

République Algérienne démocratique et populaire

Université Abdelhamid Ibn
Badis-Mostaganem
Faculté des Sciences de la
Nature et de la Vie



جامعة عبد الحميد بن باديس
مستغانم
كلية علوم الطبيعة والحياة

DEPARTEMENT D'AGRONOMIE

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par

M^{lle} MAAMERI Tawouse

M^{lle} SAID Fatiha

Pour l'obtention du diplôme de

MASTER ENAGRONOMIE

Spécialité CONTRÔLE DE QUALITÉ DES ALIMENTS

THÈME

**Effet de L'incorporation de la farine de caroube sur
les paramètres organoleptiques, physico-chimique et
microbiologiques d'un lait fermenté type yaourt**

Soutenu publiquement le 03 /07/2018

DEVANT LE JURY

| | | |
|--------------|---------------------------|-----------------------------------|
| Président | M BENMILOUD.D | MA U. Mostaganem |
| Encadreur | M.BEKADA.A | Pr U. Mostaganem et Tecemsilet |
| Examinatrice | M ^{ME} .ADJOUJ.F | MA U. Mostaganem. |

*Thème réalisé au Laboratoire de microbiologie N°01 et de chimie N°01 de la faculté SNV-U.
Mostaganem*

Année universitaire 2017 / 2018

Préambule

Le stage d'imprégnation destiné aux étudiants de deuxième année master , suivant un parcours de formation contrôle de qualité des aliments , a pour objectif de familiariser l'étudiant avec les techniques expérimentales utilisées dans les laboratoires spécialisés et associées avec la formation, de concilier les théories apprises sur les connaissances générales de la spécialité aux pratiques sur le terrain, et de responsabiliser le stagiaire davantage face aux multiples situations rencontrées.

Dans ce cadre, nous avons effectué ce stage d'imprégnation de deux mois, du 03 avril au 15 juin, 2018 au laboratoire de l'université Abd el Hamid Ibn badis Mostaganem.

Nous avons eu un grand plaisir à travailler au sein de laboratoire et cette véritable expérience nous a été très favorable.

Nous remercions également Monsieur le Professeur BAKADA.A, notre encadreur de stage, pour toutes les informations qu'il nous' a apporté, pour les conseils qu'il nous' a donné, pour son suivi, sa patience et son intérêt porté sur le travail que nous avons réalisé. En plus une grande remerciement aux nombre de jury qui sont Monsieur le Professeur BENMILOUD Djamel et Madame ADJOUJ.

Nous tenons tout d'abord à adresser nos vifs remerciements à Madame HAFIDA, pour nous avoir permis d'effectuer ce stage et de nous joindre à leur personnel.

D'autre part, un merci spécial à Monsieur Mohamed technicien de laboratoire de chimie N°1, pour leur accueil chaleureux, leur gentillesse, leur patience et pour avoir répondu posément à plusieurs de nos questions techniques.

Ensuite, ce stage devait être sanctionné par un rapport écrit. C'est ainsi dans les lignes qui suivent nous allons aborder en :

Première partie : généralité sur la caroube

Deuxième partie : généralité sur le yaourt

Et en troisième partie : les agents de texture

Enfin, une **conclusion** générale **qui synthétise** les résultats obtenus et les principales connaissances **acquises durant** toute la période du **stage**.

Liste des tableaux

Tableau1 : Classification de caroubier3

Tableau2 : composition chimique de la caroube.5

Tableau3 : Superficie occupée par le caroubier.....9

Tableau4 : production mondiale de caroube.9

Tableau05 : Origine et sources des agents végétaux de texture.....25

Tableau06 : Les polysaccharides et leurs application.....29

Tableau 08 : Valeurs moyennes du pH, de l'acidité (°D) et de la viscosité (m/s) des échantillons de yaourt préparés pendant la conservation.....37

Tableau 09 : Evolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* de lait fermenté type yaourt à base de la farine de caroube41

Tableau 10 : Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* de lait fermenté type yaourt à base de la farine de caroube.....42

Tableau11 : Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de yaourt préparés.43

Listes des figures

| | |
|--|----|
| Figure1 : Illustration des feuilles de caroubier, de la caroube et ses graines..... | 1 |
| Figure2 : Coupe transversale d'une graine de caroube..... | 5 |
| Figure03 : Centre d'origine et distribution de caroubier dans le monde | 7 |
| Figure04 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique..... | 8 |
| Figure 05 : Schéma illustrant les interactions de <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>Lactobacillus bulgaricus</i> en culture mixte dans le lait..... | 15 |
| Figure06 : Métabolisme complémentaire de <i>streptococcus thermophilus</i> et de <i>lactobacillus bulgaricus</i> dans le lait..... | 18 |
| Figure 07 : diagramme des principales étapes de fabrication de yaourt..... | 21 |
| Figure 08 : Photographie des fruits (gousse) de caroubier..... | 30 |
| Figure 09 : (B) photographie de la pulpe de caroube, (C) photographie des graines de caroube. | 30 |
| Figure10 : (D) Photographie de la farine de caroubier..... | 31 |
| Figure 11 : photographie de la pasteurisation du lait..... | 31 |
| Figure 12 : photographie de yaourt après l'étuvage | 32 |
| Figure 13 : la détermination du PH du lait fermenté additionné avec farine de caroube au cours de la période de post acidification | 32 |
| Figure14 : détermination d'acidité Dornic de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 33 |
| Figure15 : la détermination de la viscosité de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 33 |
| Figure 16 : préparation des dilutions..... | 34 |
| Figure 17 : photographie (A), (B), (C) ; le dénombrement des germes <i>Streptococcus thermophilus</i> et <i>lactobacillus bulgaricus</i> dans le lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période d'acidification..... | 35 |

| | |
|---|----|
| Figure18 : Evolution moyenne du PH du lait fermenté additionné avec farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 38 |
| Figure19 : Evolution moyenne de l' acidité Dornic de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 39 |
| Figure20 : Evolution moyenne de la viscosité de lait fermenté additionné par la farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 40 |
| Figure21 : Evolution du nombre moyenne des germes <i>Streptococcus thermophilus</i> dans le lait fermenté additionné par la farine de caroube au cours de la période de post acidification | 41 |
| Figure22 : Evolution du nombre moyenne des germes <i>Lactobacillusbulgaricus</i> dans le lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification..... | 42 |
| Figure23 : Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de yaourt préparés..... | 44 |

Liste des abréviations

DPPH : 2,2- Diphényl-1-picrylhydrazyl

FAO : food and Agriculture Organization of the United Nations

D°: degré dornic

C°: degré Celsius

%: Pourcentage

St: *Streptococcus thermophilus*

Lb: *Lactobacillus bulgaricus*

MRS: Man Rogosa Sharpe

M17: Gélose de Terzaghi

NaCl: Chlorure de sodium

NaOH: Hydroxyde de sodium

g : Gramme

UFC : unité Formant Colonie

2St/ 1Lb : rapport de souches ensemencées

K : atome de potassium

Ca : atome de calcium

Mg : atome de magnésium

Na : atome de sodium

Cu : atome de cuivre

Fe : atome de fer

Ma : atome de manganèse

Zn : atome de zinc

Résumé

Dans ce travail, nous sommes intéressés à l'étude de l'utilisation de la farine de caroube dans la fabrication des laits fermentés (type yaourt) pour but de diversifier les produits laitiers et plus précisément créer d'autre type de yaourt, qui peut répondre aux exigences de marché. En vue d'étudier l'effet de la farine de caroube (avec différents taux (0.5%, 1% et 2%)) sur les qualités physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques au cours de la période de post-acidification.

Généralement, au cours de toute la période post-acidification la qualité des laits fermentés expérimentaux est variée selon le taux d'incorporation de la farine de caroube.

Cependant les meilleurs résultats obtenus par rapport au témoin 0% sont enregistrés dans le lait fermenté à 2% de farine de caroube soit des résultats moyennes respectives $\text{pH}=4,42$, acidité dornic 88°D et viscosité 13.11m/s par rapport au témoin qui est de $\text{pH}=4,23$, acidité dornic 64.66°D et viscosité 7.73 m/s . Les résultats microbiologiques montrent un développement marqué des souches *Lactobacillus bulgaricus* par rapport au *Streptococcus thermophilus* durant cette période.

En ce qui concerne l'évaluation des caractéristiques organoleptiques le goût est généralement acceptable.

Mots clés : Yaourt étuvé, lait fermenté, farine de caroube, post-acidification.

Abstract :

In this work, we are interested in studying the use of carob flour in the production of fermented milk (yoghurt type) aims to diversify dairy and specifically creates another type of yoghurt, which can meet the market requirement. In order to study the effect of carob flour (with different rate 0.5%, 1% et 2%) on physico-chemical properties, microbiological and organoleptic during the post-acidification period.

Generally, during all the post-acidification period the quality of experimental fermented milks and varies the rate of incorporation of the carob flour.

However the best results compared to the control (lot 0%) are recorded in fermented milk to 2% carob flour in the respective results mean $\text{pH}=4,42$, dornic acidity 88°D and viscosity 13.11m/s against $\text{pH}=4,23$, dornic acidity 64.66°D and 7.73 m/s in terms of viscosity. Microbiological results show a marked development of strains *Lactobacillus bulgaricus* compared with *Streptococcus thermophilus* during this period.

It regards the evaluation of the characteristics taste was generally acceptable.

Keywords : fermented milk, carob flour, post-acidification pH, Dornic acidity, viscosity, *L.bulgaricus*, *S. thermophilus* , organoleptic.

