité biologique probable
β -lactoglobuline	Facilite la digestion Augmente le contrôle de la douleur
α -lactalbumine	Anti- cancérigène Augmente le contrôle de la douleur
Lactoferrine	Antimicrobien (antibactérien/ antiviral) Contrôle le transport du fer Stimule le système immunitaire Anti-inflammatoire Favorise la croissance des cellules Antioxydant
Immunoglobulines	Immunité passive

III.4.3. Les minéraux

Le maximum possible des matières minérales du sérum rejoint nécessairement la richesse en cendres du lait dont il provient, puisque lorsque le complexe phosphocaséinatique est entièrement déminéralisé, le sérum contient toutes les matières minérales du lait (Pien, 1943). D'une façon générale, les sérums acides contiennent moins de lactose et davantage de

minéraux, notamment de calcium et de phosphore. Par contre, leur teneur relativement élevée en matières salines est plutôt un inconvénient (FAO, 1995).

III.4.4. Vitamines

Sont des vitamines hydrosolubles, parmi lesquelles on trouve des quantités importantes de riboflavine (vitamine B2) ce qui donne la couleur jaune verdâtre du lactosérum, de pyridoxine (vitamine B6), de thiamine (vitamine B1), cobalamine (vitamine B12) (Michaelidou et Steijns, 2006).

III.5. Nécessité de valoriser le lactosérum

III.5.1. Le lactosérum: agent polluant

La transformation de 1000 kg de lait en 100 kg de fromage produit 900 litres de lactosérum (petit-lait) (Laplanche, 2004). Le sérum en tant que tel n'est pas un corps polluant mais quand il est déversé dans une rivière, il engendre des effets polluants par consommation de l'oxygène de l'eau. La gravité de la pollution due au lactosérum tient- au fait qu'il a une très forte D.B.O (Demande Biologique d'Oxygène). On mesure cette charge de pollution par la D.B.O qui varie pour un litre de lactosérum de 30 000 à 40 000 mg d'O₂, elle peut même atteindre 60 000 mg d'O₂ (APRIA, 1973).

Ce sous-produit polluant contient encore environ 50 g/l de matière organique (DBO) facilement biodégradable, constituée de sucres et de protéines dans une solution saline (Laplanche, 2004). Certains de ces constituants sont utilisés par les bactéries et autres microorganismes vivant dans l'eau, mais pour cela il est nécessaire de fournir une certaine quantité d'oxygène. Cette dernière prise à l'eau sera manquante pour les poissons et les plantes aquatiques qui sont de gros consommateurs obligatoires d'oxygène si celui-ci vient à disparaître, ils mourront d'asphyxie (APRIA, 1973).

III.5.2. Le lactosérum : produit noble

Le lactosérum est avant tout une matière noble et riche par ses teneurs en protéines contenant des acides aminés indispensables (lysine et tryptophane), en lactose et par la présence de nombreuses vitamines du groupe B comme la thiamine et la riboflavine, dont il y a encore beaucoup à tirer en quantité et en qualité (APRIA, 1973).

III.6. Valorisation du lactosérum

Autrefois sous-produit valorisé uniquement sous forme liquide en alimentation animale (porcherie), le lactosérum est devenu un ingrédient laitier à part entière toujours utilisé en alimentation animale (aliments pour veaux, bovins, porcins, volailles) mais aussi en alimentation humaine (poudre infantile, chocolaterie, plats préparés...) (France AgriMer, 2013).

III.6.1. Domaine alimentaire

III.6.1.1. Alimentation animale

Le lactosérum possède un contenu nutritionnel élevé et un intérêt zootechnique important pour les éleveurs de porcs et de bovins (Alonso-Fauste et *al.*, 2012).

III.6.1.2. Alimentation humaine

- **Incorporation du lactosérum dans la fabrication du pain**

Le lactosérum a été utilisé en tant qu'améliorant naturel en panification, pour cela l'eau a été remplacée par le sérum du lait de chèvre et celui de la vache. D'après les résultats de ce travail de recherche, il a été conclu que le lactosérum du lait de chèvre donne au pain le meilleur volume spécifique, la meilleure porosité ainsi que les meilleures caractéristiques organoleptiques (Barbari et Benyanet, 2017).

- **Incorporation du lactosérum dans la fabrication du l'ben**

Le lactosérum a été utilisé en tant que substitut du lait reconstitué dans la fabrication de l'ben à 50% dans le but d'améliorer sa valeur nutritive (Djemat, 2017).

- **Incorporation du lactosérum dans la fabrication des crèmes glacées**

L'essai de valorisation du lactosérum par son incorporation dans les crèmes glacées de type sorbet à la place de l'eau, principale composé du sorbet, constitue une valeur ajoutée à ce produit fini vu sa richesse en éléments nutritifs (Benabou et Bentalab, 2016).

- **Incorporation du lactosérum dans les boissons**

L'essai de fabrication d'une boisson à base de lactosérum et de la pulpe de tomate à des taux inférieurs ou égaux à 25% de lactosérum a donné un produit de haute valeur alimentaire (Bekkouche et Mazi, 2006).

Le lactosérum au fromage cheddar a été utilisé avec succès pour produire des vins de lactosérum de qualité acceptable (Narendra, 2016).

- **Incorporation du lactosérum dans les pâtes alimentaires**

Du lactosérum lyophilisé (à un taux de 20%) a été utilisé pour l'enrichissement des pâtes alimentaires, cela a donné un impact positif sur la faisabilité technologique et les propriétés culinaires du produit fini (Zemmouchi et Saoud, 2016).

III.6.2. Domaine non alimentaire

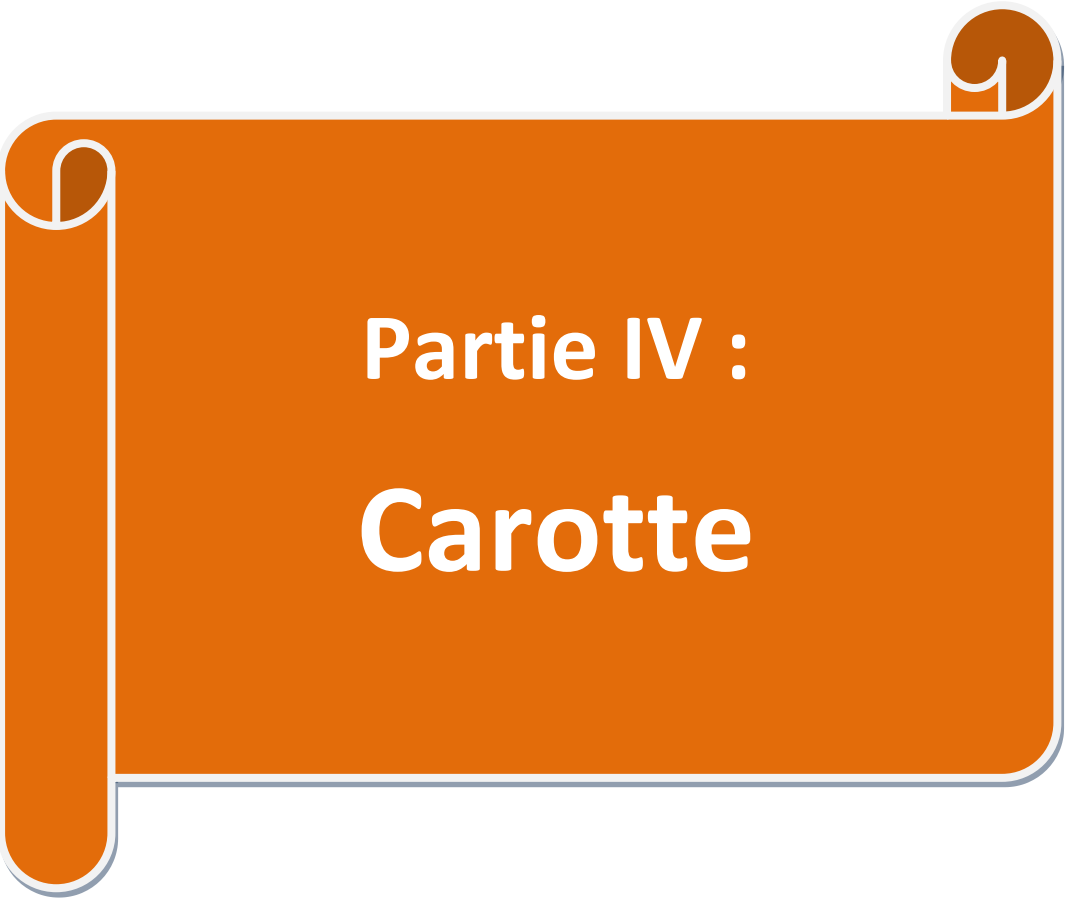
- ✓ **Utilisation comme engrais**

Pendant de nombreuses années, les excès de lactosérum et de lactosérum provenant des fromageries commerciales sont utilisés comme source d'éléments nutritifs pour les plantes destinées aux cultures agricoles (Narendra et *al.*, 2016).

- ✓ **Utilisation en biotechnologie**

De nombreux procédés biotechnologiques utilisant différents microorganismes/enzymes ont été développés pour utiliser le lactosérum dans la production de certains ingrédients utiles de l'industrie comme l'acide lactique, l'acide citrique, biogaz (Kossevaa et *al.*, 2009).

La production d'éthanol à partir du lactosérum a été très étudiée dans le monde dû à la haute teneur en carbohydrates disponibles présentes dans ce résidu fromager (Hadiyanto et *al.*, 2014). Le lactose est fermenté en utilisant des conditions de levure et des conditions d'opération anaérobies afin de produire de l'éthanol et du CO₂. Après la fermentation, l'éthanol produit est séparé par distillation et déshydraté pour pouvoir être utilisé comme carburant. Spalatelu (2012), affirme que la production d'éthanol à partir de lactosérum est très compétitive économiquement, puisqu'il existe différentes sources alimentaires (maïs, le sucre de canne, etc.), résidus de cultures et biomasses.

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a small circular detail at the top left of the vertical strip and the top right of the horizontal strip.

Partie IV :

Carotte

IV.1. Introduction

La carotte (*Daucus carota L.*) est une plante bisannuelle de la famille des opiacées (anciennement ombellifères), largement cultivée pour sa racine pivotante charnue, comestible, de couleur orangée, consommée comme légume à l'état frais ou cuit (Fokone et *al.*, 2013). La partie la plus couramment consommée de la carotte est la racine pivotante, malgré les verts mangeables aussi (Surbhi et *al.*, 2018). La figure 5 illustre la structure de la carotte.

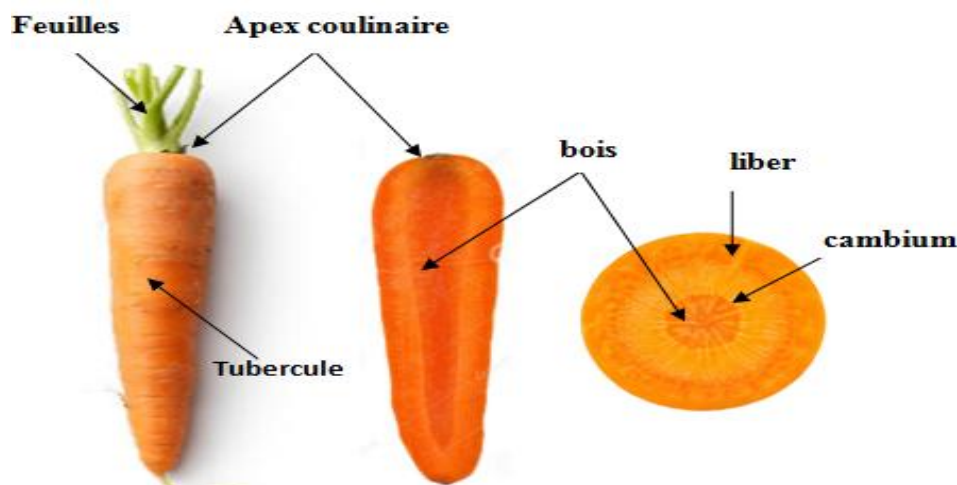


Figure 5 : Coupe longitudinale et transversale de la structure de la carotte.

IV.2. Production

La carotte fait partie des cultures légumières, les plus importantes dans le monde (Coulibaly et *al.*, 2018). Elle est caractérisée par des exigences relativement modérées pour le climat et le sol. En raison de ses besoins modestes de culture et de stockage, elle peut être vendue fraîche toute l'année (Özcan et Chalchat, 2007).

IV.2.1. Production mondiale

La valeur nutritionnelle de la carotte, ses modes de consommation simples et variés (Chaux et Foury, 1994), ainsi que son prix peu coûteux, font d'elle un légume très consommé dans le monde (Anonyme1, 2017).

La production mondiale de carotte est couverte principalement par cinq pays (Chine, Ouzbékistan, Russie, Etats-Unis, Ukraine), dont la Chine est le premier avec une production de 17,3 millions de tonnes enregistrées en 2014 (FAOstat, 2014) (Figure 6).

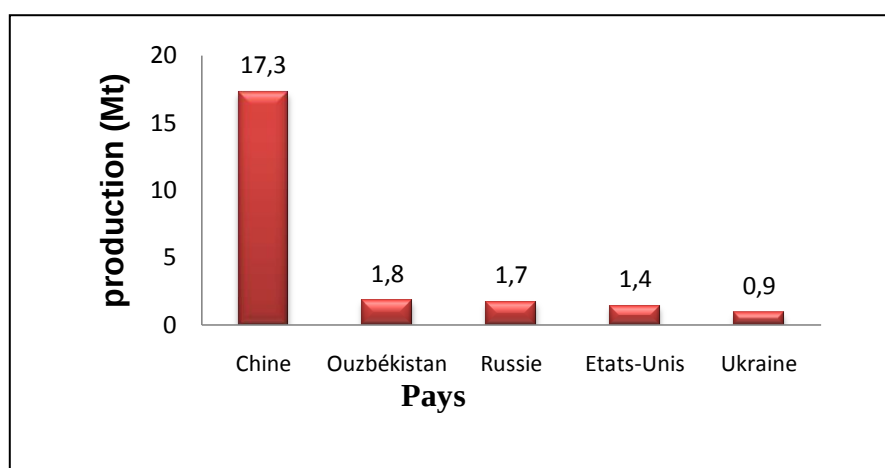


Figure 6: Production mondiale de carottes (Mt) en 2014 (FAOstat, 2014).

IV.2.2. Production nationale

La production de la carotte est très répandue dans les régions du littoral (Alger, Boumerdes et Mostaganem), les hauts plateaux (M'sila-Oum el bouaghi et Sétif) et le sud (Adrar, Biskra, Ghardaia et El oued). Parmi les variétés de carotte les plus répandues en Algérie: Super muscade, Muscade, Napoli, Presto, Premia (ITCMI, 2010).

La production de carotte en Algérie est en constante progression comme le montre la figure ci-dessous.

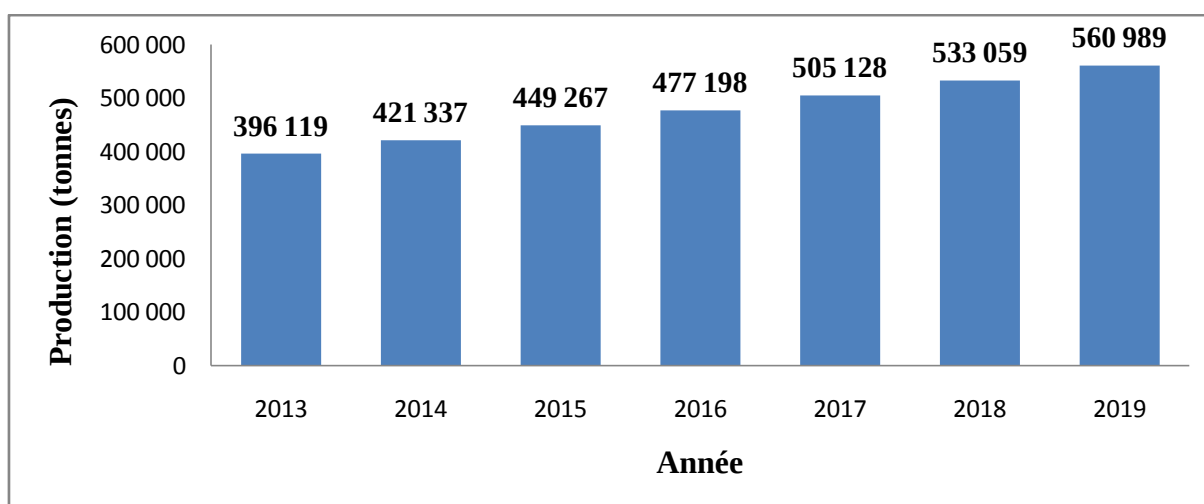


Figure7 : Production de carotte en Algérie 2013-2019 (Anonyme 2, 2019).

IV.3. Composition

La racine de carotte est considérée comme l'une des plus délicieuses, pulpeuse et elle est très nutritive. Elle a une bonne valeur nutritionnelle (Surbhi et *al.*, 2018), riche en carotène, en vitamines, en protéines, en sucres et en sels minéraux (Coulbaly et *al.*, 2018; Prakash et *al.*, 2004). La composition des différents constituants de la carotte sont illustrés dans le tableau 7.