Sommaire

Partie I : SYNTHÈSE BIBLIOGRAPHIQUE

Introduction

Chapitre I : Généralité sur la caroube

| | |
|---|----|
| 1. Historique..... | 1 |
| 2. Etymologie..... | 2 |
| 3. Biologie du caroubier..... | 3 |
| 4. Description de caroubier..... | 3 |
| • Arbre..... | 3 |
| • Floraison..... | 3 |
| • Feuille..... | 4 |
| • Fruit..... | 4 |
| • Graine..... | 4 |
| 5. Culture..... | 5 |
| 6. Composition chimique de la caroube..... | 5 |
| • farine de gousses | 5 |
| • farine de germe..... | 6 |
| 7. Composition biochimique de farine de caroube | 7 |
| 8. Distribution géographique du caroubier..... | 7 |
| 8.1. Caroubier dans le monde..... | 7 |
| 8.2. Caroubier en Algérie..... | 7 |
| 9. Production du caroubier | 9 |
| 10. Intérêts et utilisations du caroubier | 10 |
| a. Arbre..... | 10 |
| b. Fruit | 10 |
| c. Pulpe | 10 |
| d. La graine..... | 11 |
| 11. Caroube dans l'agroalimentaire | 11 |
| 12. Effets sur la santé..... | 11 |
| | |
| Chapitre II : Généralité sur le yaourt | |
| I. Historique | 12 |
| 1. Définition | 12 |

| | |
|---|----|
| 2. Classification des différents types de yaourts..... | 12 |
| 2.1 Selon la texture..... | 12 |
| 2.2 Selon la teneur en matières grasses..... | 13 |
| 2.3 Selon le goût..... | 14 |
| 3. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt | 14 |
| 3.1 <i>Streptococcus thermophilus</i> :..... | 14 |
| 3.2 <i>Lactobacillus bulgaricus</i> :..... | 14 |
| 4. Intérêt et fonction des bactéries du yaourt | 15 |
| 4.1 Production d'acide lactique | 15 |
| 4.2 Activités protéolytiques..... | 16 |
| 4.3 Activité aromatique | 16 |
| 4.4 Activités texturantes..... | 16 |
| 5. Fabrication du levain | 17 |
| 5-1 conservations des levains lactiques | 17 |
| 5-2 Rôle et propriétés des levains lactiques..... | 17 |
| 5-3 Symbiose entre les souches de yaourt..... | 17 |
| 6. Fabrication de yaourt | 19 |
| 6.1 Préparation de lait | 19 |
| 6.2 Pasteurisation | 19 |
| 6.3 Refroidissement | 19 |
| 6.4 Ensemencement | 19 |
| 6.5 Conditionnement | 19 |
| 6.6 Incubation (fermentation) | 20 |
| 6.7 Arrêt de fermentation | 20 |
| 6.8 Conservation..... | 22 |
| 7. Intérêts nutritionnels du yaourt | 22 |

Chapitre III : les agents de texture

| | |
|---------------------------------------|----|
| 3. Introduction | 23 |
| 1. Définition de la texture..... | 23 |
| 2. Phénomène de la gélification | 23 |
| 2.1 Définition de gel..... | 24 |
| 2.2 Classification des gels..... | 24 |

| | |
|--|----|
| 2.3 Obtention d'un gel..... | 24 |
| 3. Les agents végétaux de la texture..... | 25 |
| 3.1 Polysaccharides | 25 |
| 3.1.1 Pectines..... | 26 |
| 3.1.1.2 Principales utilisations des pectines..... | 26 |
| 3.1.2 Amidon..... | 26 |
| 3.1.2.1 Sources d'amidon | 27 |
| 3.1.2.2. Structure chimique | 27 |
| 3.1.2.3 Amidons modifiés | 27 |
| 3.1.2.4 propriétés des amidons modifiés | 28 |
| 3.1.2.5 Principales utilisations des amidons..... | 28 |
| 3.1.2.6 Interaction amidon-autre constituants du yaourt..... | 28 |
| 3.1.3 Autres polysaccharides de texture | 28 |

PARTIE II : METHODOLOGIE

Matériel et méthode

| | |
|---|----|
| Objectif | 30 |
| I. Matériel végétal..... | 30 |
| I.1 Préparation de matériel végétal..... | 30 |
| I.2 Préparation des levains | 31 |
| I.3 Technologie de fabrication de yaourt | 31 |
| I.3.1 Ensemencement des levains et la farine de caroube | 31 |
| I.3.2 Etuvage | 32 |
| I.3.3 Refroidissement | 32 |
| I.3.4 Conservation | 32 |
| II. Analyses physico-chimiques | 32 |
| II.1 Mesure de pH | 32 |
| II.2 Mesure de l'acidité Dornic | 33 |
| II.3 Mesure de la viscosité dynamique | 33 |
| III. Analyses microbiologique du yaourt | 34 |
| III.1 Dilution en cascade | 34 |
| III.2 Dénombrement de la flore lactique..... | 34 |
| III 2-1 <i>Streptococcus thermophilus</i> | 34 |
| III 2-2 <i>Lactobacillus bulgaricus</i> | 34 |

| | |
|----------------------------------|----|
| IV. Test organoleptique | 35 |
| • Goût acide | 35 |
| • Cohésivité | 35 |
| • Odeur | 35 |
| • Couleur | 35 |
| • Gout sucre | 35 |
| IV. Traitement des données | 35 |

Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| 1-Evolution moyenne du PH, acidité et la viscosité | 37 |
| a. PH | 37 |
| b. Acidité dornic..... | 38 |
| c. Viscosité | 39 |
| 2- Evolution du nombre moyenne des souches spécifiques des laits fermentés expérimentaux..... | 40 |
| a. <i>Streptococcus thermophilus</i> | 40 |
| b. <i>Lactobacilus bulgaricus</i> | 41 |
| 3-Les tests organoleptiques | 43 |
| 3.1. Goût | 43 |
| 3.2. Cohésivité | 43 |
| 3.3. Adhésivité | 43 |
| Conclusion | 45 |

Introduction

La croissance de la population mondiale et l'augmentation du niveau de vie exigent approvisionnement accru des denrées alimentaires. Celui-ci peut être obtenu non seulement par une augmentation de la production, mais également par une amélioration de la protection et de la conservation des aliments et par l'emploi des meilleures techniques de traitement, de pair avec les progrès de la technologie alimentaire. Ces méthodes impliquent une utilisation accrue des additifs alimentaires.

C'est le cas de l'industrie laitière qui génère tout le temps des nouveaux produits alimentaires à l'instar des laits fermentés.

On désigne sous le nom de laits fermentés. Des laits coagulés grâce au développement de germes particuliers qui transforment le lactose en acide lactique, donnant au lait des qualités digestives et rafraichissantes (**Lasnet et lanty, 1974**).

En plus d'être apprécié pour son goût, sa texture et sa fraîcheur, le yaourt présente une grande teneur en calcium, protéine, lipides, glucides, phosphate et vitamine.

Les recherches réalisées au laboratoire ont poussées à utiliser des additifs alimentaires dont le but est la rentabilité du produit, ils peuvent allonger la conservation ou modifier leur qualité organoleptique.

Néanmoins leur usage dans les aliments doit être effectué d'une manière autorisée par la législation de telle sorte à ne pas affecter la santé humaine.

L'objectif principal de notre étude expérimentale est d'optimiser les différents paramètres intervenants dans la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt étuvé lors d'incorporation des taux différents de farine de caroube.

1. Historique

Le caroubier dont l'origine semble être l'Est de la méditerranée est domestique depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de 2000 ans avant J.C. (**Battle et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003, Berrougui, 2007**). Il était connu dans le proche uOrient et les îles de la Méditerranée. En Egypte les pharaons ont utilisé la farine du fruit pour rigidifier les bandelettes des momies (**XVII^e Siècle avant J.C**).

Le caroubier a d'abord été propagé par les grecques, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce et en Italie, en Espagne et au Portugal, ensuite il a été introduit en Amérique du Sud, du Nord et en Australie par les Espagnols, actuellement le caroubier se trouve aussi aux Philippines, en Iran, en Afrique du sud et en Inde (**Berrougi, 2007**).

En Espagne, et dans d'autres pays méditerranéens, elle est utilisée comme substitut du cacao pour la fabrication du chocolat (dont elle a un peu le goût). En Tunisie et en Egypte, notamment, on tire de la pulpe des caroubes un sirop et on fait des boissons désaltérantes très appréciées (**Rejeb, 2006**).

En Algérie, la farine de caroube est utilisée pour faire du couscous ; aux Etats- Unis, mélangée à la farine de blé, elle donne un pain très recherché (**Rejeb, 2006**).

2. Etymologie

Le mot « caroubier » venant de l'arbre *al kharoube* ; est connu sous le nom scientifique de *Ceratonia siliqua* L. qui désigne en grec *keratia* (Ceratonia) signifiant petite corne et le nom d'espèce *siliqua*, désigne en latin une siliqua ou gousse. Il est aussi appelé Carouge, pain de saint Jean-Baptist, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (**Battle et Tous, 1991**)... Cette espèce appartient au genre *Ceratonia* de la sous-famille des *caesalpinioïdeae*, de la famille des *Fabaceae* (légumineuses), qui fait partie de l'ordre des Fabales (rosales), classe des *Magnoliopsida* (**Boudy, 1950**). C'est l'unique parmi les césalpinées vivant à l'état su-spontané au sud de l'Europe (**Gharnit, 2003**).



Figure1 : Illustration des feuilles de caroubier, de la caroube et ses graines (**THOME, 1985**).

3. Biologie du caroubier

Le caroubier est un arbre ou arbuste sclérophylle sempervirent, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte. Son bois de couleur rougeâtre est très dur. Le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (**Boudy, 1950 ; Rejeb et al., 2006 ; Ait chitt et al., 2007**).

C'est un arbre dioïque de la famille des Fabacées, originaire des régions méditerranéennes (Îles Canaries, Afrique du Nord, Proche-Orient ; Europe méridionale). Cette essence thermophile a été largement répandue par la culture et se plaît sur des pentes arides. Elle est cultivée pour son fruit.

Tableau01 : Classification de caroubier (**Queezel et Santa, 1962**).Taxonomie

| | |
|--------------------|-----------------------------|
| Règne | Plantas |
| Embranchement | Tracheobionta |
| Sous-embranchement | Angiospermes |
| Classe | <i>Magnoliopsida</i> |
| Sous-classe | Rosidae |
| Ordre | Fabales |
| Famille | Fabaceae |
| Genre | <i>Ceratonia</i> |
| Espèce | <i>Ceratonia siliqua</i> L. |

4. Description de caroubier

- **Arbre**

Le caroubier est un arbre dioïque et parfois hermaphrodite, dont on distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites) qui sont portées sur différents pieds. Initialement les fleurs sont bisexuées, mais durant le développement de la fleur (ontogénèse florale), il y a suppression d'un sexe (**Rejeb, 2008 ; Konaté et al., 2007**).

- **Floraison**

La floraison a lieu de août à novembre et la maturation à la fin du printemps de l'année suivante (**Batlil et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003**).

- **Feuille**

Les feuilles de *Ceratonia*, de 10 à 20 cm de longueur, sont persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elle composées de 4 à 10 folioles, avec ou sans foliole terminale. Les folioles ont de 3 à 7 cm de longueur, de forme ovale ou elliptique, opposées, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (**Rejeb et al., 2006 ; Batlle et Tous, 1997, Ait Chitt et al., 2007**). Le caroubier perd ses feuilles tous les deux ans, au moins de juillet. Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur (**Aafi, 1996 ; Gharnit, 2003**).

- **Fruit**

Le fruit du caroubier, appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1.5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2.5 cm d'épaisseur. La gousse est composé de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieure par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines (**Rejeb, 2008 ; Ait Chitt, 2007**).

Le fruit du caroubier est composé de l'écorce, la pulpe et graine qui ont des usages différent :

- ✓ L'écorce pour l'alimentation du bétail
- ✓ La pulpe pour la préparation d'alcools, de farine de caroube et de chocolat (substitut de cacao)
- ✓ La graine est transformée en gomme alimentaire (préparation de sauces, fromage, nappage, glaces, aliments pour chiens et chats) et en produits pharmaceutiques (médicaments cardio-vasculaires).

Le développement du fruit est lent et nécessite généralement entre 9 à 10 mois pour arriver à maturité et donner un fruit brun foncé à noir entre juillet et septembre (**Ilhi et Vardar, 2006 ; Rejebal, 2008 ; Batle et Tous, 2008**).

- **Graines** : les graines de caroube sont brunes, de forme ovoïde aplatie, biconvexes et très dures. Elle séparées les unes des autres par des cloisons pulpeuses. On en compte de quinze à vingt par gousse. La pulpe jaune pâle contenue dans les gousses est farineuse et sucrée à maturité. Comestible, au goût chocolaté, elle est parfois consommée dans les pays pauvres.

La taille et le poids de ces graines étant assez réguliers, elles ont servi d'unité de mesure dans l'antiquité. Leur nom est à l'origine du carat (emprunté à l'arabe « qirat », qui représentait le poids d'une graine de caroube, fut chez les Romains le nom d'une unité valant 1/6 de

scrupule. En Allemagne, les graines de caroube torréfiées sont utilisées en substitution du café. On peut aussi sucer les graines comme des bonbons (Rjebal, 2008)...

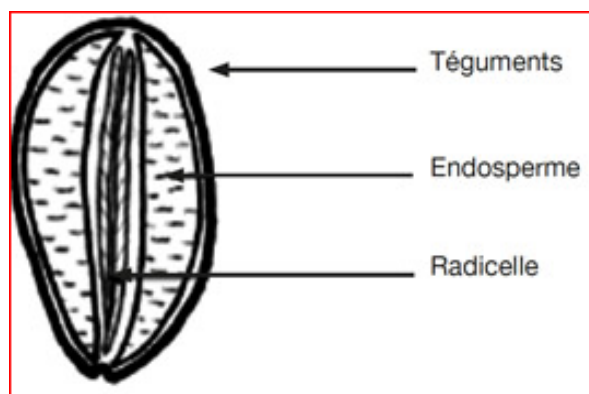


Figure2. Coupe transversale d'une graine de caroube (DAKIA et al ;2008).

5. Culture

Le caroubier ne résiste pas au froid (0°C minimum). Le caroubier femelle doit être pollinée par arbre mâle pour donner vers l'âge de 15 ans des fruits comestibles et sucrés (en septembre/octobre) : les caroubes. Un arbre en pleine production peut fournir entre 300 et 800 kg de caroubes par an (Gharnit., 2003).

6. Composition chimique de la caroube

Tableau2 : composition chimique de la caroube (Biner et al., 2007).

| La pulpe 90% | La graine 10% |
|--------------------------------|--|
| Glucides 48 à 72% | L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-33% |
| Protéines 1 à 2% | |
| Matières grasses 0,5 à 0,7% | |
| Cellulose et hémicellulose 18% | L'endosperme (albumen) 42-46% |
| Minéraux (Ca, Mg, k, P) | L'embryon (germe) 23-25% |
| Pectines et fibres 4,2 à 9,6% | |
| Cendres 1,5à 2,4% | |
| Polyphénols 16à 20% | |

7. Composition biochimique de farine de caroube

- farine de gousses

La farine de gousses est acclamée comme un ingrédient d'une valeur nutritionnelle marquée en raison de ses niveaux élevés de fibres alimentaires (DF) et de composé phénoliques (Owen et al., 2003., Haber et Galensa, 2004).

Cette farine est composée de 48 à 56 % de sucre totaux, 32 à 38% de sucrose, 5 à 6 % de glucose, 5 à 7% de fructose, 18 à 20% de tannins, 18% de polysaccharides non aminés, 0.3 à 0.6% de lipides et 7 % de protéines. Elle contient aussi des acides aminés essentiels, à savoir (par 100g de matière sèche) : Isoleucine 0.209 g, Leucine 0.442g, lysine 0.196g, Méthionine 0.081g, Phénylalanine 0.151g, Thréonine 0.271g, Tryptophane 0.048g, Valine 0.446g (**Owen et al., 2003., Herber et Galensa, 2004**).

- **farine de germe**

L'analyse chimique de la farine de germe de caroube a montré la composition suivante : 8.3% humidité, 6.5% de cendre, 6.6% lipides (neutre et polaire) contenant 21% lipides polaires, 54.7% protéines brunes à une valeur énergétique de 17.5 KJ/g.

Des acides aminés essentiels sont aussi présents en quantités intéressantes. A l'exception d'une faible teneur en tryptophane, les acides aminés soufrés (cystéine et méthionine) ont été détectés (**Darkia et al., 2006**).

La farine de germe de caroube contient une forte teneur en protéines, près de 50% avec une teneur élevée en lysine et d'arginine. Elle est utilisée dans l'alimentation humaine diététique (**Daria et al., 2007**) ou comme un ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales et est conseillée aux personnes souffrant de maladies coeliaque (**Feillet et Routlands, 1998**).

La teneur en protéines de la farine de germe de caroube obtenue à partir de graines est plus élevée que celles observées chez d'autres végétaux, comme la fève (*vicia faba L*), le pois (*Pisumstivum*) et le soja (**Glycine max. Merr**). (**Marcone et al., 1998**) ont calculé seulement 18.83% ET 34.35% de protéines dans les germes des graines de pois et de soja, respectivement. (**Maza et al., 1989**) ont déterminé une valeur de 48.9% en protéines pour la farine de germe de caroube dégraissée.

8. Distribution géographique du caroubier

8.1. Caroubier dans le monde

Selon **Hillcoat et al (1980)**, le caroubier est étendu, à l'état sauvage, en Turquie, Chypre, Syrie, Liban, Israël, Sud de Jordanie, Arabie, Tunisie et Lybie avant d'atteindre l'Ouest de la méditerranéen. Il a été disséminé par les grecs en Grèce et en Italie et par les arabes le long de la cote Nord de l'Afrique, au Sud et à l'Est de l'Espagne. Lors, il a été diffusé au Sud du Portugal et au Sud-est de France.

Figure : Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (**Battle et tous, 1997**).

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du sud, aux Etats Unis (Fig.4) (**Arizona, Californie du Sud**), aux Philippines et en Iran (**Evre inoff, 1947 ; dans Battle et**

tous, 1997). Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (**Mitrakos, 1981**). En effet, l'espèce *C. oreothauma* qui semble être plus sensible au froid a une répartition restreinte et limitée seulement à Omane et au Somalie (Hillcoat et al., 1980). Dans les zones basses méditerranéennes (0-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une dans l'ensemble du pays jusqu'à 1150m d'altitude à l'exception des zones très arides (**Emberger et Maire, 1941 ; Meto et sauvage, 1955 ; Quezel et Santa, 1962 /63 ; Guinochet et Vilmorin, 1984**). Il est rencontré dans la Rif occidentale et orientale, le pré-Rif, le Rhard, le Sais, l'Anti Atlas, le Haut Atlas septentrional et le plateau Central (**Aafi, 1996**). Les peuplements de caroubier s'intègrent dans l'ordre d'englobe des groupements de matorrals arborés claires ou arbustifs et qui sont soit naturels soit introduits en tant qu'essences régénératrices de forêts.

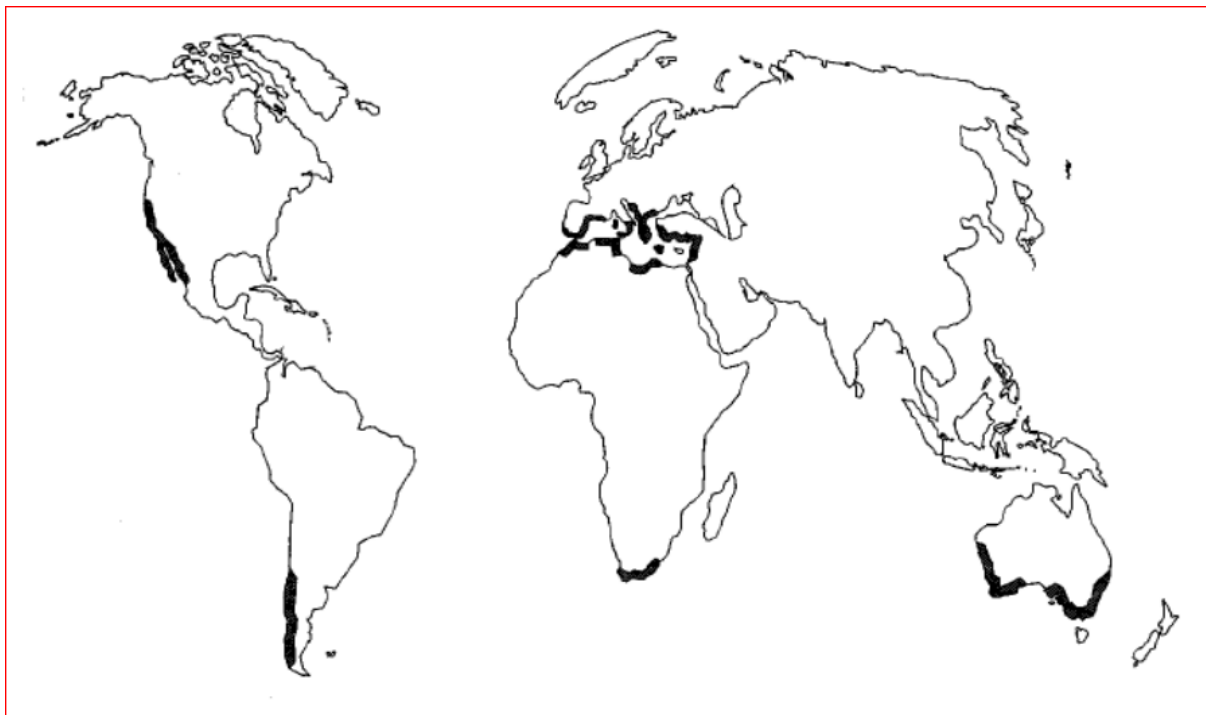


Figure03 : Centre d'origine et distribution de caroubier dans le monde (**Battle et Tous, 1997**)

8.2. Caroubier en Algérie

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans l'Atlas Saharien et il est commun dans le tell (**Quezel et Santa, 1962**). On le trouve à l'état naturel en association avec l'ammandier, *Olea Eupea* et *Pistacia Atlantica* dans les étages semi-arides chauds, subhumides, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80mm à 600 mm/an (**Rebour, 1998**).

Suivant ces critères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (**Figure4**). Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grand-Kabylie et Petit-Kabylie, vallée de la sommam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures (1054 ha). Il descend jusqu'à Bou-saâda, mais n'y port pas de fruit, et dans la zone de Traras ou Nord de Tlemcen (276 ha) (**Lavallée., 1962 ; Zitouni. ; 2010**).

Suivant ces caractères climatiques ; on a établi l'aire de répartition du caroubier en Algérie (**figure4**). Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et Petite-Kabylie, vallée de la Sommam (1074ha) et de l'Oued-Isser, colines D'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bone, Mitidja et les vallées intérieures (1054). Il descend jusqu'à Bou-Saada, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276ha) (**Lavallée, 1962 ; Zitouni, 2010**).