Tableau 7: Composition biochimique pour 100g de carotte (Anonyme 3, 2016)

Composants	Crue	Cuite
Donnés de bases		
Calories (Kcal)	36,4	19
Protéines(g)	0,77	0,55
Glucides (g)	6,45	2,6
Lipides (g)	0,26	0,1
Fibres (g)	2,7	-
Vitamines		
Béta-carotène (µg)	8290	3340
Vitamine B9 (µg)	32,3	23,3
Minéraux		
Potassium (mg)	301	96,4
Calcium (mg)	32,6	31,5
Magnésium(mg)	11,3	7,5
Oligoéléments		
Sélénium (µg)	0,17	<2,97
Iode(µg)	<5	<10

IV.4. L'utilisation de la carotte

Les racines de carottes utilisées traditionnellement dans les salades et la préparation de currys en Inde, celles-ci pourraient être converties commercialement en produits transformés riches en nutriments, tels que jus, concentrés, poudre séchée, conserves, bonbons. Le marc de carotte contenant environ 50% de β -carotène pourrait utilement être utilisé pour la supplémentation de produits comme le gâteau, le pain, les biscuits et la préparation de

plusieurs types de produits fonctionnels (Sharma et *al.*, 2012). Le jus de carotte est également utilisé par l'industrie du yaourt. Le mélange de yaourt et de jus de carotte produit un aliment riche en nutriments (Salwa et *al.*, 2004).

Outre sa consommation, la carotte est également utilisée comme plante tinctoriale pour colorer le beurre et certains fromages (Coulibaly et *al.*, 2018).

En plus de son utilisation en alimentation humaine, la carotte est également utilisée pour l'alimentation du bétail (Villeneuve, 1999).

IV.5. Les bienfaits de la carotte

Daucus carota L. est une plante utilisée depuis l'Antiquité en médecine traditionnelle, en raison de ses propriétés thérapeutiques reconnues, à savoir l'activité antibactérienne et antifongique de leurs huiles essentielles (huile de carotte) (Tavares et *al.*, 2008).

Comme beaucoup d'autres légumes colorés, la carotte est riche en caroténoïdes, polyphénols et vitamines agissent en tant qu'antioxydants, anti-cancérogènes et immunonanophages (Silva Dias, 2014). Des études épidémiologiques sur les légumes, dont un sur les fumeurs, soulignent l'effet spécifique de consommation de carottes sur la réduction du cancer du poumon (Nicolle et *al.*, 2003).

La pro-vitamine A contenue dans la carotte protège des troubles de la vision et maintient en bon état les tissus de l'organisme, notamment la peau et les branches.

La consommation de la carotte est favorable dans le cas de gastrites et d'ulcères, car elle est riche en fibres. Les fibres contenues dans la carotte sont particulièrement bien acceptées par l'organisme et sont moins agressives que celles contenues dans les céréales (Villeneuve, 1999).

An orange scroll graphic with a white border and a white shadow. The scroll is unrolled, showing the text "Partie pratique" in white. The top right corner of the scroll is rolled up, and the bottom left corner is also rolled up.

Partie pratique

I.1. Présentation de l'organisme d'accueil S.A.R.L Pâturage d'Algérie

La S.A.R.L « Pâturage d'Algérie » comme son nom l'indique, est une société à responsabilité limitée au capitale initiale de 10 millions de Dinars, détenu intégralement par M^r OUNNOUGHENE et sa famille. Son siège social se situe au lotissement Sud-ouest de la ville de Tizi-Ouzou. Actuellement, le capital social de l'entreprise est 320.000.000DA.

Crée en 1998, l'entreprise était dénommée dans un premier temps « La Montagnarde » et a été implantée à 1200md'altitude en haute Kabylie dans la région d'Ain El Hammam. Ravagée par un incendie d'origine inconnue en 2002, l'entreprise a subi de lourdes pertes, ce qui a contraint ses responsables à déménager et s'installer dans la ville de Tizi-Ouzou sous l'appellation « Les pâturages d'Algérie ». Depuis, l'entreprise se reconstruit et maintient sa position face à ses concurrents.

« Pâturage d'Algérie » est une entreprise agro-alimentaire issue de la filière lait, l'effectif des salariés est au nombre de 300. La capacité de production est de l'ordre de : 120 000 l/j de lait, 5t/j de pâte pressée, 6t/j de fromage fondu, 3t/j camembert. La figure ci-dessous représente l'organigramme de la structure de l'entreprise.

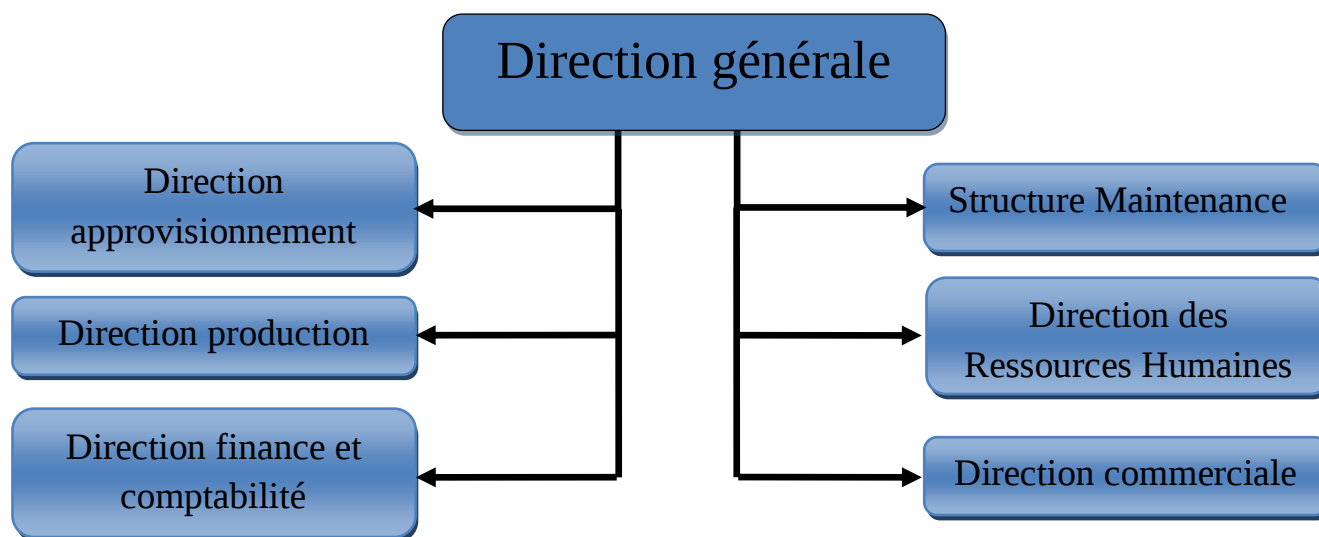


Figure 8 : Organigramme simplifié de la structure de l'entreprise.

L'entreprise propose une gamme variée de produits laitiers et dérivés qui sont illustrés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 8: Gamme de produits élaborés par Pâturage d'Algérie

Produit	Illustration
❖ Lait	
❖ Pâte pressée (Cheddar)	
❖ Camembert Cerisier, Figuier, Chained'argent	
❖ Edam	
❖ Gouda	
❖ Cherbet	
❖ Fondu camembert	
❖ Pot fondu	
❖ Yaourt à boire	
❖ Raïb / IGHI	

I.2. Partie pratique**II.3. Objectif**

Le présent travail a pour objectif de préparer une spécialité laitière de type « yaourt à boire » à base de « lactosérum » et de « purée de carotte », ainsi que l'étude de ses caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles.

La partie expérimentale de l'étude a été réalisée pendant la période allant de Mars à Mai 2019, au niveau des laboratoires suivants :

- Laboratoire de physico-chimie et microbiologie de l'unité (Pâturage d'Algérie) ;
- Laboratoire pédagogique de physico-chimie (département Biologie, UMMTO) ;
- Laboratoire pédagogique de physico-chimie (département Agronomie, UMMTO) ;
- Laboratoire d'analyse et de contrôle de la qualité (OVOLAB) à Tizi-Ouzou.

Le lactosérum utilisé dans la formulation du yaourt a été prélevé après égouttage du fromage à pâte pressé type cheddar, fabriqué au niveau de la fromagerie Pâturage.

II.4. Démarche expérimentale**I.4.1. Récupération du lactosérum**

On a utilisé le lactosérum «doux» à pH $6,54 \pm 0,005$, prélevé immédiatement après le tranchage du caillé d'un fromage de type « Cheddar ». La fabrication du fromage cheddar est expliquée dans le diagramme donné en annexe1.

I.4.2. Recette utilisée

La recette que nous avons utilisée a été proposée par l'entreprise Pâturage. Elle a été conçue spécialement pour la fabrication du yaourt à boire à base « d'eau ». Dans la présente étude cette recette sera modifiée en remplaçant partiellement l'eau par le « lactosérum » à différentes proportions et en incorporant de « la purée de carotte ».

I.4.3. Ingrédients de la recette

- Eau potable ;
- Poudre de lait à 0 % et 26 % de MG ;
- Sucre cristallisé « Cevital » ;

- Epaississant : amidons modifiés ;
- Stabilisant : sorbate ;
- Ferments lactiques ;
- Purée de carotte ;
- Arôme pêche

II.4.5. Préparation du yaourt à boire

- ✓ **Préparation de la purée de carotte** : (voir annexe 2).
- ✓ **Préparation des différentes formulations du yaourt** :

Nous avons préparé quatre formulations de yaourt à différentes concentrations de lactosérum:

- ❖ **R1** (0/100) ;
- ❖ **R2** (25/75) ;
- ❖ **R3** (50/50) ;
- ❖ **R4** (75/25).

R : recette ; v/v : lactosérum/eau

La préparation des différentes formulations de yaourt est réalisée en suivant les étapes ci-dessous :

- Filtration du lactosérum ;
- Préparation des 4 mélanges avec différentes concentrations de lactosérum ;
- Pasteurisation à 90 °C pendant 7 min ;
- Refroidissement jusqu'à 45°C ;
- Ensemencement avec les deux bactéries *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.
- Fermentation dans une étuve à 43°C jusqu'à l'obtention du pH désiré ;
- Brassage et refroidissement ;
- Addition de purée de carotte et arôme (mêmes quantités pour les quatre préparations) ;
- Stockage dans le réfrigérateur à 4°C.

La figure 9 représente le diagramme général de la fabrication du yaourt à base de lactosérum et de purée carotte :

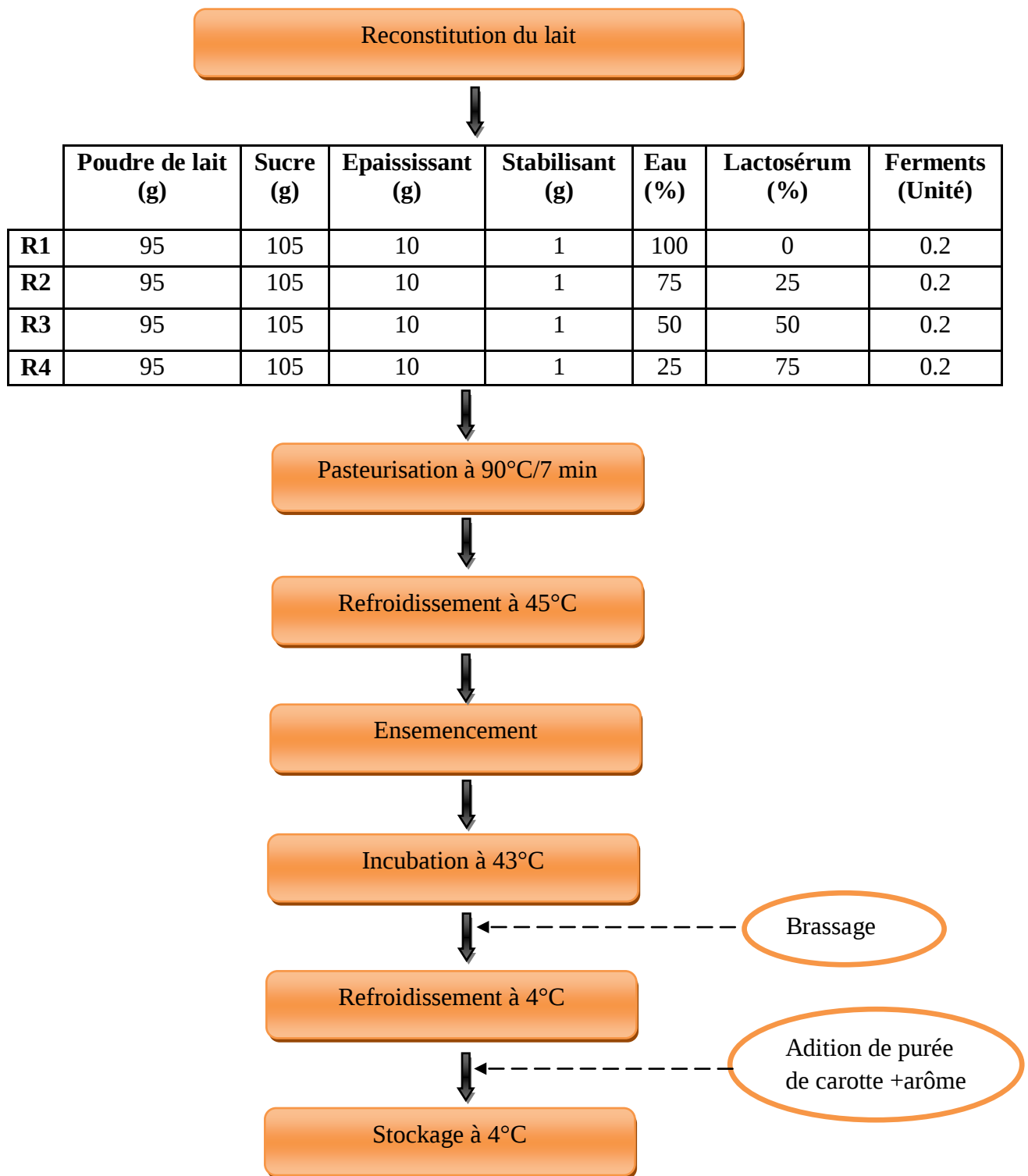


Figure 9: Diagramme de fabrication du yaourt à base de lactosérum et de purée carotte

I.5. Méthodes analytiques**I.5.1. Analyses physicochimiques du lactosérum et du produit finis****➤ Détermination de potentiel Hydrogène (pH) (NF V 04-385, 1971)****Mesure du pH**

La mesure du pH est réalisée par un pH-mètre type HANNA (HI 2211) qui mesure la différence du potentiel entre les deux électrodes qui sont émergés dans l'échantillon.

Mode opératoire

- Etalonner le pH-mètre avec les solutions tampons (pH=7 et pH=4),
- Plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon,
- Lire la valeur du pH affichée sur l'écran de l'appareil.

➤ Détermination de l'acidité titrable (AFNOR-1986)**Principe**

Le principe consiste à mesurer la teneur en acide lactique ; elle est déterminée par titrage volumique avec une solution alcaline en présence d'un indicateur coloré.

Mode opératoire

Dans un bécher, on introduit 10ml de produit à analyser, puis on ajoute quelques gouttes de phénophtaléine. On titre avec la solution de NaOH (N/9) jusqu'à apparition de coloration rose puis noter le volume.

Expression des résultats

$$AT = V \times 10^{\circ D}$$

Avec **V** : chute de la burette (volume de NaOH en ml).

1°D = 0,1g d'acide lactique

➤ **Détermination du taux de matière grasse par la méthode acido-butyrométrique de GERBER (NF V 04-210)**

Principe

Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de la matière grasse de la phase aqueuse par centrifugation.

Mode opératoire

- Dans le butyromètre, on introduit 10 ml d'acide sulfurique H_2SO_4 à 90% auquel on ajoute 11ml du produit homogénéisé. On ajoute 1 ml d'alcool iso-amylique sans mouiller le col du butyromètre et en évitant de mélanger les liquides ;
- Après avoir fermé le butyromètre, on l'agite avec précaution mais énergiquement et rapidement jusqu'à la disparition des grumeaux ;
- Après avoir soigneusement agité le butyromètre, on le retourne et on le place pour être centrifugé pendant 5min.

Expression des résultats

La valeur de la matière grasse est lue directement sur le butyromètre, chaque graduation correspond à 1 % de matière grasse.

➤ **Détermination de l'extrait sec total (EST) (AFNOR NF 04-207, 1980)**

Principe

L'extrait sec total est déterminé par la méthode d'étuvage basée sur l'élimination de la totalité de l'eau dans l'échantillon.

Mode opératoire

Dans une capsule séchée et tarée, on introduit 5ml (5g) du produit à analyser qui est placé dans une étuve réglée à 105°C pendant 4 heures ; ensuite, on refroidit la capsule dans le dessiccateur jusqu'à la température ambiante et on la pèse, puis on l'introduit de nouveau dans l'étuve jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

Expression des résultats

La teneur en eau exprimée en pourcentage de masse de produit est donnée par la formule :

$$H (\%) = [(m_1 - m_2) / (m_1 - m_0)] \times 100$$

Où

m_0 : est la masse, en gramme, de la capsule vide.

m_1 : est la masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai avant dessiccation.

m_2 : est la masse, en gramme, de la capsule et la prise d'essai après dessiccation.

La teneur en extrait sec totale est donnée par la formule suivante :

$$\text{EST}(\%) = 100 - H(\%)$$

➤ **Détermination de taux de matière sèche soluble (°Brix)**

Principe

Nous mesurons à la température de 20°C l'indice de réfraction de l'échantillon préparé puis, conversion de cet indice en résidu sec soluble appelé conventionnellement « degré Brix ».

Mode opératoire

La mesure de l'indice de réfraction s'effectue par application d'une prise d'essai sur le prisme inférieur du réfractomètre tout en veillant à ce que les prismes étant pressés l'un contre l'autre.

Expression des résultats

$$1^\circ \text{ Brix} = 1\text{g de sucre dans } 100\text{g de solution}$$

➤ **Détermination de la teneur en cendre (Afnor, 1986)**

Principe

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

Mode opératoire

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

Expression des résultats

Le taux des cendres exprimé en pourcentage est égale à :

$$TC \% = [(P_3 - P_1) / p] \times 100$$

Où :

$P = P_2 - P_1$

P_1 : le poids de la capsule vide (g).

P_2 : le poids de la capsule vide et la prise d'essai (g).

P_3 : le poids de la capsule + échantillon après incinération (g).

➤ **Détermination du taux de protéines et taux de lactose (MilkoScan)**

Le taux de protéines et de lactose dans le lait, la crème et les produits laitiers est déterminé par l'appareil MilkoScan, qui utilise le principe de mesure FTIR, conforme aux normes IDF et AOAC.

Mode opératoire

En introduisant l'échantillon à analyser, le FT120 aspire l'échantillon et les résultats sont affichés en % sur l'écran d'un ordinateur. Cet appareil est représenté dans la figure ci-dessous.



Figure 10 : MilkoScan FT120 (FOSS)

I.5.2. Analyses microbiologiques des produits finis

Les analyses microbiologiques ont pour but d'assurer que les yaourts préparés présentent une qualité hygiénique et commerciale adéquate. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des germes dénombrés.

Tableau 9: Analyses microbiologiques effectuées sur les produits obtenus

Germes recherchés	Milieux de culture	T°/durée d'incubation
Coliformes totaux	VRBL	30°C/24h
Coliformes fécaux	VRBL	44°C/ 24h
<i>Enterobacteriaceae</i>	VRBG	37°C/24h
<i>Salmonella</i>	HEKTOEN	37°C/24h
<i>Listeria monocytogenes</i>	Bouillon FRASER	30°C/72h
Levures et moisissures	OGA	25-30°C/ 3à 5j

❖ Préparation de la suspension mère

Peser aseptiquement 25g de produit finis et les introduire dans 225ml d'eau péptonée stérile, cette dernière doit assurer la survie de tous les microorganismes sans favoriser leur multiplication (Bourgeois et Leveau, 1991). Le mélange obtenu est homogénéisé et constitue la suspension mère (SM), qui correspond à la dilution 1/10.

❖ Préparation de la série de dilutions décimales

Nous avons préparé à partir de SM, une série de dilutions décimales allant de 10^{-2} jusqu'à 10^{-3} , comme suit:

- Introduire aseptiquement 1 ml de la SM dans 9 ml de TSE (Tryptone- sel- eau) stérile qui correspond à la dilution 10^{-2} .
- Après homogénéisation, 1 ml de la dilution 10^{-2} est prélevé puis, introduit dans 9ml de TSE qui correspond à la dilution 10^{-3} .

➤ **Dénombrement des coliformes totaux et fécaux**

Le dénombrement des coliformes permet de mettre en évidence une pollution fécale et donc la possibilité d'une contamination par les entérobactéries pathogènes. Ces bactéries sont sensibles à la chaleur. Elles sont donc un bon témoin de l'efficacité des traitements thermiques et/ ou d'une recontamination. De plus, elles sont en elles-mêmes un facteur de mauvaise conservation ou d'accidents de fabrication (Guiraud, 1998).

Principe

Les coliformes sont capables de se multiplier en présence des sels biliaires et capables de fermenter le lactose avec production d'acide et de gaz après 24 à 48h à une température de 30°C pour les coliformes fécaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.

Mode opératoire

- A partir des dilutions décimales, porter aseptiquement 1 ml de chaque produit et l'ensemencer dans la boîte de Pétri correspondante vide et stérile ;
- Compléter ensuite avec environ 15 ml de gélose PCA fondue puis refroidie à 45°C ;
- Faire des mouvements circulaires en forme de « 8 » pour permettre à l'inoculum de se mélanger puis laisser solidifier, rajouter après une deuxième couche d'environ 5 ml ;
- Incubation des boîtes de Pétri avec le couvercle en bas à 30°C pour les coliformes fécaux et à 44°C pour les coliformes fécaux.

Lecture

Les colonies caractéristiques des Coliformes sont d'un rouge foncé et d'un diamètre d'au moins 0,5 mm.

➤ **Recherche et dénombrement des levures et moisissures**

Les levures et les moisissures sont des champignons microscopiques dont la présence dans les produits alimentaires est indésirable, car ils détruisent leur qualité organoleptique et chimique. Le dénombrement de cette flore permet d'estimer l'efficacité du traitement thermique appliqué et l'état de conservation de l'aliment (Guiraud, 1998).

Principe

Il repose sur l'emploi d'un milieu de culture solide rendu sélectif par acidification et/ou avec l'addition d'un antibiotique (Oxytétracycline pour l'OGA) qui inhibe le développement de la flore bactérienne.

Mode opératoire

- A partir de la dilution 10^{-1} , porter aseptiquement deux gouttes dans une boîte de Pétri contenant de la gélose OGA.
- Etaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile puis incuber à 25°C pendant 5j.
- Effectuer des dénombrements chaque jour afin d'éviter de se retrouver face à des boîtes envahies soit par des levures soit par des moisissures.

Lecture

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

➤ Recherche de la présence des salmonelles**Principe**

Un processus de recherche correspondant à un pré-enrichissement voire un enrichissement, est suivi d'un isolement sur milieu gélosé sélectif (CEAE ,2013).

Mode opératoire**✚ Pré-enrichissement**

Introduire 1ml de produit à analyser (yaourt) dans un 9 ml d'eau peptonée tamponnée. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 h.

✚ Enrichissement

A partir de la culture de pré-enrichissement, transférer 1ml dans un tube contenant 10 ml de bouillon SFB (milieu d'enrichissement). L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 à 48 h.

✚ Isolement

A partir de tube SFB, ensemer en stries à l'aide d'une pipette Pasteur la boîte de pétrie contenant le milieu Hektoen. L'incubation se fait à 37 °C pendant 24 h.

Lecture

Les colonies des Salmonelles sont de taille moyenne, lisses et colorées en bleu violacé avec un centre noir.

➤ **Recherche et dénombrement des Entérobactéries**

Le dénombrement des entérobactéries est intéressant au niveau industriel comme test de qualité hygiénique globale : les entérobactéries peuvent être considérées comme germes indicateurs de mauvaises conditions de manipulation et de fabrication (Joffin, 2010).

Principe

Le dénombrement s'effectue par la mise en évidence de la dégradation du glucose en utilisant un milieu contenant du glucose ainsi qu'un indicateur de pH.

Mode Opératoire

- Inoculer 1ml du produit à analyser ou de ses dilutions décimales dans des boîtes de Pétri stériles.
- Couler environ 15ml de milieu fondu, refroidi à 44-47°C, homogénéiser et laisser solidifier.
- Couler une seconde couche (environ 2mm d'épaisseur) de ce milieu maintenu à 44-47°C et laisser refroidir à nouveau.
- Incuber à (30°C, 35°C ou 37°C) $\pm 1^\circ\text{C}$ pendant 24h ± 2 heures.

Lecture

Après 24h d'incubation dénombrer les colonies typiques *Enterobacteriaceae* sur des boîtes comprenant entre 15 et 150 colonies.

Les *Enterobacteriaceae* forment des colonies roses-rouge ayant un diamètre supérieur ou égal à 0,5 mm avec ou sans zone de précipitation de la bile.

➤ **Recherche de *Listeria monocytogenes***

Ce sont des bactéries très répandues dans l'environnement : contaminants possible de nombreux produits alimentaires.

Listeria monocytogenes est donc recherchée dans les aliments comme critère de sécurité afin d'éviter des infections graves chez le consommateur (Guiraud et Rosec, 2004).

Principe

La recherche des *Listeria* nécessite un enrichissement préalable suivi d'un isolement sur milieu sélectif, puis de l'identification des colonies suspectes.

Des techniques modernes, basées sur le réactif immunologique ou la biologie moléculaire, viennent modifier ou compléter les méthodes traditionnelles. Elles sont particulièrement importantes dans les industries agroalimentaires pour une réaction rapide face au risque alimentaire *Listeria*. Elles sont mises en œuvres à partir de l'aliment ou de l'enrichissement initial: la positivité du test conduit à la poursuite de l'analyse et la négativité à son arrêt.

Mode opératoire

Réalisation d'un test rapide de mise en évidence de *Listeria* en plaçant une prise d'essai de 1ml d'échantillon dans 9ml de bouillon Frazer-demi (soit une dilution au 1/10) puis incubation à 30°C pendant 72h.

Lecture

Un résultat positif se traduit par une couleur jaune (pas de changement de couleur).

I.5.3. Analyses sensorielles des produits finis

Les exigences des consommateurs en matière de propriétés sensorielles sont un facteur crucial pour le succès commercial lors du lancement d'un nouveau produit sur le marché. C'est pourquoi le test de préférences du consommateur a été effectué.

L'analyse sensorielle demande de faire appel à plusieurs sujets pour conduire à des résultats significatifs (Nicod ,1998).

- **Choix du panel de dégustateurs**

Le groupe de dégustateurs est composé de 28 personnes âgées entre 19 - 66 ans, des deux sexes (hommes et femmes).

- **Déroulement de la dégustation et présentation de l'échantillon**

La séance de dégustation s'est déroulée au niveau de la salle de restauration de l'unité pâturage d'Algérie, où la plupart des conditions sont réunies. L'essai a été effectué après 3journées de stockage réfrigéré. Chaque consommateur a obtenu un ensemble d'échantillons individuels. Avant le début du test, tous les participants ont répondu à des questions par rapport à des éventuelles allergies alimentaires possibles aux composants du yaourt (lactose).

Les yaourts ont été fraîchement préparés et placés dans des gobelets et identifiés par un code puis présentés aux panélistes pour la dégustation.

Les participants étaient chargés de boire de l'eau entre les dégustations des échantillons afin de nettoyer le palais.

La fiche d'appréciation pour le test de dégustation inclus 6 questions (voir annexe 4).

Les questionnaires dûment remplis par les dégustateurs ont été retirées à la fin de l'évaluation et les données ont été organisées puis traitées.



Figure11 : présentation des échantillons des quatre types de yaourt et déroulement de du test sensoriel

I.5.4. Analyse statistique

Les analyses statistiques ont été réalisées avec logiciel State Box pour les résultats d'analyses physico-chimiques en utilisant le test ANOVA à un facteur. Le logiciel Statistica pour les résultats d'analyses sensorielles en utilisant le test de χ^2 .

An orange scroll graphic with a white border and a white shadow. The scroll is unrolled in the center, with the text 'Résultats et Discussion' written in white. The left edge of the scroll is rolled up, and the right edge is also rolled up, with a small orange circle at the top right corner.

Résultats et Discussion

II.1. Résultats physico-chimiques

II.1.1. Lactosérum

Les valeurs indiquées dans le tableau représentent la moyenne de 2 répétitions d'analyses physico-chimiques effectués sur un échantillon du lactosérum provenant de la fabrication de fromage type Cheddar.

Tableau 10 : Résultats des analyses physico-chimiques du lactosérum

Paramètre	Résultats
pH	6,54 ± 0,005
Acidité (°D)	12 ± 0,00
MG (g/l)	1 ± 0,00
Protéines (%)	2,94 ± 0,00
Lactose (%)	8,92 ± 0,00
Humidité (%)	88,62 ± 3,38
EST (%)	11,38 ± 3,38
Cendres (g/l)	4,7 ± 1,38
°Brix (%)	8,5 ± 0,00

✓ pH et acidité titrable

Le pH du lactosérum analysé est de 6.54 ±0.005 qui est une valeur située dans l'intervalle (5,8–6,6) indiqué par Jolanta (2016). En outre, l'acidité titrable du lactosérum est de 12 °D cela confirme que le lactosérum utilisé est doux. Et selon Adrian et *al* ; (1991), le lactosérum doux doit avoir une acidité <18 °D. Cette valeur nous renseigne aussi sur la fraîcheur du lactosérum ainsi que sur le respect des conditions d'hygiènes.

✓ MG

La teneur enregistré du lactosérum en MG est de 1(g/l). Cette valeur est similaire à celle donnée par Sottiez (1990). On constate que le lactosérum est pauvre en MG. La raison principale de la pauvreté du lactosérum en MG est probablement liée aux procédés de séparation du lactosérum, et aussi au fait que la quasi-totalité de la MG du lait est retenue dans le caillé (Fauquant et *al.*, 1985).

✓ Humidité

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur en eau du lactosérum est de $88,62 \pm 3,38$. Cette valeur est inférieure à celle évoquée par Brito (2013); Castelli et Duval (2013) qui est de 95 %. Cela est expliqué par sa teneur élevé en extrait sec.

✓ Extrait sec total

La valeur trouvée $11,38 \pm 3,38\%$, est supérieur à celle donnée par Linden et Lorient (1994) qui est de 7%. Ceci peut être expliqué par l'enrichissement du lait de vache en lait en poudre utilisé dans la fabrication du fromage cheddar.

✓ Cendre (minéraux)

Selon les résultats obtenus, nous remarquons que la teneur en cendres dans le lactosérum est de $4,7 \pm 1,38$ elle est inférieure à celle donnée par Sottiez (1990) qui est de (8,5g/l). Cela peut être dû à la pauvreté en minéraux du lait utilisé dans la fabrication du fromage cheddar. D'après Pien (1943), le maximum possible des matières minérales du sérum rejoint nécessairement la richesse en cendres du lait dont il provient. La valeur du taux de cendre trouvée constitue un avantage pour son utilisation, car d'après Méreo (1971), une quantité relativement élevée en sels minéraux dans le lactosérum constitue un obstacle à son utilisation dans l'alimentation humaine et infantile.

✓ °Brix

La concentration du lactosérum en solides utilisée dans cette étude était de $8,5 \pm 0,00$ °Brix est proche de celle trouvée par Sánchez et al. (2011) qui est de 9,1.

✓ Protéines

D'après les résultats obtenus, la teneur en protéines dans le lactosérum est de 2,94%, elle est supérieure à celle trouvée par (Sánchez et al., 2011) qui est de 2,88%. Cette valeur est dû probablement à la matière première qui est riche en protéines utilisée lors de la fabrication du fromage. Le taux de protéines solubles et en particulier de la beta LG, pourrait être plus élevé en tout début de lactation (Cayot et Lorient, 1998).

Les protéines ne forment pas la fraction la plus abondante du lactosérum, mais elle est la plus intéressante sur le plan économique et nutritionnel. Il s'est avéré que la valeur nutritionnelle des protéines sériques du lait est supérieure à celle des protéines du blanc d'œuf prises comme protéines de référence (Sottiez, 1990).

✓ Lactose

Les résultats obtenus mettent en évidence la richesse du lactosérum en lactose, constituant prépondérant de la matière sèche où il représente en moyenne (89,2 g/l) qui est supérieur à celle donné par Sottiez (1990) qui est de 75g/l. Cela confirme que le lactosérum contient de grandes quantités de lactose, ce dernier a une charge polluante élevée d'où la nécessité de le valoriser (Guimaraes et *al.*, 2008).

II.1.2. Résultats des analyses physico-chimiques des produits finis

Les résultats des analyses physico-chimiques sont résumés dans le tableau suivant :

Tableau 11: Résultats d'analyses physico-chimiques des quatre formulations.

(M : moyenne ; E : écart-type)

Paramètres	R1 (M±E)	R2 (M±E)	R3 (M±E)	R4 (M±E)
Ph	4,65±0,02	4,64±0,01	4,62±0,005	4,63±0,005
Acidité (°D)	63±0,00	70±0,00	73±0,00	80±0,00
MG (g/l)	9±0,00	9±0,00	9±0,00	9±0,00
Humidité (%)	80,25 ± 0,099	79,31 ± 0,064	76,85 ± 0,035	76,21 ± 0,028
EST (%)	19,75 ± 0,099	20,69 ± 0,064	23,155 ± 0,035	23,79± 0,028
Protéines (%)	3,3±0,00	3,61±0,00	3,75±0,00	3,87±0,00
Lactose (%)	2,32±0,00	3,47±0,00	4,09±0,00	6,45±0,00
°Brix (%)	16,5 ± 0,00	17,75±0,354	20,5 ± 0,00	21,25 ± 0,354
Cendres (%)	0 ,795± 0,007	0,805 ± 0,049	0,965± 0,12	1,11 ± 0,042

✚ pH

Les résultats du pH final des quatre recettes sont représentés dans la figure 12 :

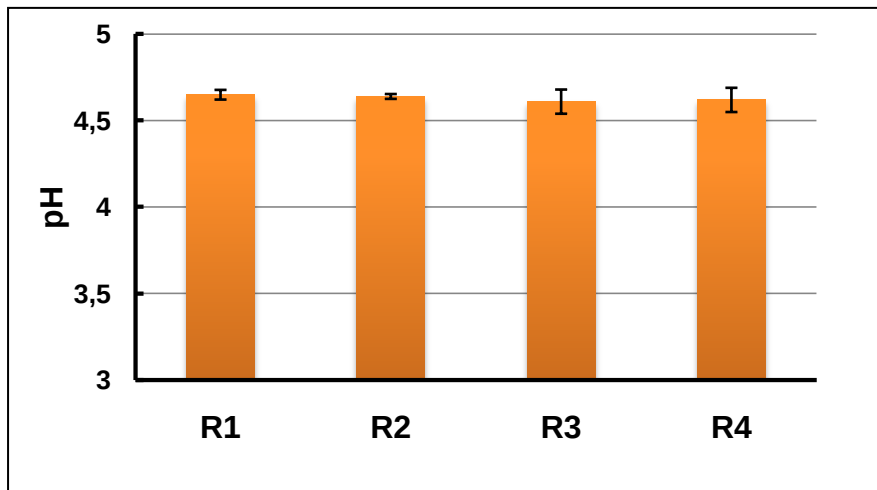


Figure 12: Résultats du pH final des quatre recettes.