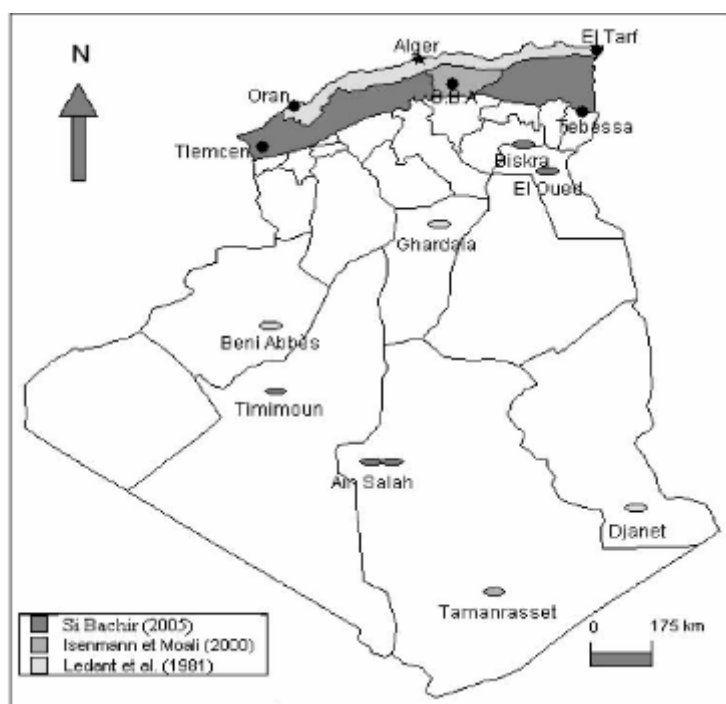


Figure4 : Distribution du caroubier en Algérie suivant les domaines bioclimatique (A.N.R.H, 2004).

9. Production du caroubier

Selon les données du **FAOSTAT (2010)**. L'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 102939ha (**tableau3**). La plus grande superficie, 8357ha est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 1000ha pour l'Algérie et 13460ha pour les pays d'Afrique du Nord.

La production mondiale de caroube est estimée à 191355.64 tonnes. Elle est essentiellement concentrée en Espagne, Italie, Maroc, Portugal, Grèce, Turquie, suivie de Chypre, Algérie, Liban, et en dernier la Tunisie (**Tableau4**).

Tableau3 : Superficie occupée par le caroubier (**FAOSTAT2010**).

| Pays | Superficie (ha) en 2004 | Superficie (ha) en 2008 |
|-----------------|-------------------------|-------------------------|
| Algérie | 1066 | 1000 |
| Afrique de Nord | 13526 | 13460 |
| Europe | 92218 | 83574 |
| Monde | 112711 | 102939 |

Tableau4 : production mondiale de caroube (**FAOSTAT2010**).

| Pays | Production en tonnes (2004) | Production en tonnes (2008) |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|
| Espagne | 67000 | 72000 |
| | | |
| Italie | 24000 | 31224 |
| Maroc | 40000 | 25000 |
| Portugal | 20000 | 23000 |
| Grèce | 19000 | 15000 |
| Turquie | 14000 | 12100 |
| Chypre | 7000 | 3915 |
| Algérie | 4600 | 3600 |
| Liban | 3200 | 2800 |
| Tunisie | 1000 | 1000 |
| Monde | 182680 | 191167 |

Durant le siècle dernier, la production mondiale de caroube a connu une chute dramatique, elle est passé de 650.000t en 1945 (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969**) à 310.000t en

1997. La grande perte a été enregistrée en Espagne où la production a chuté de 400.000t en 1930 à 150.000t en 1990 (MAPA, 1994).

Selon **Battle (1997)**, la régression accusée dans la production de caroubier a été principalement liée à la baisse des prix et aux programmes du développement des zones côtières au dépend des plantations de caroubier.

On remarque qu'en Algérie la production de caroube ainsi que la surface cultivée ont baissé par rapport aux données enregistrées en 2004, car il n'est plus utilisé comme plante fourragère pour l'aliment de bétails au profit de l'orge et c'est dû à son coût élevé et son rendement lent (10 à 15 ans après sa plantation).

10. Intérêts et utilisations du caroubier

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racines) sont utiles et particulièrement le fruit.

a. Arbre

En raison de sa rusticité et de son adaptation aux contraintes de l'environnement, le caroubier est souvent utilisé, pour le reboisement des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Boudy, 1950 ; Rejeb, 2006 ; Biner et al., 2007**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (**Battle et Tous, 1997**)

b. Fruit

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employé depuis longtemps, comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**). Elle est utilisée dans l'industrie alimentaire humaine, grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques. Elle est également employée pour la production d'alcool (éthanol), d'acide citrique et comme substituant du cacao pour la fabrication de chocolat, car elle ne contient ni caféine ni théobromine (alcaloïdes). La farine de pulpe entre dans la composition de plusieurs aliments comme, les biscuits, les farines lactées... (**Rejeb et al., 2006 ; Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dokia et al., 2007**).

c. Pulpe

En pharmacopée traditionnelle, la pulpe est utilisée contre la diarrhée et pour le traitement de certaines maladies la gastrite, l'entérite, les angines, les rhumes, le cancer... (**Crosi et al., 2002 ; Gharnit, 2003 ; Ait Chit et al., 2007**).

d. La graine

Tous les conditions de la graine du caroubier (tégument, endosperme et cotylédon), jouent un rôle industriel et médicale important, mais la gomme (endosperme) reste la plus importante, puisqu'elle est utilisée, comme agent stabilisateur, gélifiant, fixateur dans différents domaines comme l'agroalimentaire (fromage, mayonnaise, salades...); la cosmétique (crèmes, dentifrices...), l'industrie pharmaceutique (médicaments, sirop...), la tannerie, le textile(Bttle et Tous, 1997 ; Biner t *al.*, 2007 ; Dakia et *al.*, 2007).

11. Caroube dans l'agroalimentaire

La caroube est utilisée de nos jours dans l'industrie agro-alimentaire comme additif (code E410) pour les glaces, les pâtisseries, les aliments diététiques (pas de gluten dans la caroube), notamment comme succédané de cacao. La caroube, contrairement à son homologue le cacao ne contient ni théobromine, ni caféine, deux alcaloïdes à l'action excitante sur l'organisme. Les graines de caroubier permettent de produire une gomme utilisée surtout dans l'industrie alimentaire, mais aussi dans d'autres applications industrielles (industrie de papier, textile, pharmacie, cosmétique, etc.).

12. Effets sur la santé

- ✓ La caroube, fruit du caroubier, consommée à raison de un par jour, a la réputation de combattre efficacement les hémorroïdes jusqu'à les faire disparaître définitivement. (Rejeb et *al.*, 2006).
- ✓ La caroube peut être prise comme complément alimentaire pour traiter les troubles intestinaux. Celle-ci contient ce que l'on appelle les tanins qui sont des anti-diarrhéiques très efficaces. Sa prise est indiquée lors des irritations des intestins, de l'acidité gastrique et des vomissements. La caroube est également conseillée chez les enfants en cas de constipation ou diarrhée. Ce produit ne contient pas de gluten ni de caféine, donc la caroube n'est pas un produit excitant. C'est ainsi que la caroube constitue un complément alimentaire intéressant pour l'organisme.
- ✓ La caroube défend l'organisme contre les divers troubles intestinaux et lui offre les protections nécessaires pour sa santé. Elle protège l'organisme en cas de maladies gastro-entériques et constitue un antitussif. Ce fruit qui est de fibres qui aide dans le régime amaigrissant. Elle constitue un bon complément alimentaire pour ses effets miraculeux de régulateurs intestinaux. La caroube n'agit pas seulement au niveau des appareils digestifs mais est un complément alimentaire nécessaire pour lutter contre la

perte de mémoire. Finie la mémoire qui flanche et voici la solution contre les fatigues mentales. Généralement, la prise de caroube comme complément alimentaire n'a pas d'effet secondaire (**Makris et Kefalas, 2010**).

- ✓ **Caromax** : une préparation industrielle à base de fibres de caroube a été retrouvée possédant un potentiel dans la réduction du taux de cholestérol et comme antioxydant. Une composante de la fibre de caroube, pinitol, un type d'inositol, est présente à environ un pour cent. Pinitol, a été démontré capable de réguler le glucose dans le sang (**Biner et al., 2007**).

I .Historique

Les laits fermentés sont préparés depuis une époque très lointaine en Asie centrale, dans les pays méditerranéens et dans la pluparts des régions d'élevage ou ils constituent un mode de protection et de conservation du lait grâce à l'abaissement de pH en même temps qu'ils sont un aliment apprécié pour sa saveur. Longtemps restés traditionnels, certains de ces produits connaissent depuis quelque années un développement considérable grâce d'une part, à l'intérêt qu'y trouvent les consommateurs sur le plant organoleptique, nutritionnel, voir 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 des puissantes compagnes publicitaires.

Ces produits présentent un grand intérêt dans les pays en développement en raison de leur acidité qui en fait des aliments hygiéniques, sans inconvénients pour les consommateurs intolérants au lactose. De plus, ils présentent une bonne valeur nutritionnelle, des qualités organoleptiques généralement très bien acceptés ainsi qu'une relative facilité de préparation et de distribution (**Keddar et Koubich, 2009**)

1. Définition

Le yoghourt ou le yaourt est un lait fermenté obtenu par la multiplication dans le lait de deux bactéries lactiques spécifiques associées : *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. Ces bactéries lactiques sont cultivées sur du lait préalablement pasteurisé, dans le but d'éliminer la plus grande partie ou la totalité de la flore microbienne préexistante. Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température, comprise entre 1 et 10°C, à l'exclusion de tout autre traitement thermique, il est alors prêt à être consommé » (**Luquet , 1990**)

2. Classification des différents types de yaourts

2.1 Selon la texture :

-Yaourt ferme : ce sont les yaourts en pots, selon **veisseyre(1997)** généralement des yaourts naturels ou aromatisés, dont la fermentation s'opère après la mise en pot à une température comprise entre 42 et 44°C dans le cas des yaourts sucrés, aromatisés, aux fruits, à la confiture, etc...l'apport des additifs se fait avant ou après le remplissage des pots (**Keddar et Koubiche, 2009**).

-**Yaourt brassé** : Ce sont les yaourts coagulés en cuve et brassés avant la mise en pot

-**Yaourt à boire** : leur texture est liquide

2.2 Selon la teneur en matières grasse

-**Yaourts maigres** : les yaourts renferment des teneurs en matières grasse inférieurs à 1%.

-**Yaourts ordinaires nature** : les yaourts renferment des teneurs en matières grasse 1% minimum.

-**Yaourt entiers** : les yaourts renferment des teneurs en matières grasses 3.5% (en pratique de 3 à 4.5%).

2.3 Selon le goût

-**Yaourts sucrés** : ils sont additionnés de saccharose à un taux variable de %.

-**Yaourt aux fruits, au miel, à la confiture** : ils subissent une addition inférieure à 30% de ces différents produits.

-**Yaourt aromatisés** : les produits contiennent des arômes naturels renforcés par un produit de synthèse.

3. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

3.1 *Streptococcus termophilus* :

Streptococcus termophilus est une Cocci, Gram positif, anaérobie facultative, non mobile. On la trouve dans le lait fermenté et les fromages, c'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante sensible au bleu de méthylène (0.1%) et aux antibiotiques. Elle est isolée éclusément du lait et du produit laitiers sous forme de coques disposées en chaîne de longueurs variable ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est du type homofermentaire (Affer, 2013)

Le rôle principal de *streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnus, arabinose et de mannose) (Affer, 2013)

3.2 *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, sporulée, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chainettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principale produit

final à partir des hexoses de sucre par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenté les pentoses.

Lactobacillus bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en Calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance d'environ de 42°C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement de qualité organoleptique et hygiénique du yaourt (Affer, 20013)

Ces deux bactéries tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relie au peroxyde l'hydrogéné (H_2O_2) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le system le plus efficace pour éliminer le peroxyde d'hydrogène est l'utilisation d'une enzyme, la catalase dont les bactéries lactiques sont déficientes. Ces dernières possèdent plutôt une peroxydase (pseudo catalase) qui est moins efficace que la catalase comme les bactéries lactiques n'éliminent pas facilement le peroxyde, elles sont dite micro-aérophile (Affer, 2013)

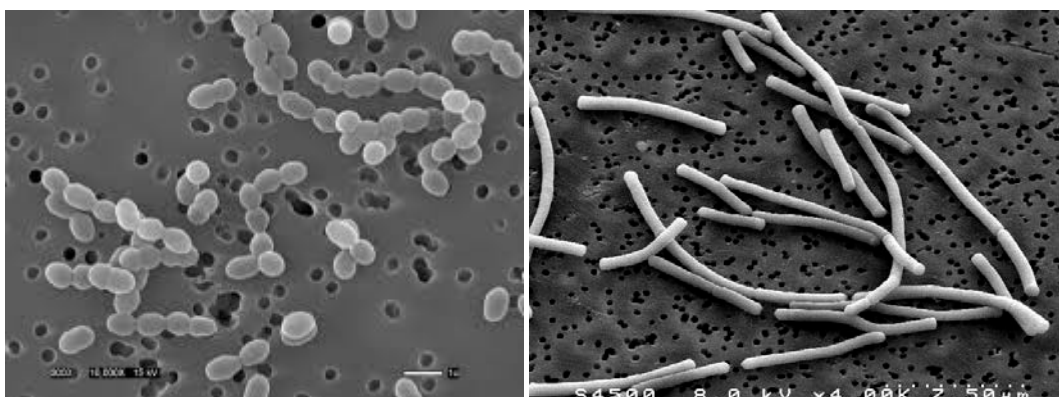


Figure05 : les bactéries lactiques de yaourt

4. Intérêt et fonction des bactéries du yaourt

4.1 Production d'acide lactique

Production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologies laiterie, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien. Le métabolisme est de type homofermentaire (production exclusif d'acide lactique).

L'acide du yaourt est communément exprimé en degré Dornic ($1^{\circ}D=0.1g/l$ d'acide lactique). Elle se situe entre 90 et 130°D (Tahar, 2013).

L'importance de l'acide lactique durant la fabrication du yaourt peut se résumer comme suit :

- Il aide à déstabiliser les micelles de caséine, ce qui conduit à la formation du gel.

- Il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt.

Intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (**Tahar, 2013**).

4.2 Activités protéolytique

Les bactéries lactiques sont dotées de protéolytique complexe par leur nature et leur location, car pour satisfaire leur besoin en acides aminés, elles doivent dégrader les protéines.

Elles possèdent des endopeptidases liées aux parois qui peuvent parfois être de type acide ou neutre, des exopeptidase également associées aux enveloppes cellulaires.

Le niveau de ces activités protéolytiques peut varier en fonction d'un certain nombre facteur physico-chimique ou génétiques.

La température de croissance et le pH du milieu sont également des facteurs physico-chimiques ou génétiques.

La température de croissance et le pH du milieu sont également des facteurs qui peuvent affecter le niveau de production d'enzymes.

(**Ghalem, 2014**)

4.3 Activité aromatique

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétérofermentaires, parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé (**Affer, 2013**).

4.4 Activités texturants

La texture et l'onctuosité constituant, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité de yaourt. Certaines souches bactériennes produisent à partir du glucose, des polysaccharides qui en ferment des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécanique et contribuent à la viscosité du yaourt.

L'augmentation de la viscosité du yaourt est généralement attribuée à la production d'exopolysaccharides (EPS) qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composé de rhamnase, rabinose.

Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercée par *Streptococcus thermophilus*. Mais d'après **Tamis (1999)**, *Lactobacillus bulgaricus* possèdent aussi une aptitude à produire les EPS composées surtout de galactose, glucose, rhamnase à des rapports 4/1/1 (**Ghalem, 2014**)

5. Fabrication du levain

Le levain étant utilisé plusieurs fois, le fabriquer est une solution économique. Cette technique est uniquement conseillée pour le producteur fermier qui fabrique des yaourts tous les jours en grande quantité (3000 pots cycle). Elle nécessite, pour être mise en œuvre avec succès, des compétences suffisantes et des équipements adaptés. En effet, les contraintes de travail sont fortes pour obtenir des ferments purs et pour ne pas introduire de microbe indésirable.

Le levain est préparé à partir de ferments « semi directs » achetés chez un fournisseur (sachet en poudre) mélangé avec du lait demi-écrémé stérilisé. Le producteur fermier doit disposer d'un local séparé, protégé du reste de l'atelier de laboratoire (fiolle, bain-marie, éprouvette, pH mètre, acidimètre) (Christine, 2010).

5-1 conservations des levains lactiques

Les ferments lactiques sont souvent conservés à une température inférieure à 10°C en état liquide dans le lait reconstitué après inoculation à 30°C pendant 16 à 18 heures ou à 42°C pendant 3 à 4 heures. Egalement ces bactéries peuvent être conservées par congélation dans l'azote liquide à (-196°C) ou par usage d'un cryoprotecteur comme le glycérol à (-40°C) (Ghalem, 2014)

5-2 Rôle et propriétés des levains lactiques

La première fonction des levains lactiques est d'assurer la fonction d'acide lactique à partir du lactose.

Les principales aptitudes demandées aux bactéries lactiques sont à des niveaux divers selon les produits) :

- Production d'acide lactique et abaissement du pH du milieu
- Production de substances aromatique (diacétyl, acétaldéhyde...etc.).
- production d'enzymes protéolytiques contribuant à l'affinage des fromages.
- Production des substances visqueuses améliorant la texture des produits.
- Abaissement du pH des milieux jouant un rôle de protection par inhibition des microorganismes nuisibles comme ceux responsables de la putréfaction (Ghalem, 2014).

5.3 Symbiose entre les souches de yaourt :

Les deux espèces, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* sont microaérophiles et vivent ensemble en symbiose dans le yaourt en produisant d'avantage d'acide lactique.

Pour se développer, ces bactéries ont besoins d'acides aminés et de peptides. Or, le lait n'en contient que de faible quantité permettant seulement d'assurer le démarrage de leur croissance.

Sauf que le *Lactobacillus bulgaricus* par son activité protéolytique, attaque les caséines du lait en libérant les peptides permettant au *Streptococcus thermophilus* de poursuivre sa croissance.

De plus le CO₂ issue de la décarboxylation de l'urée à un rôle stimulateur vis-à-vis des *Lactobacillus* (Driessen, 1982).

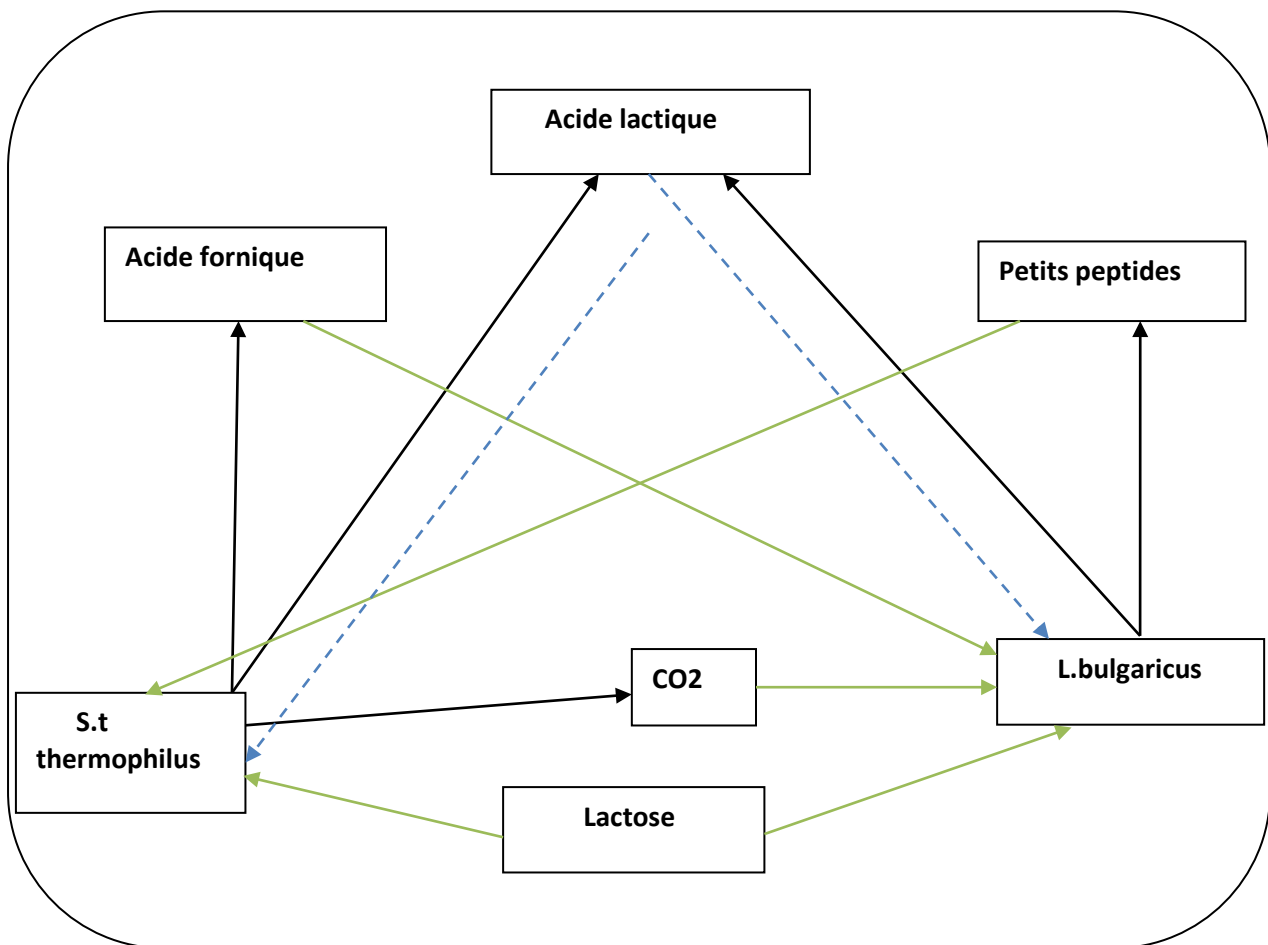


Figure06 : Métabolisme complémentaire de *streptococcus thermophilus* et de *lactobacillus bulgaricus* dans le lait.(Driessen, 19882)

6. Fabrication de yaourt

Il existe deux types de yaourts :

- **Yaourt fermes**, dont la fermentation a lieu en pots : ce sont généralement les yaourts nature et aromatisés.
- **Yaourt brassés**, dont la fermentation a lieu en cuve avant brassage et conditionnement : c'est le cas des yaourts veloutés nature ou aux fruits.