La valeur du pH final obtenu pour la R1 est de $4,65 \pm 0,028$, cette valeur est conforme à la norme AFNOR (1986), qui est de 4,6-4,7. D'après Courrieu (2016) le pH final visé varie de 4,5 à 4,8.

Les valeurs du pH obtenu pour les 4 recettes se rapprochent, elles se situent entre 4,62-4,65 avec des durées de fermentation différentes : R1= 5h ; R2=5h30 ; R3=5h40 ; R4=6h40. Ces différences sont peut être dues à l'augmentation du taux de substrat (nutriments du lactosérum) dans les milieux ce qui a provoqué un prolongement de la durée de fermentation. Pour obtenir des durées de fabrication courtes et limiter le cout d'achat des ferments, il est donc nécessaire d'augmenter le taux d'ensemencement.

L'Analyse de la variance montre qu'il n'existe pas des différences significatives entre les moyennes concernant le pH des quatre yaourts ($p=0,2935$) dans le cas où on ne prendra pas en considération la durée de fermentation.

Acidité

Les résultats de l'acidité finale des quatre recettes sont représentés dans la figure 13 :

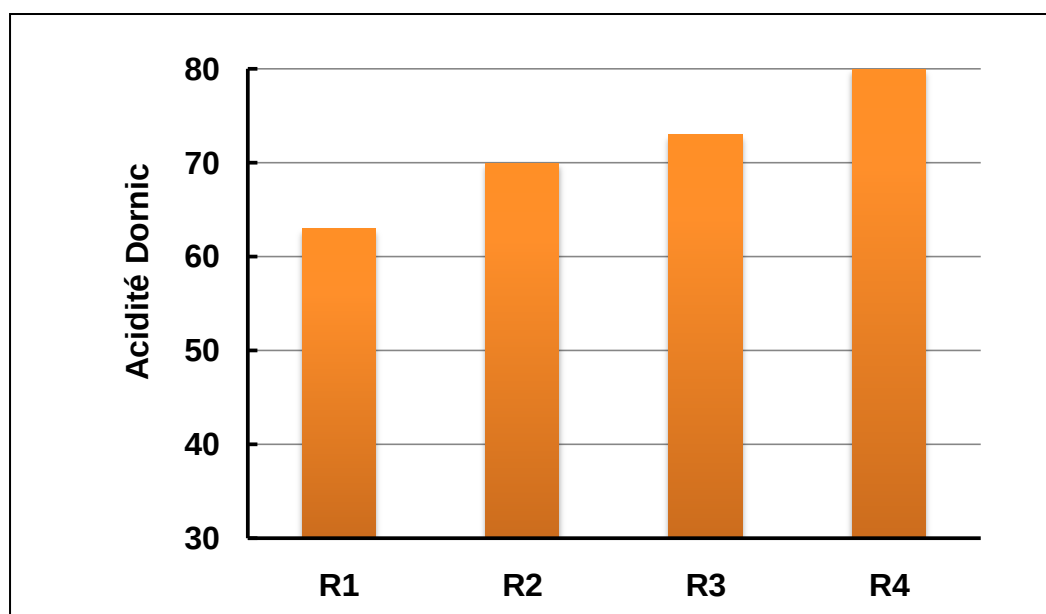


Figure 13: Résultats de l'acidité Dornic (°D) finale des quatre recettes.

Selon les résultats de la figure, nous constatons que l'acidité de la R1 est de $63 \pm 0,00^\circ\text{D}$ (0.63%). Cette valeur est située dans les normes étant donné que le codex Alimentarius a délimité un minimum de 0.6%.

Pour la R2 ; R3 ; R4 on remarque que l'acidité augmente avec l'augmentation du taux de lactosérum et cela est dû à la richesse de celui-ci en lactose qui est transformé en acide lactique.

MG

Les résultats de la MG des quatre recettes sont représentés dans la figure suivante :

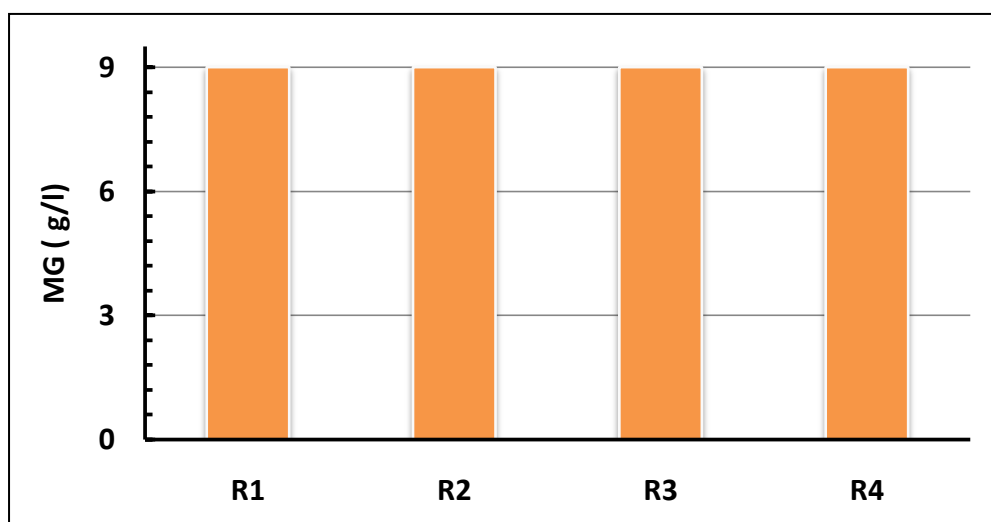


Figure 14: Résultats de teneur en matière grasse (g/l) des quatre recettes.

La figure nous montre que la teneur en MG de la R1 est de 9 g/l, conforme à celle donné par la FAO (1995) qui a établi la norme selon laquelle un yaourt partiellement écrémé doit contenir moins de 3 % (en poids) de matière grasse. La figure nous montre que le taux de MG de R2 ; R3 ; R4 sont similaire à R1, cela explique que l'augmentation du taux d'incorporation du lactosérum dans la recette ne fait pas ressortir de différences et cela est dû à sa pauvreté en MG.

✚ Humidité

Les résultats du taux d'humidité des quatre recettes sont représentés dans la figure15 :

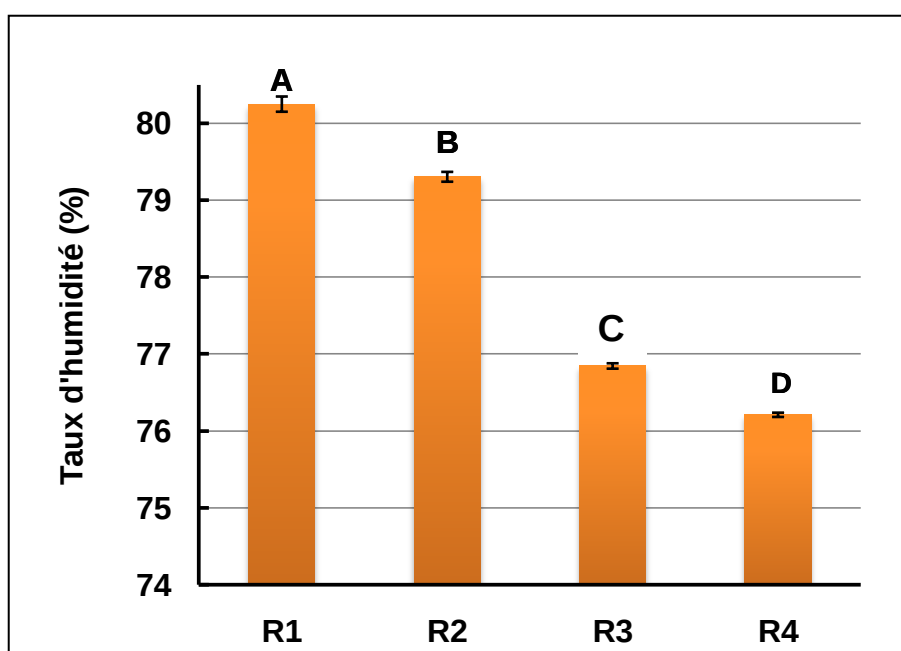


Figure 15: Résultats du taux d'humidité des quatre recettes.

D'après les résultats, le taux d'humidité de la Recette standard (R1) est de $80,25\% \pm 0,099$. Cette valeur est inférieure à celle fixée par la norme AFNOR (1986), qui est de 87,5-88 %. Cela peut être expliqué par la richesse de cette recette en EST.

Concernant les autres formulations du yaourt (R2 ; R3 ; R4), on constate que le taux d'humidité diminue avec l'augmentation de la proportion de lactosérum ajoutée.

L'Analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant le taux d'humidité des quatre yaourts ($p=0,00012$). Les résultats du test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5%

révèlent l'existence de quatre groupes homogènes A, B, C et D qui sont représentés respectivement par R1, R2, R3, R4 (figure15).

Nous pouvons donc conclure que le taux d'humidité diffère dans les quatre recettes due à l'apport du lactosérum en matière sèche.

EST

Les résultats de la teneur en EST des quatre recettes sont représentés dans la figure 16:

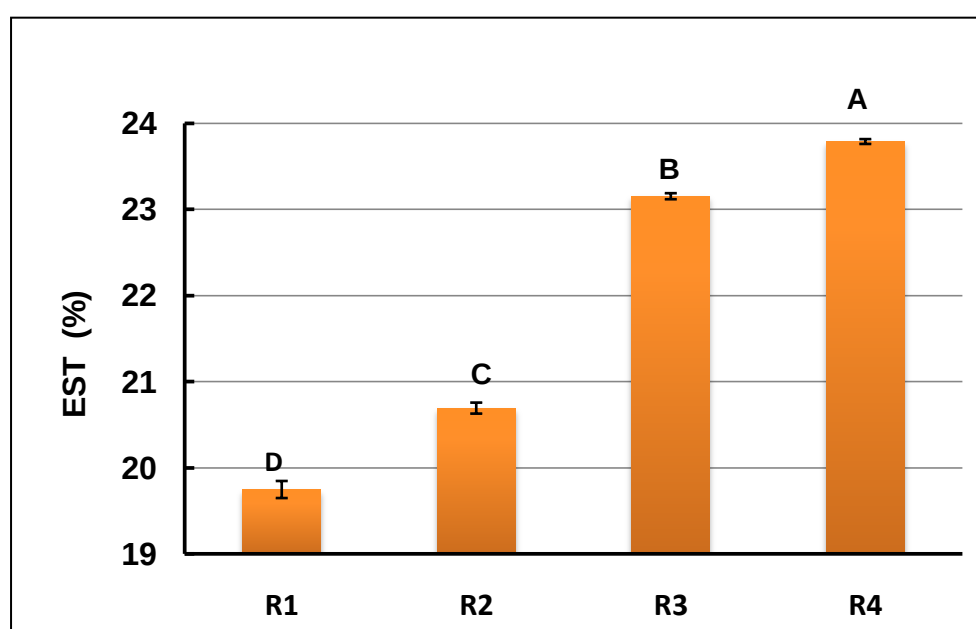


Figure 16: Résultats de la teneur en extrait sec total des quatre recettes.

Selon les résultats de la figure, nous constatons que la valeur de l'EST de la R1 est de $19,75 \pm 0,099$ supérieure à celle donnée par la FAO (1995). En pratique, les teneurs en matière sèche laitière pour le yaourt au lait entier ou partiellement écrémé se situent entre 14 et 16 % (en poids), avec des valeurs extrêmes de 12 à 20 % (FAO, 1995). Ce taux élevé d'EST peut-être expliqué par l'ajout de la purée de carotte.

D'après l'histogramme illustré dans la figure16, la teneur en EST de R2 ; R3 et R4 augmente en parallèle avec l'augmentation du taux de substitution de l'eau par le lactosérum. Ce résultat est tout à fait logique, car le lactosérum est riche en EST (tableau10).

L'Analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant le taux d'EST des quatre yaourts ($p=0,00012$). Les résultats du test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% révèlent l'existence de quatre groupes homogènes A, B, C et D qui sont représentés respectivement par R4, R3, R2, R1 (figure16).

Ainsi, nous pouvons conclure que le taux d'extrait sec total augmente en parallèle avec l'augmentation du taux de lactosérum.

°Brix

Les résultats de la teneur en matière sèche soluble des quatre recettes sont représentés dans la figure ci-dessous :

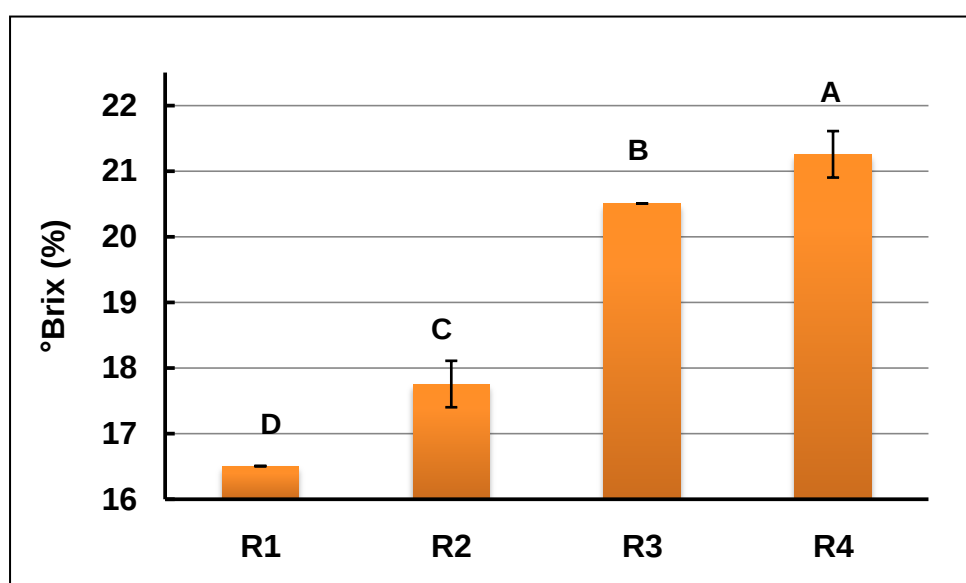


Figure 17: Résultats de la teneur en sucres totaux des quatre recettes.

D'après la figure nous constatons que la teneur en matière sèche soluble de la R1 est de $16,5\% \pm 0,00$. Selon les résultats obtenus par Chouaf (2015) qui a trouvé que la teneur en sucres totaux des spécialités laitières fruitées « commercialisées » est de 21% qui est supérieure au résultat de notre étude. Donc à cet effet, R1 contient moins de sucre et cela explique qu'utiliser des légumes dans la fabrication des yaourts permet donc de réaliser un produit avec une teneur moins élevée en sucre. Alors on peut en conclure que R1 est très bénéfique et surtout pour les gens diabétiques.

En ce qui concerne la R2 ; R3 ; R4 on remarque que le taux de sucres totaux augmente avec l'augmentation de la proportion de lactosérum ajoutée.

L'Analyse de la variance montre qu'il existe des différences très hautement significatives entre les moyennes concernant le taux de Brix des quatre recettes de yaourt ($p=0,00065$).

Les résultats du test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% révèlent l'existence de quatre groupes homogènes A, B, C et D qui sont représentés respectivement par R4, R3, R2, R1 (figure 17).

Par conséquent, le taux de Brix dans les quatre recettes est proportionnel à l'apport du lactosérum en sucres totaux.

Cendres

Les résultats de la teneur en cendres des quatre recettes sont illustrés dans la figure 18:

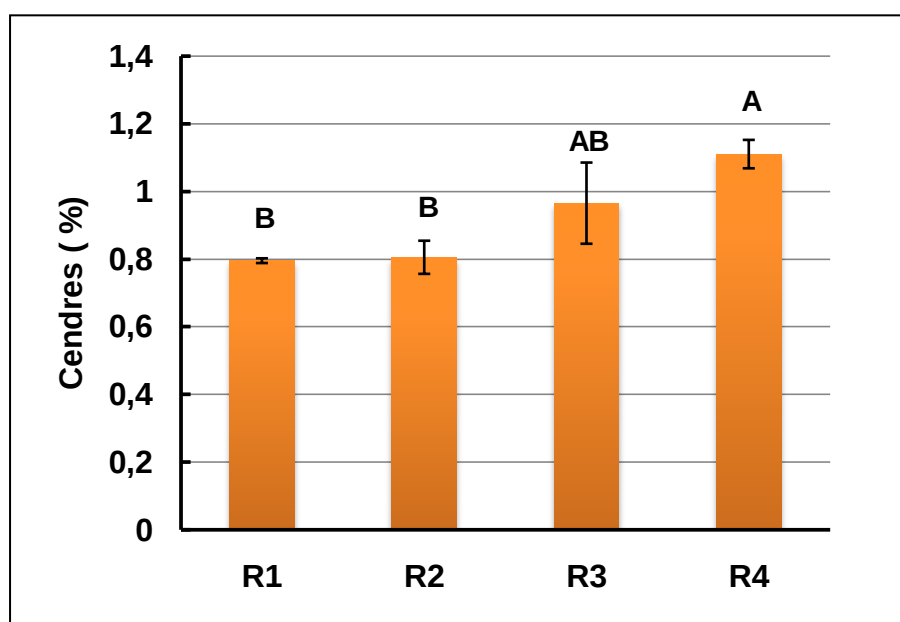


Figure 18: Résultats de la teneur en cendres des quatre recettes de yaourt

D'après les résultats représentés dans la figure, la teneur en cendres de la R1 est de $0,795 \pm 0,007$ % qui est inférieure à $0,85 \pm 0,00$, valeur trouvée par Kourdache et Ouchicha (2017), qui ont formulé une recette de yaourt à base de poudre de pelure de betterave rouge. Cela est peut-être dû à la pauvreté en minéraux de la matière première utilisée pour la fabrication du yaourt et/ou à la richesse de la betterave en minéraux par rapport à la carotte.