La fabrication de ces deux types de yaourts peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé (3.5% ; 1.0% ; 0.0% de Mg) (**Belkadi et Belmaaziz, 2015**).

6.1 Préparation de lait

Cette étape est facultative. On peut ajouter 2 à 3% de poudre de lait (20 à 30g par litre de lait) pour accroître la croissance et obtenir des yaourts bien fermes. Plus on ajoute de poudre de lait, plus le yaourt devient ferme. On choisira de la poudre de lait dans un endroit frais, sec et protégé (**Christine, 2010**).

6.2 Pasteurisation

La température de pasteurisation en cuve avec agitateur varie entre 90°C à 95°C pendant quelques secondes. Plus le lait est « sale » plus la température et le temps de pasteurisation seront importants (**Patrick et al., 2010**).

6.3 Refroidissement

Après chauffage, le lait est refroidi à 45°C cette température est maintenue lors de la fermentation (**Mechtoun, 2010**).

6.4 Ensemencement

C'est l'inoculation dans le lait des deux germes spécifiques du yaourt, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* à des rapports 2/1 pour le yaourt nature et jusqu'à 10/1 pour les yaourts fruités (**Luquet, 1990**). En outre, la répartition des germes doit être bonne et régulière dans le lait et l'activité du levain doit atteindre en fin d'incubation 85 à 90°D (**Guyot, 1992**).

6.5 Conditionnement

Le conditionnement des yaourts s'effectue dans deux types d'emballage, en verre ou en plastique. Ainsi, afin que l'opération suivante d'étuvage puisse démarrer dans les meilleures conditions, il est nécessaire de maintenir la température du lait en pots à 45°C (**Luquet, 1990**).

6.6 Incubation (fermentation)

Durant cette étape on assiste au développement de l'acidité du yaourt. Celle-ci est sous la dépendance de la température et la durée de fermentation des germesensemencés. Ainsi, il est préférable d'appliquer une température proche de cette optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* soit (42 à 45°C), plutôt que celle proche de l'optimum de *Lactobacillus bulgaricus* (47 à 50°C). On générale les *Streptocoques* assurent le départ de la fermentation lactique.

Cette température voisine de (42 à 45°C), est considérée comme étant la température symbiotique optimum entre les *Streptocoques thermophilus* et *Lactobacilles bulgaricus*(Luquet, 1990).

6.7 Arrêt de fermentation

Il est nécessaire des produits fines bloquet l'acidification des yaourts par l'application d'un refroidissement rapide à la température de 4 à 5°C ; ce qui inhibe l'activité des bactéries lactiques (Keddar et Koubich, 2009).

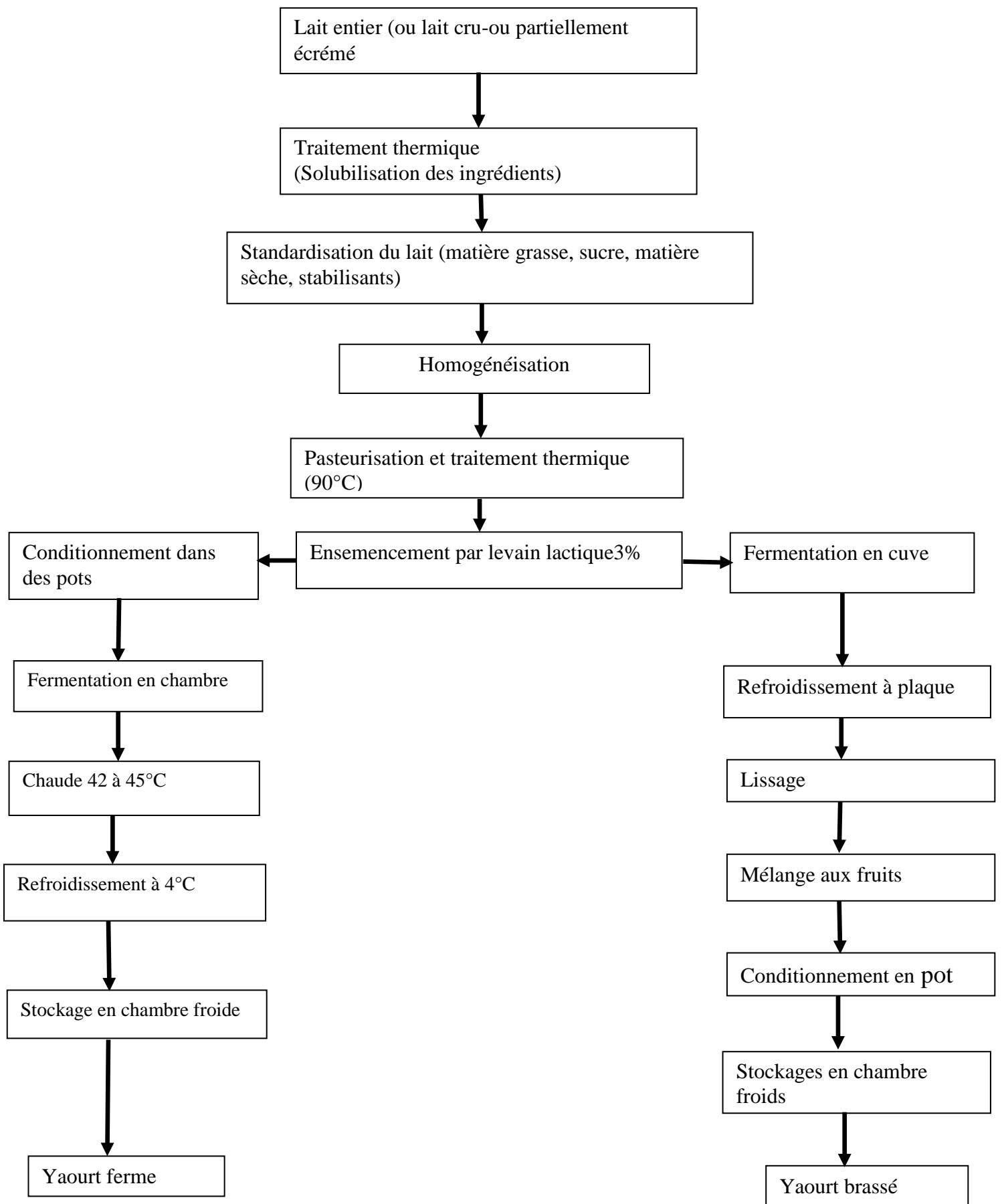


Figure 07 : diagramme de fabrication de yaourt ferme et brassé (Lmountagne, 1999)

6.8 Conservation

Le yaourt doit être conservé au réfrigérateur. Sa consommation doit intervenir avant la date de péremption figurant sur l'emballage (24 jours après la fabrication).

Lorsqu'un récipient est ouvert, il convient de consommer son contenu rapidement pour éviter l'installation de moisissures (**Dupin et al., 1992**).

7. Intérêts nutritionnels du yaourt

L'acide lactique est légèrement antiseptique. Cette acidité inhibe surtout le développement des germes pathogènes dans le tube digestif du consommateur.

De plus, l'acidité stimule les mouvements péristaltiques du tube digestif, facilitant l'élimination des micro-organismes pathogènes.

Streptococcus thermophilus semble aussi empêcher l'implantation de certaines bactéries pathogènes dans l'intestin telle que les salmonelles et les colibacilles. Cependant, les bactéries du yaourt ne s'implantent pas dans la flore intestinale, C'est pourquoi, pour maintenir leurs effets bénéfiques, un rapport régulier est nécessaire.

Les bactéries du genre *Lactobacillus* sécrètent du peroxyde d'hydrogène qui agit aussi comme un antiseptique.

Le yaourt est donc un aliment vivant qui, d'une façon générale, diminue les symptômes de dérangement intestinal (**Fredot, 2005**).

I. Introduction

La texture est souvent l'une des caractéristiques premières de la qualité d'un produit alimentaire appréciée par le consommateur et une source d'innovation. L'usage des polymères offre à la formulation de multiples possibilités de construire et de gérer la structure des produits par la création des réseaux gélifiés qu'ils permettent de mettre en place en milieu aqueux. Cela ne va pas sans une maîtrise conjointe des conditions de mise en œuvre, que ce soit :

- ✓ De l'environnement constitué par les autres éléments de la formulation (solvant, éléments dispersés...);
- ✓ Des paramètres de procédés mis en œuvre pour la fabrication ;
- ✓ Des conditions de conservation et d'usage (**Michon et al., 2012**).

En ce qui concerne la structure du produit final il faut discerner entre la consistance et viscosité. La consistance est particulièrement importante pour le yaourt nature non brassé et la viscosité l'est pour le yaourt nature brassé et pour le yaourt aux fruits (**Kurmann, 1967**).

En industrie alimentaire, il est d'usage d'ajouter aux mélanges à yaourt des agents stabilisants. Ces derniers ont pour but d'améliorer et de maintenir les caractéristiques désirées du produit final telles qu'une certaine fermeté, viscosité ou consistance, une texture adéquate et une sensation en bouche agréable. Les stabilisants généralement employés sont la pectine, la gélatine, les Carraghénanes, le Xanthane, les amidons modifiés ainsi que la gomme de caroube. Un des critères pour choisir le stabilisant est son effet sur le goût et l'arôme du yaourt. (**Gentère, 2007**).

1. Définition de la texture

La texture est habituellement définie comme l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit perceptible par les récepteurs sensoriels. (**Michon et al., 2012**)

D'après (**Culioli et al., 1996**), la texture est, avec l'aspect et la flaveur, une des composantes de la qualité organoleptique d'un aliment, elle constitue un critère de choix et détermine parfois le prix d'un produit.

2. Phénomène de la gélification

Les propriétés des macromolécules gélifiantes notamment celles de nature glucidique ont été depuis plusieurs années beaucoup étudiées, de nombreux chercheurs se sont

préoccupés de mécanisme de la gélification et des caractéristiques des gels obtenus (**Colonna et Thibault, 1986**). Chaque coagulant possède ses caractéristiques propres de sensibilité au pH, à la température, aux ions calcium (**Germonville, 2008**).

2.1 Définition de gel

Les gels sont souvent définis comme des liquides qui ne coulent pas à l'échelle de temps de leur utilisation. Ils présentent donc un comportement de solide élastique (viscoélastique) lorsqu'ils sont au repos. Ils se caractérisent non seulement par leur fermeté (mesurée dans des conditions non destructurantes) mais également par leurs propriétés à la rupture. (**Michon et al., 2012**).

De point de vue physicochimique, un gel se définit par sa structure microscopique comme un système diphasique constitué par un réseau macromoléculaire tridimensionnel de matière retenant une grande quantité d'eau (jusqu'à plus de 95% en masse le plus souvent) (**Michon et al., 2012 ; Colonna et Thibault., 1986**).

2.2 Classification des gels

Selon (**Michon et al., 2012**), on distingue :

- Les gels de polymères à chaîne étendue : connectés par des zones de jonction dont la nature dépend des espèces macromoléculaires mises en jeu.
- Les gels particuliers : réseaux formés par agrégation ou entassement de particules (gel particulaire). Chaque particule elle-même peut être constituée de polymère plus ou moins organisé en structure complexe (cas des micelles de caséines de lait, d'agrégats de protéines globulaires...).

2.3 Obtention d'un gel

L'état « gel » apparaît quand suffisamment de chaînes se sont associées pour former un réseau ou gel d'abord élastique. Au fur et à mesure que les chaînes s'organisent entre elles, le gel se contracte et exsude une partie de la phase liquide.

Alors, la gélification résulterait d'une compétition entre les interactions polymère-polymère dans les zones de jonction et les interactions polymère-eau dans les régions non organisées. (**Colonna et Thibault, 1985**).

3. Les agents végétaux de la texture

Le tableau, donne les différentes origines et sources d'agents végétaux de texture (Colonna et Thibaut, 1985)

Tableau05 : Origine et sources des agents végétaux de texture

| Source | Origine | | | |
|--------------------|-----------|--|------------------------------------|--|
| | Protéique | Polysaccharidique | | Obtenus par fermentation : Xanthane |
| Colza | | Extraits d'algues marines : | Extrait de plantes | |
| Soja | | Agar –Agar, Alginates | terrestres : | |
| Tournesol, etc. | | (Algues brunes), Carraghénanes, (Algues rouges) | Amidon, Caroube, Tara, Pectines | |

3.1 Polysaccharides

Le terme « polysaccharides » s'appliquera aux macromoléculaire de nature glucidique composées essentiellement d'oses liés par des liaisons glucidiques. Les polysaccharides sont des macromoléculaires qui dissolvent plus ou moins aisément dans l'eau pour aboutir à une augmentation importante de la viscosité et, dans certains cas, un effet gélifiant (**Doublier, 1986 ; Gentès, 2007**). Les polysaccharides peuvent être enchaînés, dans les macromolécules, sous forme linéaire (extraits d'algues), linéaire substituée (Galactomannanes, gomme Xanthane) ou branchée (gomme) (**Moll 1998**).

Les gels de polysaccharides, le plus souvent pulyanioniques, sont sensibles au pH et aux ions, de même que les gels de protéines globulaires (**Michon et al., 2012**). Ces polysaccharides qui ont une origine très variée présentent des fonctions identiques : rétention d'eau, structuration du milieu environnant, propriétés mécaniques et rhéologiques etc. (**Moll, 1998**).

Les polysaccharides sont largement répandus dans la nature puisqu'on les trouve dans les végétaux supérieurs et les algues où ils représentent plus de 75% du poids sec, dans les microorganismes et chez les animaux (**Colonna et Thibault, 1986**). Parmi les sources végétales utilisées pour la production de polysaccharides, les espèces comestibles sont plus adaptées pour les applications alimentaires (**hussein et al., 2011**)

3.1.1 Pectines

Les pectines sont des substances d'origine végétale. Ce sont des polysaccharides complexes que l'on retrouve principalement dans la lamelle moyenne et la paroi primaire des plantes supérieures. (**Combo et al., 2010**).

Elle fut nommée « pectines » du grec : pectose qui signifie rigide (**Habibi, 2004**). Les pectines sont abondantes dans les fruits et les légumes et évoluent avec la maturation des tissus. Bien qu'elles puissent être extraites d'un grand nombre de végétaux, les principales sources industrielles de pectines sont les marques de pomme et les écorces de citron et d'orange. (**Combo et al., 2010**).

3.1.1.1 Structure chimique

Les pectines sont constituées essentiellement par des résidus d'acide galacturonique (GalA) liés entre eux par des liaisons α -(1-4), partiellement acétylés ou estérifiés par des groupes méthyles (**Combo et al., 2010**). Au niveau structural, il existe trois groupes pectiques distincts : il s'agit des homogalacturonanes (ou HGA), des rhamnogalacturonanes – I (ou RG-I) et des Galacturonanes substitués (ou SG) (**Macquet, 2007**).

3.1.1.2 Principales utilisations des pectines

Des nombreuses recherches ont conduit au développement de nombreuses applications dans des domaines aussi différents que l'industrie cosmétique, plastique et pharmaceutique, mais l'utilisation la plus importante se situe dans l'industrie alimentaire où les pectines sont essentiellement utilisées comme agents de texture, gélifiants, stabilisants, et épaississants. (**Combo et al., 2010**). Les pectines sont peut de propriétés de gélification en raison du taux élevé d'acétylation. (**Novac, 2004**).

Les pectines ont également fait l'objet d'une attention particulière de la part des nutritionnistes. Elles sont en effet utilisées comme des fibres alimentaires et exercent des effets physiologiques sur tractus intentionnel ont réduite le temps de transit et l'absorption de glucose (**Combo et al., 2010**).

Les pectines amides sont également utilisées dans des laits gélifiés, aromatisés, lait cacaotés ou chocolatés (**Moll, 1998**).

3.1.2 Amidon

L'amidon est polysaccharides d'origine végétale composée d'unité glucose ($C_6H_{12}O_6$). Il est principale substance glucidique des réserves des plants supérieurs (**Wertz, 2010**)

L'amidon est ; après la cellulose, la principale substance glucidique synthétisée par les végétaux supérieures à partir de l'énergie solaire. Il constitue une source énergétique indispensable à l'alimentation des êtres vivants et de l'homme en particulier où la moitié de l'amidon produit industriellement et destinée à l'alimentation humaine (Wertz,2010 ; Malumba et al., 2011).

A l'état natif, l'amidon est insoluble dans l'eau froide et est constitué de granules dont la taille, la composition et les propriétés physico-chimiques et fonctionnelles dépendent de l'origine botanique. (Malumba et al., 2011).

L'utilisation d'amidon confère au produit fini un goût de céréale. (Gentès, 2007). Les dérivés d'amidon sont caractérisés en fonction de leurs groupements fonctionnels et des degrés de substitution moyens obtenus (Valeur DS) (Amidô et al., 1993).

3.1.2.1 Sources d'amidon

On le trouve stocké dans les organes de réserve des végétaux tels que céréales (30-70% de la matière sèche), les tubercules (60-90%) et les légumineuses (25 à 50%). Ce sont ces sources les plus importantes et certains fruits peuvent également être riches en amidon (Wertz, 2010 ; Malumba et al., 2011 ; Boursier, 2008).

3.1.2.2. Structure chimique

A l'état natif, les granules d'amidon sont des systèmes complexes comportant des phases cristallines constituées de doubles hélices d'amylopectine groupées densément, dispersées dans une phase amorphe discontinue riche en amylose située au niveau des ramifications d'amylopectine(Malumba et al., 2011).

La teneur en chacun des constituants est différente suivant l'origine de l'amidon (Wertz, 2010).

3.1.2.3 Amidons modifiés

D'après (Moll et Moll, 1998), les amidons « modifiés » sont obtenus à partir d'amidons « natifs » en les modifiant physiquement et chimiquement. Ces grammes modifiés sont de comportement : solubilité à l'eau froide, viscosité plus stable aux variations de pH et de température, meilleure tenue des gels et fluidité à chaud.

Les modifications de l'amidon ont été ensuite développées pour « corriger » les défauts des amidons natifs, c'est-à-dire pour les adapter aux besoins des industriels de l'alimentation et aux exigences des consommateurs. (Boursier, 2008).

Deux grands types de réaction peuvent être distingués :

- ✓ Réactions qui modifient la masse moléculaire du polymère : réactions de dégradation et réactions de réticulation ;

- ✓ Réactions qui modifient les propriétés (sans modification majeure de leur masse moléculaire) : réaction de stabilisation et réactions de fonctionnalisation. **(Boursier, 2008).**

3.1.2.4 Propriétés des amidons modifiés

L'évolution de la technologie alimentaire a conduit l'industrie à recherche des épaississants (amidons modifiés) ayant des propriétés spécifiques :

- Résistance au cisaillement ;
- Conservation de la viscosité en milieu acide ;
- Retard à l'épaississement (gélatinisation retardée) ;
- Transfert de chaleur en stérilisation. **(Fleche *et al.*, 1986)**

3.1.2.5 Principales utilisations des amidons :

D'après **Wertz(2010)**, L'amidon trouve dans les aliments de multiples fonction autant qu'épaississant, gélifiant, liant sous sa forme d'emplois d'amidon granulaire ou bien que matières sucrantes, liantes, support lorsqu'il est utilisé sous forme hydrolysé.

L'amidon est également utilisé dans de nombreux secteurs industriels non-alimentaires : la production papetière, l'industrie pharmaceutique, cosmétique, textile etc. Il est devenu également ces dernières année une matière première intéressante pour la production de matières plastiques biobasées et biodégradables ainsi que pour la production de bioéthanol, qui est un carburant utilisé les moteurs à essence.

3.1.2.6 Interaction amidon-autre constituants du yaourt

Les protéines laitières, les minéraux et les polysaccharides peuvent être en compétition avec l'amidon pour les molécules d'eau. Dans le yogourt, l'amidon, molécule neutre, ne semble pas interagir avec la matrice caséique, mais plutôt se comporter une molécule active liante et piégée dans les pores du réseau caséique. **(Gentés, 2011)**

3.1.3 Autres polysaccharides de texture

Le tableau, donne d'autre types de polysaccharides et leurs utilisations respectives.