En ce qui concerne la R2 ; R3 ; R4 on remarque que le taux de cendres varie en fonction du taux de lactosérum ajouté. En effet, l'augmentation de ce dernier implique l'augmentation du taux de cendres des yaourts.

L'Analyse de la variance montre qu'il existe des différences significatives entre les moyennes concernant le taux de cendres des quatre yaourts ($p=0,02929$).

Les résultats du test de NEWMAN-KEULS au seuil de signification de 5% révèlent l'existence de trois groupes homogènes A, AB et B qui sont représentés respectivement par R4, R3, (R2 et R1) (figure 18).

Donc nous pouvons conclure que le taux de cendres de la R1 et R2 se rapprochent puisqu'ils appartiennent au même groupe homogène B et diffère de la R3 et R4. Ces résultats parfaitement liés à l'augmentation du taux de lactosérum incorporé.

Lactose

Les résultats de la teneur en lactose des quatre recettes sont représentés dans la figure suivante :

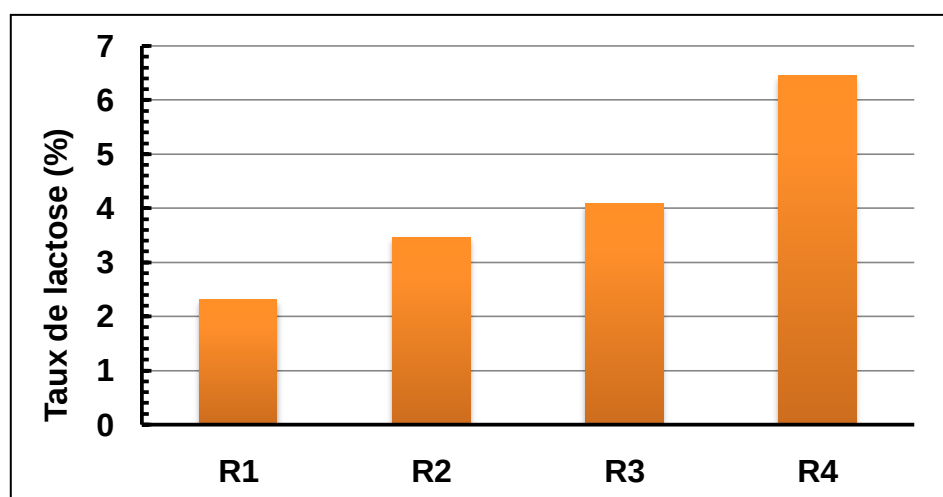


Figure 19: Résultats de la teneur en lactose des quatre recettes

D'après les résultats représentés dans la figure 19, la teneur en lactose de la R1 est de $2,32 \pm 0,00\%$ cette valeur est inférieure à celle trouvée par Laurence et Cohen (2004), qui est de 3%. Cela est probablement expliqué par la transformation du lactose en acide lactique.

Concernant la R2 ; R3 ; R4 on remarque que le taux de lactose augmente avec l'augmentation du taux de lactosérum ajouté, car celui-ci est riche en lactose qui est très bénéfique pour les personnes souffrant de rachitisme (Visser et *al.*, 1988). De plus, le lactose stimule la fonction intestinale et favorise la digestion (Sottiez, 1990).

Protéines

Les résultats de la teneur en lactose des quatre recettes sont représentés dans la figure 20.

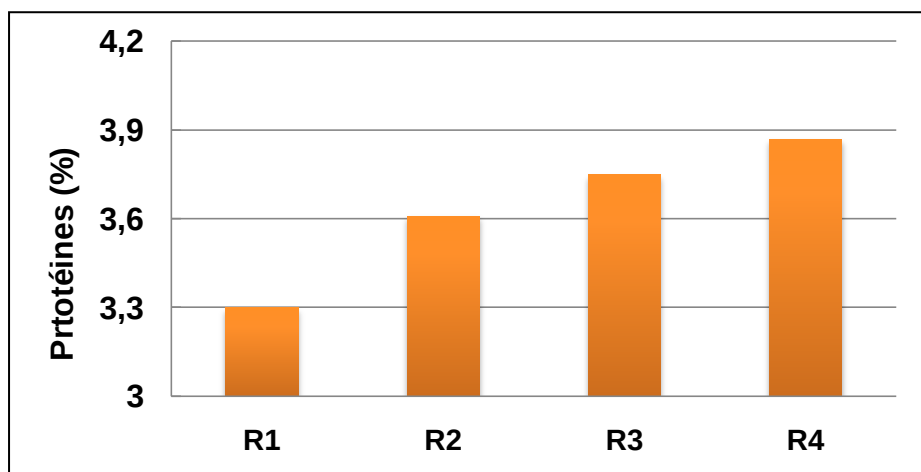


Figure 20: Teneur en protéines (%) des quatre recettes

Les résultats montrent que la teneur en protéines de R1 est de $3,3 \pm 0,00\%$, cette valeur est conforme à celle donnée par le Codex Alimentarius qui exige un minimum de 2,7%.

Concernant le taux de protéines des autres formulations de yaourt, il augmente avec l'augmentation du taux d'incorporation du lactosérum dans les recettes en raison de l'apport du lactosérum en protéines.

II.2. Résultats d'analyses microbiologiques des produits finis

Les résultats des analyses microbiologiques des produits finis sont rapportés dans le tableau 12:

Tableau 12: Résultats des analyses microbiologiques effectuées sur les yaourts fabriqués.

Germes recherchés	R1	R2	R3	R4	Normes JORA (1998), (2017)
Coliformes totaux (UFC/g)	Abs	Abs	1	Abs	10
Coliformes fécaux (UFC/g)	Abs	Abs	Abs	Abs	1
<i>Enterobacteriaceae</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	$10-10^2$
<i>Salmonella</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	Absence dans 25 g
<i>Listeria monocytogenes</i>	Abs	Abs	Abs	Abs	100
Levures et moisissures (UFC/g)	Abs	Abs	Abs	Abs	$<10^2$

Il ressort du tableau ci-dessus que pour les coliformes totaux, il ya eu un seul résultat positif mais inférieure aux normes, ce qui prouve qu'il ne présente aucun danger. Quant aux coliformes fécaux ainsi que les entérobactéries ils sont totalement absents dans les produits finis, ce qui est dû au bon respect des règles d'hygiène lors des manipulations et à l'efficacité du traitement thermique appliqué.

Les *Salmonella* et *Listeria monocytogenes* sont totalement absentes dans les produits, ce qui est conforme aux normes établies par le JORA (2017).

Les levures et moisissures sont également absentes conformément aux normes de JORA (1998). Ceci est dû aux bonnes pratiques d'hygiène, à l'efficacité du traitement thermique appliqué mais aussi à l'absence des contaminations lors de l'ensemencement.

II.3. Résultats de l'analyse sensorielle

Le panel de dégustation est composé de 28 personnes. Les réponses (avis/appréciations) des participants concernant la couleur, l'odeur, le goût, l'acidité, la texture et la consistance des 4 recettes de yaourt élaborées, sont représentées ci-dessous.

✧ Couleur

La figure 21 illustre les résultats du test de dégustation pour la couleur.

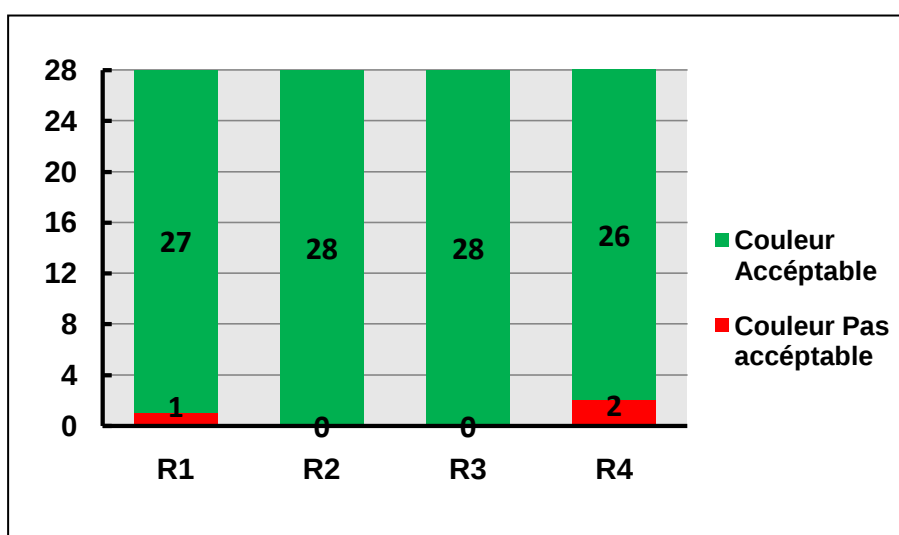


Figure 21: Résultats d'appréciation de la couleur des quatres recettes

Les résultats obtenus (figure 21) nous montrent que la couleur de la R2 (25% de lactosérum) et R3 (50% de lactosérum), a été appréciée par tous les panélistes.

Sur les 28 panélistes, une seule personne avait trouvé que la couleur de R1 (0% de lactosérum) n'était pas acceptable et deux personnes avaient trouvés que la couleur de R4 à 75% de lactosérum n'était pas acceptable non plus.

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il existe des différences significatives entre la couleur des yaourts fabriqués ($p = 0,0413 < 0.05$) ce qui confirme les résultats mentionnés ci-dessus.

On peut donc en conclure que les R2 (25%) et R3 (50%) ont eu la meilleure appréciation sur la couleur suivie de la R1 (0%) et enfin la R4 (75%).

La non appréciation de la couleur par certains panélistes est peut-être dû à l'ajout du lactosérum et notamment aussi les préférences des panélistes.

✧ Odeur

La figure 22 illustre les résultats du test de dégustation pour l'odeur.

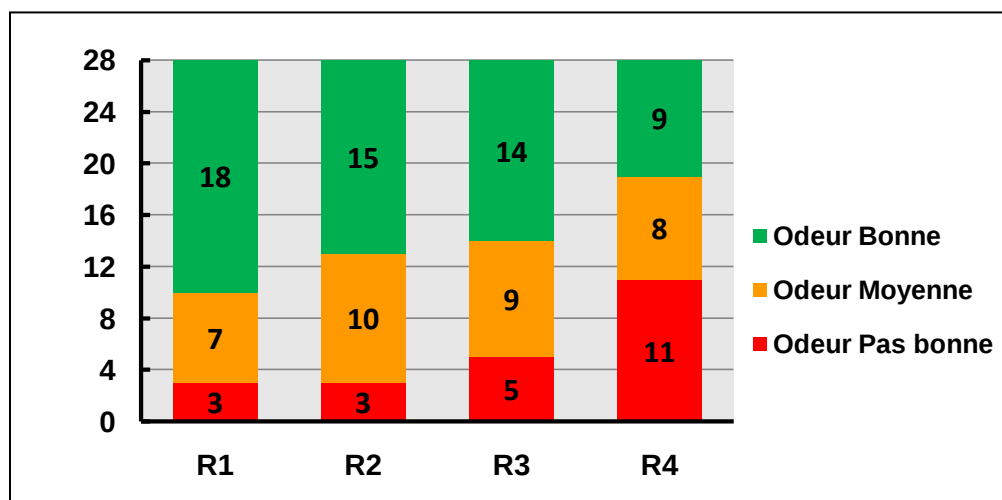


Figure 22: Résultats d'appréciation de l'odeur des quatres recettes

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il n'existe pas de différences significatives entre l'odeur des yaourts fabriqués ($p = 0,058081 > 0.05$)

R1 (0%): 18 panélistes sur 28 ont trouvé l'odeur de cette recette bonne. 7 panélistes l'ont trouvé moyennement bonne et 3 pas bonne.

R2 (25%): 15 panélistes sur 28 ont trouvé l'odeur de cette recette bonne. 10 panélistes l'ont trouvé moyennement bonne et 3 pas bonne.

R3 (50%): 14 panélistes sur 28 ont trouvé l'odeur de cette recette bonne. 9 panélistes l'ont trouvé moyennement bonne et 5 pas bonne.

R4 (75%): 9 panélistes sur 28 ont trouvé l'odeur de cette recette bonne. 8 panélistes l'ont trouvé moyennement bonne et 11 pas bonne.

On peut donc en conclure que la recette standard a eu plus d'appréciation sur l'odeur suivie de la R2 (25%), R3 (50%) et enfin la R4 (75%).

La non appréciation de l'odeur par certains panélistes est peut-être dû à l'incorporation de la purée de carotte malgré l'ajout d'arôme de pêche (car peut-être la quantité de ce dernier

n'a pas pu masquer l'odeur de carotte). Ce résultat peut notamment s'expliquer par l'odeur caractéristique de fromage qui se trouve dans le lactosérum ajouté. Selon Lamontagne (2002), parmi les caractéristiques d'un yaourt l'absence d'odeur de fromage.

✧ Goût

La figure 23 illustre les résultats du test de dégustation pour le goût.

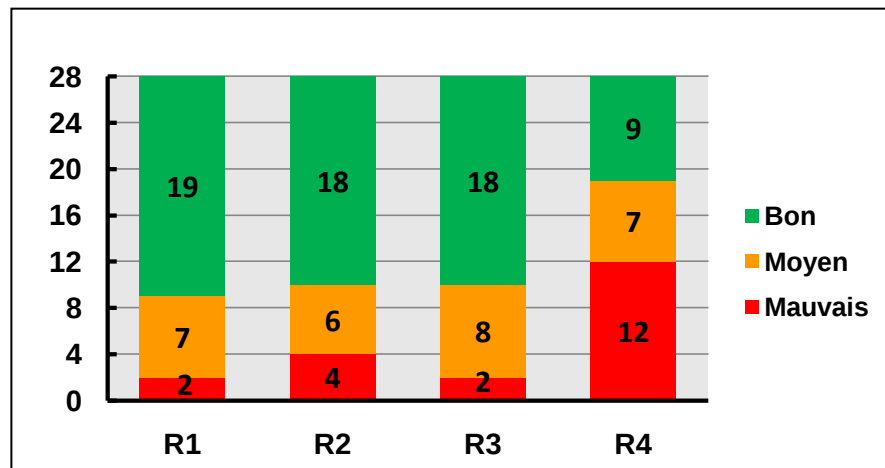


Figure 23: Résultats d'appréciation de du goût des quatres recettes

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre le goût des yaourts fabriqués ($p = 0,00000 > 0.05$)

R1 (0%): 19 panélistes sur 28 ont trouvé le goût de cette recette bon. 7 panélistes l'ont trouvé moyennement bon et 2 pas bon.

R2 (25%): 18 panélistes sur 28 ont trouvé le goût de cette recette bon. 6 panélistes l'ont trouvé moyennement bon et 4 pas bon.

R3 (50%): 18 panélistes sur 28 ont trouvé le goût de cette recette bon. 8 panélistes l'ont trouvé moyennement bon et 2 pas bon.

R4 (75%): 9 panélistes sur 28 ont trouvé le goût de cette recette bon. 7 panélistes l'ont trouvé moyennement bon et 12 pas bon.

On peut donc en conclure que la R1 (0%) a eu plus d'appréciation sur le goût suivie de la R2 (25%), R3 (50%) et enfin la R4 (75%).

Le goût de ces yaourts n'a pas été apprécié par certains panélistes, car ces produits préparés diffèrent des produits courants actuellement mis à la disposition du consommateur.

✧ Acidité

La figure 24 illustre les résultats du test de dégustation pour l'acidité

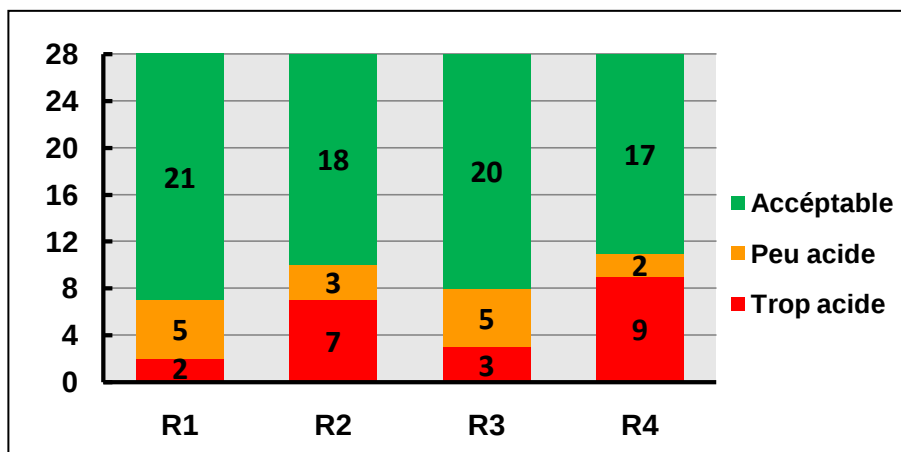


Figure 24: Résultats d'appréciation de l'acidité des quatres recettes

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre l'acidité des yaourts fabriqués ($p = 0,000015 > 0,05$).

R1 (0%): 21 panélistes sur 28 ont trouvé l'acidité de cette recette acceptable. 5 panélistes l'ont trouvé peu acide et 2 trop acide.

R2 (25%): 18 panélistes sur 28 ont trouvé l'acidité de cette recette acceptable. 3 panélistes l'ont trouvé peu acide et 7 trop acide.

R3 (50%): 20 panélistes sur 28 ont trouvé l'acidité de cette recette acceptable. 5 panélistes l'ont trouvé peu acide et 3 trop acide.

R4 (75%) : 17 panélistes sur 28 ont trouvé l'acidité de cette recette bonne. 2 panélistes l'ont trouvé peu acide et 9 trop acide.

On peut donc en conclure que la R1 (0%) a eu plus d'appréciation sur l'acidité suivie de la R3 (50%), R2 (25%) et enfin la R4 (75%).

La non acceptation de l'acidité (trop acide) des produits peut être expliquée par l'abondance d'acide lactique issu de la dégradation des grandes quantités de lactose apportées

par le lactosérum (89,2 g/l), ainsi qu'à une faible teneur en MG, car la présence de cette dernière en quantité suffisante masque l'acidité et améliore la saveur du produit.

La non acceptation (peu acide) des produits peut-être aussi liée aux préférences alimentaires des panélistes, ce qui est contradictoire aux résultats trouvés par l'analyse physicochimique concernant l'acidité.

✧ Texture

La figure 25 illustre les résultats du test de dégustation pour la texture.

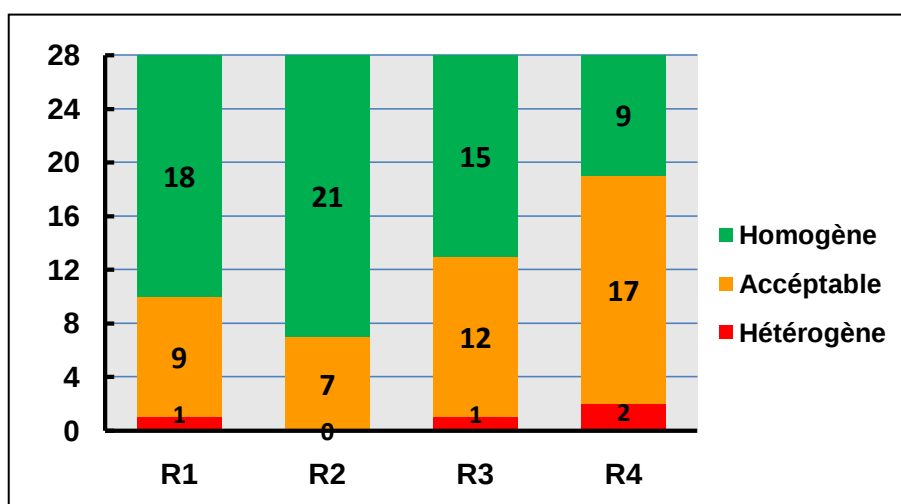


Figure 25: Résultats d'appréciation de la texture des quatres recettes

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre la texture des yaourts fabriqués ($p = 0,00000 > 0.05$)

R1 (0%): 18 panélistes sur 28 ont trouvé la texture de cette recette homogène. 9 panélistes l'ont trouvé acceptable et 1 hétérogène.

R2 (25%): 21 panélistes sur 28 ont trouvé la texture de cette recette homogène et les 7 restants l'ont trouvé acceptable.

R3 (50%): 15 panélistes sur 28 ont trouvé la texture de cette recette homogène. 12 panélistes l'ont trouvé acceptable et un l'a trouvé hétérogène.

R4 (75%): 9 panélistes sur 28 ont trouvé la texture de cette recette homogène. 17 panélistes l'ont trouvé acceptable et 2 l'ont trouvé hétérogène.

On peut donc en conclure que la deuxième recette R2 (25%) a eu plus d'appréciation sur la texture suivie de la R1 (0%), R3 (50%) et enfin la R4 (75%).

L'hétérogénéité des produits dus à la présence de grumeaux sentis à la dégustation, peut être expliquée par les quantités élevées en protéines apportées par le lactosérum, comme cela a été vérifié par les résultats d'analyses physicochimiques du lactosérum incorporé dans la fabrication de ces yaourts. D'autres raisons peuvent être à l'origine de cette hétérogénéité comme la température de solubilisation inadéquate ou bien, une mauvaise homogénéisation des recettes lors de la préparation.

✧ Consistance

La figure 26 illustre les résultats du test de dégustation pour la consistance.

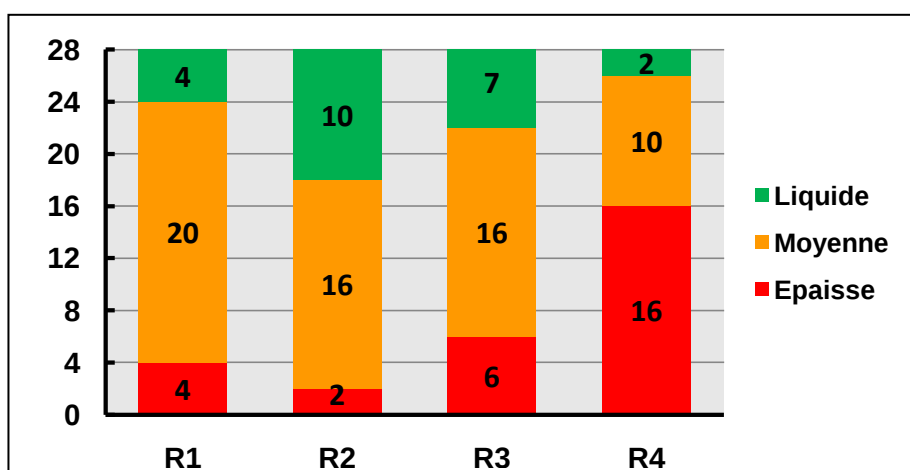


Figure 26: Résultats d'appréciation de la consistance des quatres recettes

Les résultats d'analyse statistique du test χ^2 ont montré qu'il existe des différences très hautement significatives entre la consistance des yaourts fabriqués ($p = 0,00000 > 0.05$).

R1 (0%): 4 panélistes sur 28 ont trouvé la consistance de cette recette liquide. 20 panélistes ont trouvé sa consistance moyenne et 4 l'ont trouvé épaisse.

R2 (25%): 10 panélistes sur 28 ont trouvé la consistance de cette recette liquide. 16 panélistes ont trouvé sa consistance moyenne et 2 l'ont trouvé épaisse.

R3 (50%): 7 panélistes sur 28 ont trouvé la consistance de cette recette liquide. 16 panélistes ont trouvé sa consistance moyenne et 6 l'ont trouvé épaisse.

R4 (75%): 2 panélistes sur 28 ont trouvé la consistance de cette recette liquide. 10 panélistes ont trouvé sa consistance moyenne et 16 l'ont trouvé épaisse.

On peut donc en conclure que la R2 (25%) a eu plus d'appréciation sur la consistance suivie de la R3 (50%), la R1 (0%) et enfin la R4 (75%).

Les résultats obtenus pour R2, R3 et R4 suivent la même logique que ceux trouvés par les analyses physicochimiques, car la consistance des produits est proportionnelle à leurs taux de matière sèche. En ce qui concerne le résultat d'appréciation de R1, il ne concorde pas avec celui trouvé par l'analyse physicochimique de ce yaourt et ne peut être expliqué que par les préférences des panélistes (non entraînés).

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a rolled-up top edge and a vertical strip on the left side. The text is centered on the scroll.

Conclusion et perspectives

Les effluents des unités de production du lait et de fromages sont parmi les rejets les plus polluants pour l'environnement, en raison de leur composition organique et minérale. Le lactosérum est l'un des principaux rejets des unités laitières et représente le 1/3 des effluents, il se compose principalement d'eau et de lactose, en plus des protéines, matière grasse et minéraux.

L'objectif de la présente étude est l'utilisation du lactosérum doux, issu de la fabrication du fromage type cheddar sous forme brut, comme substituant partiel de l'eau dans la fabrication d'une spécialité laitière de type « yaourt à boire » à base de « lactosérum » et de « purée de carotte », ainsi que l'étude de ses caractéristiques physicochimiques, microbiologiques et sensorielles. A cet effet, 4 formulations ont été préparées à différentes concentrations de lactosérum R1 (0/100) ; R2 (25/75) ; R3 (50/50) et R4 (75/25), (v/v : eau/lactosérum).

Les résultats des analyses physicochimiques réalisées sur le lactosérum nous ont permis de montrer que c'est un produit à valeur nutritionnelle élevée. En effet, il renferme 8,92 % de lactose, $4,7 \pm 1,38$ % de cendres et de $2,94 \pm 0,00$ % de protéines.

Les résultats de l'étude ont montré qu'en remplaçant partiellement l'eau par le lactosérum doux, il est possible d'obtenir des produits avec des caractéristiques similaires au yaourt standard, bien que leurs propriétés aient été influencées par la composition du lactosérum.

Les résultats obtenus après l'analyse microbiologique ont démontré que les produits ne présentent aucun danger pour la consommation.

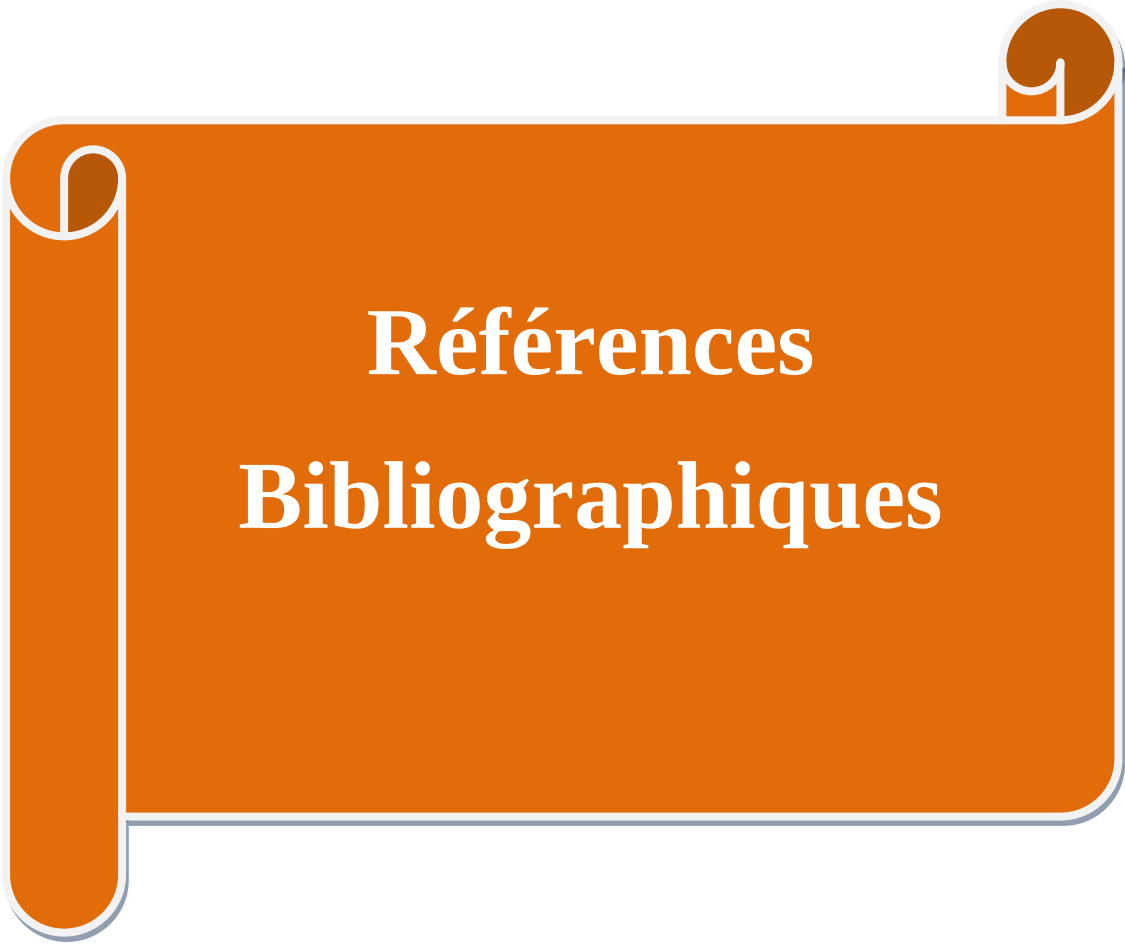
L'analyse sensorielle des produits finis a démontré que la recette standard R1 (0%) et celle qui est à 25% de lactosérum (R2) ont eu le même classement suivi de la R3 (50%) puis R4 (75%).

L'analyse statistique des résultats physico-chimiques n'a démontré aucune différence significative pour le pH des quatre recettes (sans prendre en considération la durée de fermentation), tandis que pour le taux de cendres, il présente des différences significatives. Concernant l'humidité, l'EST et °Brix, des différences très hautement significatives ont été enregistrées.

D'après les résultats encourageants obtenus, il apparaît clairement que l'aboutissement de ce travail apportera des solutions prometteuses aussi bien sur le plan écologique, économique et nutritionnel à ces rejets de lactosérum, qui posent de sérieux problèmes pour l'environnement et permettra également aux industriels de la filière laitière d'améliorer et d'élargir leurs gammes de produits.

Comme perspectives de ce travail, nous proposons de :

- ✓ Suivre l'évolution du produit au cours du stockage.
- ✓ Essayer de remplacer l'eau par lactosérum dans la fabrication des yaourts brassés et étuvés.
- ✓ Remplacer partiellement le lait reconstitué par le lactosérum.
- ✓ Utiliser le lactosérum acide dans une étude similaire et de faire une comparaison avec le lactosérum doux

An orange scroll graphic with a white outline, featuring a vertical strip on the left and a horizontal strip on the right, both with rounded ends and a small circular detail at the top right corner.

Références Bibliographiques

Adrian J., Legrand G., Frangne R. (1991). Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition. Tec et doc, Lavoisier, 3ème édition, 116p.

Adrian J., Potus J., Frangne R. (2003). La science alimentaire de A à Z. 3ème édition. Edition Tech et doc, Lavoisier, Paris, 293p.

AFNOR. (1986). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses.

Adrian J.G., Bourlier A., Sabel. (1980). Composition minérale du lactosérum. Influence des facteurs technologiques, saisonniers et géographiques. Le Lait, INRA Editions, 60 (598), pp447-457.

AFNOR. (1980). Recueil des normes françaises. Lait et produits laitiers. Méthodes d'analyses, Paris, pp 4,5.

Airouche S., Allou Z. (2018). Elaboration d'un yaourt enrichi avec le pollen. Mémoire de Fin de Cycle En vue de l'obtention du diplôme MASTER 2 en Production et Transformation Laitière. Université A. MIRA – Bejaïa.

Alonso-Fauste I., Andrés M., Iturralde M., Lampreave F., Gallart J., Álava M. A. (2012). Proteomic characterization by 2-DE in bovine serum and whey from healthy and mastitis affected farm animals. Journal of Proteomics, 75(10), pp3015–3030.

Amiot J., Fournier S., Lebeuf Y., Paquin P., Simpson R., Turgeon H. (2002). Composition, propriétés physicochimiques, valeur nutritive, qualité technologique et technique d'analyse du lait ; *in* : « Science et technologie du lait : transformation du lait » éd. Vignola, Ed fondation de technologie laitière du Québec. Presse internationale polytechnique, Québec, pp1- 445.

Aryana K. J., Olson D. W. (2017). A 100-Year Review: Yogurt and other cultured dairy products. Journal of Dairy Science, 100(12), pp 9987–10013.

Association pour la Promotion Industrie Agriculture : A.P.R.I.A. (1973). Les lactosérums : traitement et utilisation. Ed : A.P.R.I.A, Paris, pp 41-43.

Ayar A., Gurlin E. (2014). Production and Sensory, Textural, Physicochemical Properties of Flavored Spreadable Yogurt. Life Science Journal, 11(4), pp 58-65.

Barata M., Guillemant M., Moretti E., Muller E., Delebarre M. (2017). Formulations nutritionnelles de type yaourt, crème, crème dessert et dessert glacé comprenant un isolat de

protéines de pois ainsi que l'utilisation de la formulation comme source protéique. WPOIPCT: Rapport de recherche internationale (Art. 21(3)), 2p.

Barbari L., Benyanet E. (2017). Effets comparatifs des lactosérums de lait de vache et de chèvre en panification. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Nutrition Alimentation et Technologies Agro-Alimentaires. Université des frères Mentouri Constantine (UFMC) : Institut de la nutrition, de l'alimentation et de technologie agro-alimentaire.

Bekkouche Z., Mazi D. (2006). Essai de fabrication d'une boisson à base de lactosérum et de la pulpe de tomate. Mémoire en vue de l'obtention du diplôme d'ingénieur d'Etat en agronomie. Option : Technologie alimentaire. Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou.

Ben Yahia L. (2012). Étude du dialogue hôte/bactéries lactiques du yaourt chez des rats gnotobiotiques. [en ligne] Thèse de doctorat en Microbiologie et Parasitologie. AgroParisTech. France. 6p. Disponible sur: https://pastel.archivesouvertes.fr/file/index/docid/780715/filename/Manuscrit_these_BEN-YAHIA.pdf.

Benabbou A., Bentalab M. (2016). Valorisation du lactosérum liquide en l'incorporant dans la fabrication des crèmes glacées de type sorbet. Mémoire[en ligne] en vue de l'obtention du diplôme de master en gestion de la qualité en industrie agroalimentaire. Université de Tlemcen. Disponible sur: http://bibfac.univtlemcen.dz/snvstu/opac_css/doc_num.php?explnum_id=1847 (consulté le 27/11/2018).

Boudier J.F. (1990). Produits frais ; in « Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre » ed. Luquet F.M. Tec et Doc, 2ème édition, Vol 2, Lavoisier, Paris, pp 35,46

Bourgeois C.M., Leveau J. Y. (1991). Microbiologie alimentaire. Technique et documentation, tome 2, pp 31-34.

Bourgeois C.M., Mescle F., Zucca J. (1996). Microbiologie alimentaire. Tome1, Aspect microbiologique de la sécurité et de la qualité des aliments. Technique et documentation, Lavoisier, 259p.

Bourlioux P. (2007). Histoire des laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 42, pp 9–14.

Bourlioux P., Braesco V., Mater D.D.G. (2011). Yaourts et autres laits fermentés. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 46(6), pp305-314.

- Brito P.S.D. (2013).** Review of cheese whey recovery technologies; in “Recycling: Technological systems, management practices and environmental impact”, pp 119-144.
- Brulé G. (1987).** Les minéraux ; in « Cepil- INRA: Le lait matière première de l'industrie laitière », Paris, pp87-98.
- Castelli H., Du vale L. (2013).** Handbook on cheese : Production, chemistry and sensory properties. Handbook on cheese: Production, chemistry and sensory properties, pp 459-502.
- Cavagnaro P. F., Chung S. M., Szklarczyk M., Grzebelus D., Senalik D., Atkins A. E., Simon P.W. (2008).** Characterization of a deep-coverage carrot (*Daucuscarota L.*) BAC library and initial analysis of BAC-end sequences. Molecular Genetics and Genomics, 281(3), pp273–288.
- Cayot P., Lorient D. (1998).** Structures et technofonctions des protéines du lait. Tec & Doc Lavoisier, Paris, 363p.
- CEAE, (2013).** Méthode d'analyse : Recherche des salmonelles. Gouvernement du Québec, pp 5-25.
- Chandan R. C., Kilara A. (2011).** Dairy ingredients for food processing. Blackwell Publishing. First edition, USA, pp 6- 339.
- Chandan R. C., White C. H., Kilara A., Hui Y. H. (2006).** Manufacturing Yogurt and Fermented Milks, Second Edition. Blackwell Publishing, USA, pp 5-19
- Chandan R.C., O'Rell R. K. (2006).** Manufacturing Yogurt and Fermented Milks. Blackwell Publishing, pp195- 209.
- Chatzipaschali A. A., Stamatis A. G. (2012).** Biotechnological utilization with a focus anaerobic treatment of cheese whey: Current status and prospects. Energies, 5(9), pp 3492–3525.
- Chaux C., Foury C. (1994).** Productions légumières - Tome 2 : Légumes feuilles, tiges, fleurs, racines, bulbes. Éditions Tec & Doc, Paris, 639p.
- Chouaf S. (2015).** Contribution à la conception d'une fiche technique guide pour les spécialités laitières (Similaire yaourt). Mémoire [en ligne] en vue de l'obtention du diplôme de Master en Biotechnologie, Agro ressources, Aliment Nutrition. Option : Industrie laitière. Université A. MIRA - Bejaia
- Chougrani F., Cheriguene A., Bensoltane A. (2009).** Sensorial and Physicochemical Characteristics of Yoghurt Manufactured with Ewe's and Skim Milk. World Journal of Dairy & Food Sciences, 4 (2), pp136-140.

CNIEL. (2012). Centre National Interprofessionnel de l'Economie Laitière.

Codex alimentarius (Codex Stan 206-1999). Norme générale pour l'utilisation de termes de laiterie.

Codex alimentarius. (2018). Norme pour les poudres de lactosérum.

Codex alimnetarius. (2018). Norme pour les laits fermentés (CXS243-2003).

Corrieu G., Béal C. (2016). Yogurt: The Product and its Manufacture. Encyclopedia of Food and Health, pp 617–624.

Coulibaly L. F., Toure A., Laope A. C. S., Coulibaly N. A., Soro Y. R. (2018). Caractérisation Agronomique, physicochimique et nutritionnelle de quatre variétés hybrides de carotte (*Daucus carota*) au nord de la Cote D'Ivoire. Agronomie Africaine 30 (1), pp45 – 55.

Croguennec T., Jantet R., Brulé G. (2008). Fondements physicochimiques de la technologie laitière. Ed Tec & Doc, Lavoisier, Paris, 1p.

Djemat F. (2017). Valorisation de lactosérum doux par son incorporation dans le l'ben. Mémoire [en ligne] en vue de l'obtention du diplôme de Master en génie des procédés. Option : Génie des industries alimentaires. Boumerdès: Université M'hemed Bougara Boumerdès.

Disponiblesur:<http://dlibrary.univboumerdes.dz:8080/bitstream/123456789/3959/1/Djemat%20Fatma.pdf> (Consulté le 11/02/2019).

Droualt S., Corthier G. (2001). Effet des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. Unité d'Ecologie et de physiologie du système digestif, INRA, France, pp101-117.

Eck A. (1975). Le lait et l'industrie laitière. 3ème édition presses universitaire de France, Paris, pp 5- 8.

FAO. (1995). Le lait et les produits laitiers dans la nutrition humaine. Collection FAO: Alimentation et nutrition n° 28, Rome (Italie).

FAOSTAT. (2014). Les meilleurs pays producteurs de carottes au monde. Disponible sur <http://www.fao.org/faostat/fr/?#search/Carottes%20et%20navets> (Consulté le 18/05/2019).

Fauquant J., Vieco E., Brule G., Maubois J. L. (1985). Clarification des lactosérums doux par agrégation thermocalcique de la matière grasse résiduelle. Le Lait, INRA Editions, 65 (647_648), pp1-20.

Fernandes C. F., Shahani K. M. (1990). Anticarcinogenic and Immunological Properties of Dietary Lactobacilli. *Journal of Food Protection*, 53(8), pp704–710.

Fokone A.T., Edoun M., Kuitche A., and Kengne C. (2013). Modélisation de la Cinétique de Séchage de la Carotte (*Daucus carota*). *International Journal of Innovation and Applied Studies*. Vol. 4 N°2, pp375-381.

France Agri Mer. (2013). Le marché mondial de lactosérum.

Fredot É. (2006). Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. Ed Lavoisier, Paris, pp 9-34.

Fredot É. (2009). Connaissance des aliments bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. 2ème Ed Lavoisier, Paris, 49p.

Guimaraes P. M.R., Teixeira J.A., Domingues L. (2008). Fermentation of high concentrations of lactose to ethanol by engineered flocculent *Saccharomyces cerevisiae*. *Biotechnol Letters*, 30: Pp1953–1958.

Guiraud J. P. (1998). Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod, Paris, 652p.

Guiraud J. P. (2003). Microbiologie Alimentaire. Edition Dunod, Paris, pp136-139.

Guiraud P. J., Rosec P. J. (2004). Pratique des normes en microbiologie alimentaire. Edition AFNOR, France, 34p.

Hadiyanto H., Ariyanti D., Aini A. P., Pinundi D. S. (2014). Optimization of ethanol production from whey through fed-batch fermentation using *kluveromyces marxianus*. *Energy Procedia*, 47, pp108–112.

Imbert-Pondaven A. (1977). Étude de l'évolution de la composition des lactosérums au cours de leur conservation. *Le Lait*, INRA Editions, 57 (568), pp 521-546.

International Journal of Chemical Sciences 6(3): Pp 2921-2926.

ITCMI. (2010). Fiche techniques valorisée des cultures maraîchères et Industrielles: la culture de carotte, pp 2,3.

Jeanet R., Croguennec T., Mahaut M., Schuk P., Brulé G. (2008). Les produits laitiers. 2ème Edition, Lavoisier, Paris, pp 1-31.

Jeanet R., Croguennec T., Schuk P., Brulé G. (2007). Science des aliments biochimie – microbiologie – procédés – produits. Volume 2 édition Lavoisier, Paris, pp 8-16.

Joffin C., Joffin J. N. (2010). Microbiologie Alimentaire. Edition Scérén CRDP, Aquitaine, 261p.

Jolanta B. Królczyk., Tomasz Dawidziuk, Emilia Janiszewska-Turak , Bartosz Sołowiej. (2016). Use of Whey and Whey Preparations in the Food Industry – a Review. Pol. J. Food Nutr. Sci., Vol. 66, No. 3, pp 157–165.

JORA N°35. (1998). Journal officiel de la république Algérienne, lait et produits laitiers.

JORA N°39. (2017). Journal officiel de la république Algérienne N° 39, Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires.

JORA. (1998). Arrêté interministériel du 16 Jomada Ethania 1419 correspondant au 7 octobre 1998 relatifs aux spécifications techniques des yaourts et aux modalités de leur mise à la consommation, Art: 2 et 3, 22p.

Kossevaa M.R., Panesar P.S., Kaur G., Kennedy F. (2009). Use of immobilised biocatalysts in the processing of cheese whey. International Journal of Biological Macromolecules 45, pp 437–447.

Kourdache Y., Ouchiha O. (2017). Formulation d'un yaourt à base de poudre de pelure de la betterave rouge (Beta vulgaris L.). Mémoire [en ligne] en vue de l'obtention du diplôme de Master en agronomie, option: contrôle de qualité et nutrition en agro-alimentaire. Université M'hamed Bouguara, Boumerdes.

Królczyk1 J. B., Dawidziuk1 T., Janiszewska-Turak E ., Sołowiej B. (2016). Pol. J. Food Nutr. Sci., Vol. 66, N°3, pp 157–165.

Kruif C.R. (2001). Whey proteins ; in « Les protéines laitières: Intérêts technologiques et nutritionnels ». Éd CREAL, ARILAIT RECHERCHES: 4^{ème} conférence Européenne. Lavoisier, Paris, 53p.

Lamontagne M. (2002). Produits laitiers fermentés; in : « Science et technologie du lait: transformation du lait » éd. Vignola, Ed fondation de technologie laitière du Québec. Presse internationale polytechnique, Québec 443p.

Laplanche J. (2004). Système d'épuration du lactosérum d'alpage par culture fixée sur lit de compost. Revu Suisse Agric. 36(5): Pp 220-224.

Laurence A.V., Cohen M.E. (2004). Conserve traditionnel et fermier paris. Edition technique et documentation, Lavoisier, Paris, 633p.

- Leksir C. (2012).** Caractérisation et contrôle de la qualité de ferments lactiques utilisés dans l'industrie laitière algérienne. [En ligne] mémoire en vue de l'obtention du Diplôme de Magistère en : Sciences Alimentaires.Option : Biotechnologie Alimentaire. Université Mentouri de Constantine : Institut de la Nutrition, de l'Alimentation et des Technologies Agro-Alimentaires, p6. Disponible sur :<https://bu.umc.edu.dz/theses/agronomie/LEK6306.pdf>.
- Linden G., Lorient D. (1994).** Biochimie agro industriel : valorisation alimentaire de la production agricole. Masson, Paris, 367p.
- Lortal S., Boudier J. F. (2011).** La valorisation de la matière première lait, évolution passée et perspectives Innovations Agronomiques 13, pp1-12.
- Meréo M. (1971).** Les utilisations industrielles du sérum de fromagerie. Ind Alim Agric 88, pp 817-823.
- Michaelidou A., Steijns J. (2006).** Nutritional and technological aspects of minor bioactive components in milk and whey: Growth factors, vitamins and nucleotides. International Dairy Journal. 16(11): Pp1421-1426.
- Ministère de l'économie de l'industrie et de l'emploi. (2009).** Laits et produits laitiers. Groupe d'étude des marchés de restauration collective et de nutrition (GEMRCN). Pp 11,16.
- Narendra K., Vandana., Subrota Ha. (2016).** The Four Fs for Whey Utilization Beverage & Food World, Vol 43-N°1: Pp 28-31
- Nicod H. (1998).** L'organisation pratique de la mesure sensorielle ; in " Evaluation sensorielle « Manuel méthodologique » ". Ed Tec et Doc, Lavoisier, paris, 46p.
- Nicolle C., Cardinault N., Aprikian O. (2003).** Effect of carrot intake on cholesterol metabolism and on antioxidant status in cholesterol-fed rat. Eur J Nutr. 42:254-261pp.
- Nikkhah A. (2014).** Yogurt the Most Natural and Healthy Probiotic: History Reveals. Probiotics & Health, 2(2): Pp 1-2.
- OECD-FAO Agriculture Outlook. (2011).** Perspectives agricoles de l'OECD-FAO. 9: 159-173.
- Otten J. J., Hellwig J. P., Meyers L. D. (2006).** Dietary Reference Intakes: The Essential Guide to Nutrient Requirements. National Academies Press, Washington D.C, pp 151- 154.
- Özcan M. M., Chalchat J. C. (2007).** Chemical composition of carrot seeds (*Daucuscarota L.*) cultivated in Turkey: characterization of the seed oil and essential oil GRASAS Y ACEITES, 58 (4), pp 359-365.

- Pelletier J. F., Faurie J. M., François A., Teissier P. (2007).** Lait fermenté: la technologie au service du goût. Cahiers de Nutrition et de diététique, 42, 15-20p.
- Pien J. (1943).** Utilisation des sérums de fromagerie et des lacto-protéines dans l'alimentation. Le Lait, INRA Editions, 23^e année N°227-228, pp193-222.
- Pierre A., Fauquant J. (1986).** Principes pour un procédé industriel de fractionnement des protéines du lactosérum. Le Lait, INRA Editions, 66 (4), pp 405-419.
- Pougheon S., Goursaud J. (2001).** Le lait : caractéristiques physicochimiques ; *in*: « Le lait: nutrition et santé humaine » éd. Debry, Ed Lavoisier, Paris, pp 6-37.
- Prakash S., Jha S., Datta N. (2004).** Performance evaluation of blanched carrots dried by three different driers. Journal of Food Engineering, 62(3), pp 305–313.
- Rebouillat S., Ortega-Requena S. (2015).** Potential Applications of Milk Fractions and Valorization of Dairy By-Products: A Review of the State-of-the-Art Available Data, Outlining the Innovation Potential from a Bigger Data Stand point, 10p. Disponible sur : <http://dx.doi.org/10.4236/jbnb.2015.63018>. (Consulté 16/03/2019).
- Robinson R.K., Tamime A.Y. (1993).** Manufacture of Yoghurt and Other Fermented Milks. Edition Modern Dairy Technology. © Chapman & Hall, Pp 10, 11.
- Salvador A., Fiszman, S.M. (2004).** Textural and sensory characteristics of whole and skimmed flavored set-type yoghurt during long storage. Dairy Science Journal. 87 (12), 4033–4041.
- Salwa A. A., Galal E. A., Neimat., Elewa A. (2004).** Carrot Yoghurt: Sensory, Chemical, Microbiological Properties and Consumer Acceptance. © Asian Network for Scientific Information. Pakistan Journal of Nutrition 3 (6): Pp 322-330.
- Sánchez J., Hernández E., Auleda J. M., Raventós M. (2011).** Freeze concentration of whey in a falling-film based pilot plant: Process and characterization. Journal of Food Engineering, 103(2), pp147–155.
- Savadogo A., Traore A. S. (2011).** La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. International Journal of biological and Chemical Sciences, 5(5): Pp 2057-2075.
- Schuck P., Bouhallab S., Durupt D., Vareille F., Humbert J. P. (2004).** Séchage des lactosérums et dérivés : rôle du lactose et de la dynamique de l'eau. Le Lait, INRA Editions, 84 (3), pp 243-268.

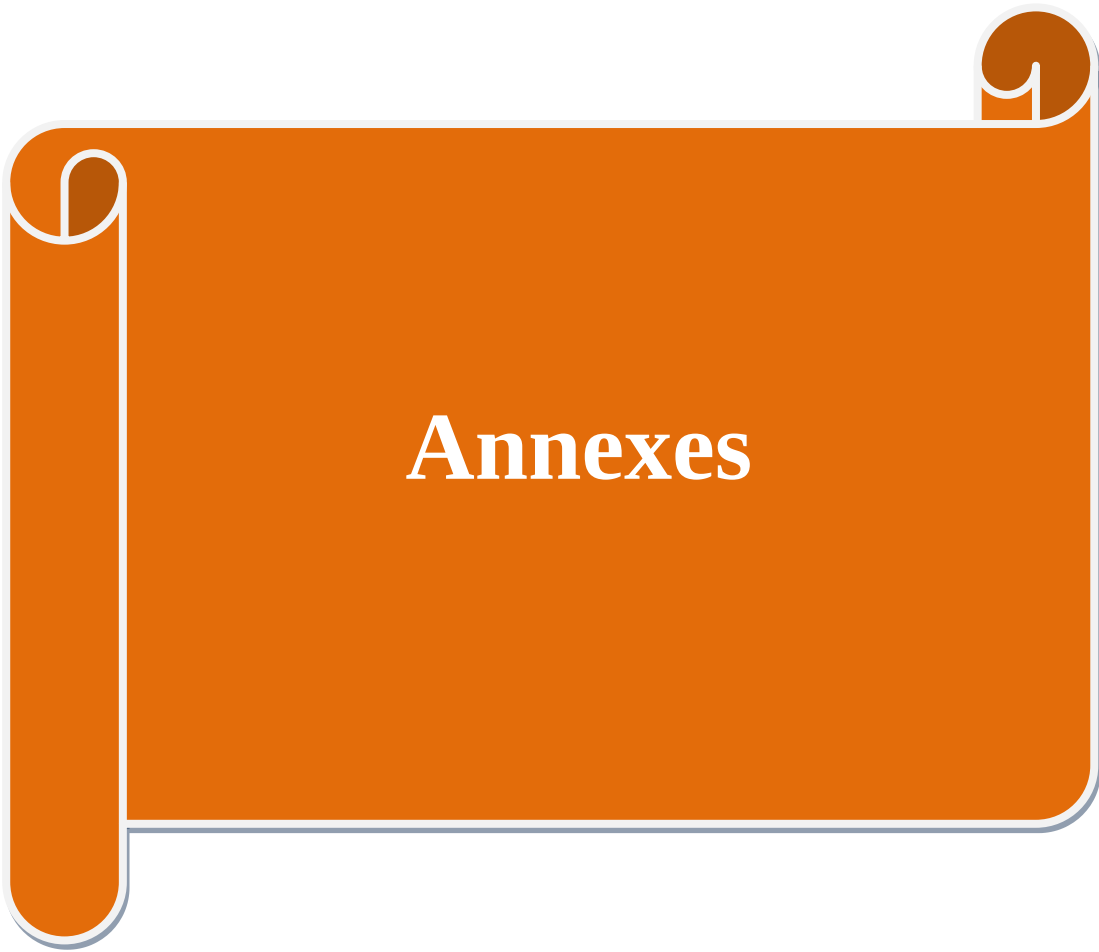
- Sharmak D., Karki S., Thakur N.S., Attri S. (2012).** J Food Sci Technol. 49(1): Pp 22–32.
- Silva Dias J. C. (2014).** Nutritional and Health Benefits of Carrots and Their Seed Extracts. Food and Nutrition Sciences, 5, pp 2147-2156.
- Skryplonek K. (2018).** Production of yogurt-type fermented beverages. Mljekarstvo 68 (2), pp 139-149.
- Smithers G. (2008).** Whey and whey proteins From ‘gutter-to-gold’. International Dairy Journal 18, pp 695– 704.
- Sottiez P. (1990).** Produits dérivés des fabrications fromagères ; in « Laits et produits laitiers vache, brebis, chèvre » éd. Luquet F.M. Tec et Doc, 2ème édition, Vol 2, Lavoisier, Paris, pp 363-377.
- Spalatelu C. (2012).** Biotechnological valorisation of cheese whey. Innovative Romanian Food Biotechnology, 10, pp 1–8.
- Surbhi S., Verma RC., Deepak .R, Jain H.K., Yadav K.K. (2018).** A review: Food, chemical composition and utilization of carrot (*Daucus carota L.*) pomace.
- Swaigood H. (1992).** Chemistry of the caseins. Advanced dairy chemistry 1, pp 63-110.
- Syndifrais. (1997).** Yaourts, laits fermentés. Le Lait, INRA Editions 77 (3), pp 321-358.
- Syndifrais. (2011).** Tout savoir sur le yaourt. 10p.
- Tamime A. Y., Deeth H. C. (1980).** Yogurt: Technology and Biochemistry 1. Journal of Food Protection, 43(12), pp 939–977.
- Tamime A. Y., Robinson R. K. (1999).** Yoghurt: Science and Technology, CRC Press, Boca Raton, USA, 94p.
- Tavares A. C., Gonçalves M. J., Cavaleiro C., Cruz M. T., Lopes M. C., Canhoto J., Salgueiro L. R. (2008).** Essential oil of *Daucus carota* subsp. *halophilus*: Composition, antifungal activity and cytotoxicity. Journal of Ethnopharmacology, 119(1), pp129–134.
- Vilain A. C. (2010).** Qu’est-ce que le lait?. Revue française d’allergologie, 50(3), pp124-127.
- Villeneuve F. (1999).** La carotte ; in: « Technologie des légumes » éd. Tirilly Y., Bourgeois C.M, édition technique et documentation, Lavoisier, Paris, pp 45,47.
- Visser R.A., Nan den Bos M.J., Ferguson W.P. (1988).** Lactose and its chemical Derivates bults of I.D.F, n°233, pp 33-44.
- Walstra P., Geurts T J., Noomen A., Jellema A., Van Boekel M. A. J. S. (1999).** Dairy Technology: Principles of Milk Properties and Processes, New York, pp 199–256.

Woo A. (2002). La grande diversité du lactosérum. Commission canadienne du lait. Pp 1-6.

Zemmouchi R., Saoud A. (2016). Valorisation du lactosérum : incorporation dans des pâtes alimentaires. Mémoire[en ligne] en vue de l'obtention du diplôme de master en sciences agronomiques. Option : production et technologie laitière. Université 8 Mai 1945 Guelma. Disponible sur : <http://dspace.univ-guelma.dz:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/1171/M570.681%20ECOLOGIE.pdf?sequence=1&isAllowed=y>(consulté le 14/12/2018).

Références électroniques:

- **Anonyme 1. (2017).** Disponible sur : <https://www.lanutrition.fr/tout-savoir-sur-la-carotte> (Consulté le 30/05/2019).
- **Anonyme 2. (2019).** Disponible sur : <http://perspective.usherbrooke.ca/bilan/servlet/BMTendanceStatPays?codeTheme=5&codeStat=RSA.FAO.CarrotsTurnips&codePays=DZA&optionsPeriodes=Aucune&codeTheme2=5&codeStat2=RSA.FAO.CarrotsTurnips&codePays2=DZA&optionsDetPeriodes=avecNomP&langue=fr> (Consulté le 18/05/2019).
- **Anonyme 3.** Disponible sur : <https://ciqual.anses.fr/> (Consulté le 17/05/2019).

An orange scroll graphic with a white border and a white shadow. The scroll is partially unrolled, with the word "Annexes" written in white serif font on the main body. The top right corner of the scroll is curled up, and the bottom left corner is also curled up.

Annexes

Annexe 1:

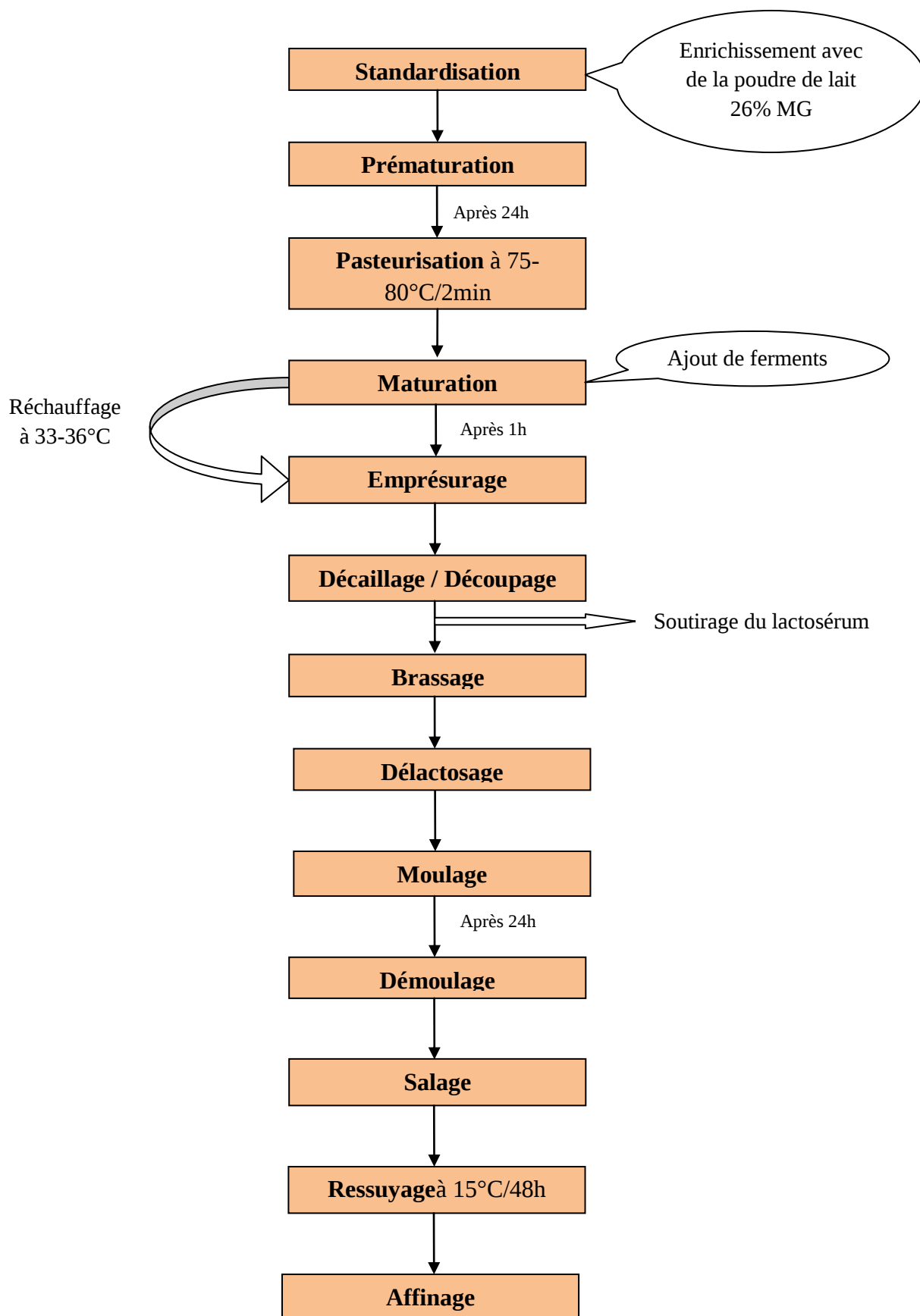


Figure : Diagramme de fabrication du Cheddar au niveau de la SARL Pâturages d'Algérie

Annexe 2:

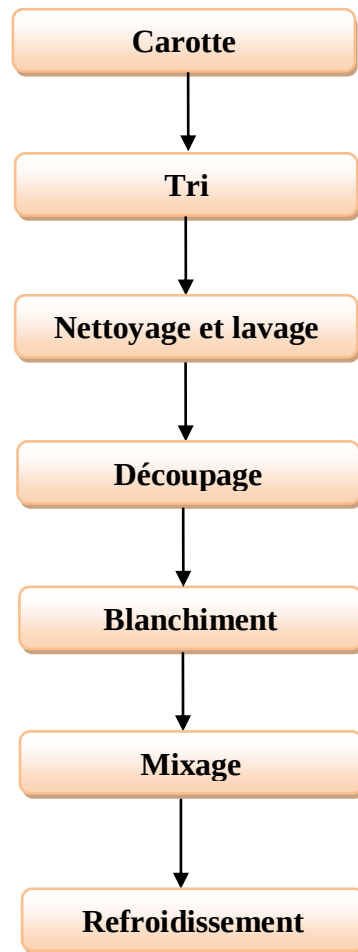


Figure : Diagramme d'obtention de la purée de carotte

Annexe 3 : Réactifs, milieux de culture, appareillage et petit matériel

Tableau : Liste des appareillages et matériel utilisés

- pH-mètre	- Bouteilles pour yaourts	- Burette
- Butyromètre	- Bec Benzène	- Balance électronique
- Densimètre	- Pro-pipette	- Verres de montre
- Réfractomètre	- Flacons	- Pipettes Pasteur
- Thermomètre	- Milkoscan	- Balance de précision
- Dessiccateur	- Four à moufle	- Spatule stérile
- Etuve- Passoire	- Casserole	- Boîtes de Pétri
- Pipettes Pasteur	- Centrifugeuse	
- Becher Gradué	- Creusets	

Tableau : Liste des réactifs et milieux de culture utilisés

Réactifs	Milieux de culture
- Alcool Iso-amylque	- Gélose Hektoen
- Acide sulfurique (91%)	- Bouillon Fraser
- Phénolphtaléine	- Gélose PCA
- Hydroxyde de sodium	- Gélose VRBL
- Eau distillée	- Gélose VRBG
	- Gélose OGA

Compositions des milieux de cultures :

➤ **Gélose PCA** (Plate Count Agar) :

Composition	Quantité g/L
-Tryptone	5
-Extrait de levure	2.5
-Glucose	1
-Agar	15
-Eau distillée	1000ml
-pH	7

➤ **Gélose VRBL** (Violet Red Bile Lactose Agar):

Composition	Quantité g/L
-Peptone de viande	10
-Bile de bœuf desséchée	20
-Lactose	10
-Vert brillant	23ml
-PH	7,4

➤ **VRBG** (Gélose glucosée biliée au cristal violet et au rouge neutre):

Composition	Quantité g/L
-Peptone	7
-Extrait de levure	5
-Sels biliaires	1,5
-Glucose	10
-Chlorure de sodium	5
-Rouge neutre	0,03
-Cristal violet	0,002
-Agar-agar	12
-pH 7,4	7,4
« Stériliser » par ébullition (15min)	

➤ Milieu Hektoen :

Composition	Quantité g/L
-Protéose-peptone	12
-Extrait de levure	3
-Lactose	12
-Sacchrose	12
-Salicine	2
-Citrate de fer et d'ammonium	1,5
-Sels biliaires	9
-Fuchsine acide	0,1
-Bleu de bromothymol	0,065
-Chlorure de sodium	5
-Thiosulfate de sodium	5
-Agar	13
-pH	7,3

➤ Bouillons au sélénite (SFB):

Composition	Quantité g/L
-Sélénite de sodium	5
-Peptone trypsine de caséine	4
-Lactose	4
-Phosphate disodique	40
-Cystine	0,02
-Eau distillée	1000ml
-pH	7

➤ **Bouillon Fraser:**

Composition	Quantité g/L
-Peptone de protéase	5
-Tryptone	5
-Extrait de viande de bœuf	5
-Extrait de levure	5
-NaCl	20
-Na ₂ HPO ₄ 2H ₂ O	12
-KH ₂ PO ₄	1,35
-Esculine	1
-Chlorure de lithium	3

➤ **Gélose OGA** (Oxytétracycline-Glucose-Agar):

Composition	Quantité g/L
- Extrait autolytique de levure	5
- Glucose	20
-Oxytétracycline	0,1
- Agar agar bactériologique	15
- Eau distillé	1L
-pH	6,6 ± 0,2

Annexe 4: Fiche d'appréciation pour le test de dégustation (Analyse sensorielle)**Formulaire du test de dégustation**

Age/Sexe:

Comment trouvez- vous le produit ? (cochez la bonne réponse) :

✓ **Couleur**

	Acceptable	Pas acceptable
R1		
R2		
R3		
R4		

✓ **Odeur**

	Bonne	Moyenne	Pas bonne
R1			
R2			
R3			
R4			

✓ **Goût**

	Bon	Moyen	Pas bon
R1			
R2			
R3			
R4			

✓ **Acidité**

	Trop	Acceptable	Peu
R1			
R2			
R3			
R4			

✓ **Texture**

	Homogène (le produit est lisse à la dégustation)	Intermédiaire (produit pas totalement lisse et présente quelques grumeaux)	Hétérogène (le produit présente des grumeaux à la dégustation)
R1			
R2			
R3			
R4			

✓ **Consistance**

	Epaisse	Moyenne	Liquide
R1			
R2			
R3			
R4			

Annexe 5:



Essais de fabrication d'une S.L.T.Y avec colorant et arôme de fraise



Essais de fabrication d'une S.L.T.Y à base de carotte et une à base de betterave



A: Plan de travail et ingrédients



B: Mélange des ingrédients secs



C: Ajout de l'eau au mélange



D: Ajout du lactosérum



E: Pasteurisation



F: Ensemencement après refroidissement puis mise à étuve



G: Brassage des produits obtenus après la sortie de l'étuve puis refroidissement



H: Ajout de purée de carotte



I: Produit finis

Figure: Les étapes de fabrication de la spécialité laitière type yaourt à boire faite à base de lactosérum et purée de carotte.

Résumé

Le rejet du lactosérum considéré comme un sous-produit laitier riche en éléments nutritifs constitue une perte économique énorme. Ce travail vise à valoriser le lactosérum doux brute en l'utilisant comme substituant partiel de l'eau dans la fabrication de spécialité laitière de type yaourt à boire. Quatre formulations du produit à différentes proportions de lactosérum ont été réalisées. Des analyses physico-chimiques, microbiologiques, sensorielles et statistiques ont été effectuées afin de déterminer et d'évaluer la qualité des produits finis. Les résultats de l'analyse microbiologique ont démontré que les produits ne présentent aucun danger pour la consommation. Le test de dégustation (couleur, odeur, goût, acidité, texture et consistance) réalisé avec un panel non entraîné a révélé une acceptabilité des quatre formulations ; les préparations réalisées sont classées selon les préférences des dégustateurs comme suit : R1 et R2 puis R3 et enfin R4.

Mots clés : Formulation, valorisation, lactosérum doux, yaourt à boire, carotte, analyses.

Abstract

The waste of whey considered as a dairy by-product rich in nutrients is a huge economic loss. This work aims to valorize raw sweet whey by its use as a partial substitute of water in the manufacturing of a dairy specialty drinking yogurt type. Four product formulations were made with different whey proportions. Physicochemical, microbiological, sensory and statistical analyses were made to determine the quality of the final products. The microbiological results showed that the products didn't present any danger for the consumer's health. The sensory analysis (colour, smell, taste, acidity, texture and consistency) made with a non-trained panel revealed an acceptance of the four formulations; the preparations made were classified by the panel's preferences in order: R1 and R2 then R3 and finally R4.

Key-words: Formulation, valorization, sweet whey, drinking yogurt, carrot, analysis.