Tableau06 : Les polysaccharides et leurs application (Colonna et Thibault., 1986)

| | Origine | Structure | Effet | Applications |
|----------------------|---|--|---|---|
| Guar | Graine de cyamopsis tetragonolobus | 1 Galactose pour 2 mannoses | Epaississant | Glaces et crèmes glacées ; sauces |
| caroube | De ceratonia siliqua ou carobier | 1 Galactose pour 4 mannoses | Epaississant | Gels désodorisants d'atmosphère. petfoods |
| pectines | Pulpes de betteraves, marc de pommes ; Ecorce de citruc, etc. | Acide polygalacturonique plus ou moins estérifié | Gélifiant | Produit laitiers Acides ; confiseries desserts laitiers ; confitures à faible teneur en extrait sec.... |
| Alginates | Algues brunes 5 ^E 401 à E405 selon le sel utilisé dont E401 : alginate de sodium | Acide mannuronique et acide guluronique | Epaississant - Gélifiant en présence de calcium et d'acide | Glaces et crèmes patisseries glacées ; produits cosmétiques ; floculation des eaux.... |
| Carraghénanes | Algues rouges(E407) | Galactose sulfaté et 3-6 anhydrogalactose | Gélifiant | Dessert ; sauces ; crèmes glacés ; dentifrices ; cosmétiques.... |
| Xanthane | Biopolymère sur substrat hydrocarboné, par xanthomonas campestris | Glucose, mannose et acide guluronique | Epaississant | Sauces et sauces salades ; dentifrice ; alimentation animale ; produits de nettoyage ; peintures |

Objectif

Le but de ce travail expérimental consiste à étudier l'effet de l'incorporation de la farine de caroube à différents taux dans un lait fermenté type yaourt sur les caractères physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques durant sa conservation.

I. Matériel végétal

I.1 Préparation de matériel végétal

Le fruit de *Ceratonia siliqua* provient de la région d'Ami moussa, située au Nord-est de la wilaya de Relizane, la récolte a été faite au mois d'Avril 2018.

Le fruit de caroube (pulpe et graine) a été lavée à l'eau, séchée dans une étuve à 45°C, concassé, broyé à l'aide d'un broyeur, la farine de caroube obtenue est ensuite tamisée puis stockée dans un bocal en verre.



A

Figure8 : Photographie des fruits (gousses) de caroubier.



B

C

Figure09 : (B) Photographie de la pulpe de caroube, (C) Photographie des graines de caroube.



D

Figure10 : (D) Photographie de la farine de caroubier (Originale, 2018)

I.2 Préparation des levains

Le lait destiné à la fabrication du levain est reconstitué à partir d'une poudre de lait écrémé à raison de (130g/l). Le lait est ensuite pasteurisé à 95°C durant 2 minutes, puis refroidi à 45°C. Ce lait a été réparti en deux échantillons de 500 et 250 ml. Le premier estensemencé avec 0,5 g de la souche lyophilisée pure de *Streptococcus thermophilus* et le second avec 0,25 g de la souche pure de *Lactobacillus bulgaricus*. Les deux échantillons ont été mélangés ensemble dans un bécher et étuvés à 45°C pendant 1 heure.

Le levain ainsi préparé avec un rapport de souches de 2 *Streptococcus thermophilus* pour 1 *Lactobacillus bulgaricus* (2S/1L) est incorporé dans les laits destinés à la fabrication des laits fermentés à un taux de 3% (3ml de levain dans 100 ml de lait).



Figure 11 : photographie de la pasteurisation du lait. (Originale, 2018)

I.3 Technologie de fabrication de yaourt

I .3.1 Ensemencement des levains et la farine de caroube

Le lait cru destinée à la fabrication des laits fermentés expérimentaux de type yaourt est un lait cru pasteurisé.

Les levains sontensemencés à raison de 3% dans des conditions aseptiques dans des pots contenant 100ml de lait expérimental préparé au préalable.

Au même temps, on effectue une incorporation de farine de caroube à des taux variables 0%, 0.5%, 1% et 2% (p/v).

I.3.2 Etuvage

Pour favoriser la croissance des bactéries lactiques durant la période de fermentation, les pots sont placés à l'étuve réglée à 45°C pendant 3 heures.



Figure 12 : photographie de yaourt après l'étuvage. (Originale, 2018)

I.3.3 Refroidissement

Pour arrêter la fermentation, le lait étuvé est immédiatement mis au réfrigérateur à une température de 6°C.

I.1.4 Conservation

Les yaourts obtenus sont stockés en frigo à température de 4 à 6°C durant toute la période de post-acidification arrêtée à 21 jours.

II. Analyses physico-chimiques

II.1 Mesure de pH

Le pH est déterminé à l'aide d'un pH-mètre étalonné. La valeur est lue directement sur l'écran de l'appareil (AFNOR, 1986).



Figure13 : la détermination du PH du lait fermenté additionné avec farine de caroube au cours de la période de post acidification (Originale, 2018)

II.2 Mesure de l'acidité Dornic

Cette analyse a pour but de doser l'acide lactique du yaourt avec la soude NaOH en présence d'un indicateur coloré du pH. L'acidité normale du yaourt est comprise entre 75 et 100°D.

Mode opératoire

Bien homogénéiser le contenu du pot de yaourt, on prélève avec une pipette, 10ml du yaourt déjà préparé, on y ajoute d'abord quelques gouttes de phénolphthaléine, puis petit à petit, une solution de NaOH à 0.5g/l et on effectue ainsi le dosage en surveillant le virage de la couleur. Au virage, on note le volume de NaOH versé qui lui fait correspondre de degré Dornic (Annexe1).

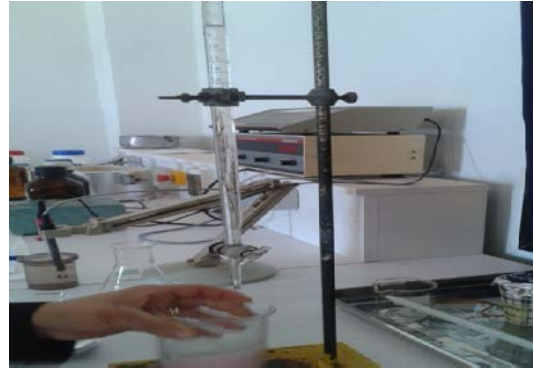


Figure14 : détermination d'acidité Dornic de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification (Originale, 2018)

II.3 Mesure de la viscosité dynamique

La viscosité est mesurée par l'utilisation d'un tube en verre de diamètre égale à 18mm et de longueur de 15cm équipé d'un chronomètre et d'une bille normalisée (Annexe 1).



Figure15 : la détermination de la viscosité de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification (Originale, 2018)

III. Analyses microbiologique du yaourt

III.1 Dilution en cascade

Afin d'analyser la microflore présente dans le yaourt, il faut d'abord effectuer des dilutions en cascade. Pour cela, il faut agiter vigoureusement le yaourt avant de l'ouvrir, pour le rendre plus liquide, on prélève 1ml de yaourt que l'on place dans des tubes stériles contenant 9 ml de l'eau physiologique pour chacun des tubes jusqu'à atteindre la dilution de 10^{-5} .



Figure 16 : préparation des dilutions (Originale, 2018)

III.2 Dénombrement de la flore lactique

2-1 *Streptococcus thermophilus*

Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « M17 » incubé à 42°C pendant 48 heures.

2.2 *Lactobacillus bulgaricus*

Le dénombrement des germes a été réalisé par culture d'une prise de dilution sur un milieu de culture sélectif « MRS » incubé à 42°C pendant 48 à 72 heures.



(A)

(B)

(C)

Figure17 : photographie (A), (B), (C) ; le dénombrement des germes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* dans le lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période d'acidification. (**Originale, 2018**)

VI. Test organoleptique

Le test d'acceptabilité a été déterminé sur le lait fermenté au (21^{ème} jour).

Les nombres de jury ont été choisie de tel sorte qu'ils soient les plus représentatifs que possible (niveau de vie, culture, âge et sexe). Il est demandé aux panélistes d'apprécier les critères de produit suivant :

Goût acide : Traduit la capacité maximale de déformation de l'échantillon après écrasement du produit en pots entre les doigts.

Cohésivité : Exprime la force de liaison entre les produits et la surface d'une cuillère lors d'une prise d'échantillon.

Odeur : Le paneliste est appelé à déceler l'existence ou pas de sensation des mauvaises odeurs émanant du produit dégusté.

Couleur : Le paneliste est appelé à apprécier la couleur du produit.

Gout sucre : Le dégustateur est appelé à évaluer l'ampleur du goût sucré des produits après dégustation.

IV. Traitement des données

Les résultats physicochimiques et microbiologiques vont être traités statistiquement par le dispositif d'analyse de variance en randomisation totale, suivi d'une comparaison des moyennes deux à deux selon le test de **NEWMAN** et **KENTS**.

Par ailleurs, les résultats relatifs au test organoleptique ; ils vont subir une analyse statistique non paramétrique selon le test de **FRIDMAN (stat box 4-1)**.

Résultat des analyses physico-chimiques et microbiologiques du lait fermenté incorporé à des taux variables de farine de caroube durant la période de post acidification :

1. Evolution moyenne du PH, acidité et la viscosité

Tableau 08 : Valeurs moyennes du pH, d'acidité (°D) et de a viscosité (m/s) des échantillons de yaourt préparés pendant la conservation.

| Paramètre | Type de produit | Durée de conservation (jours) | | | |
|---------------|-----------------|-------------------------------|---------|---------|----------|
| | | J1 | J7 | J14 | J21 |
| PH | C0% | 4,677a | 4,233b | 4,297a | 4,237b |
| | C0, 5% | 4,457b | 4,353a | 4,280a | 4,350ab |
| | C1% | 4,507ab | 4,370a | 4,293a | 4,333ab |
| | C2% | 4,617ab | 4,317ab | 4,343a | 4,423a |
| Acidité D° | C0% | 84,000b | 68,333b | 71,333c | 64,667c |
| | C0, 5% | 75,667b | 80,333a | 78,000b | 73,333bc |
| | C1% | 94,000a | 78,000a | 86,000a | 80,000ab |
| | C2% | 97,000a | 80,667a | 88,000a | 88,000a |
| Viscosité m/s | C0% | 4,340d | 7,620d | 7,937d | 7,730d |
| | C0, 5% | 5,210c | 10,310c | 11,373c | 11,277c |
| | C1% | 6,657b | 11,150b | 12,230b | 12,183b |
| | C2% | 9,817a | 11,550a | 13,550a | 13,113a |

PH

D'une façon globale, durant toute la période de post acidification les valeurs moyennes du pH des yaourts ont une évolution décroissante de 4.67 au début de la période de acidification jusqu'à 4.23 en fin de stockage en moyenne (**Figure18**).

Le lait préparé à 0.5% de farine de caroube présente une décroissance légère des valeurs du pH durant la première semaine de la période de post acidification et suivie par une stabilisation du pH durant les derniers semaines fin du stockage contre les lots préparés à 1% et 2% qui présentent une diminution des valeurs du pH de 4.34 et 4.29 en moyenne dans les deux premiers semaines suit par une stabilité légère des valeurs du pH.

L'analyse de variance montre un effet significatif sur l'évolution moyenne des valeurs des pH des laits fermentés au cours des périodes de post acidification (**Tableau08**).

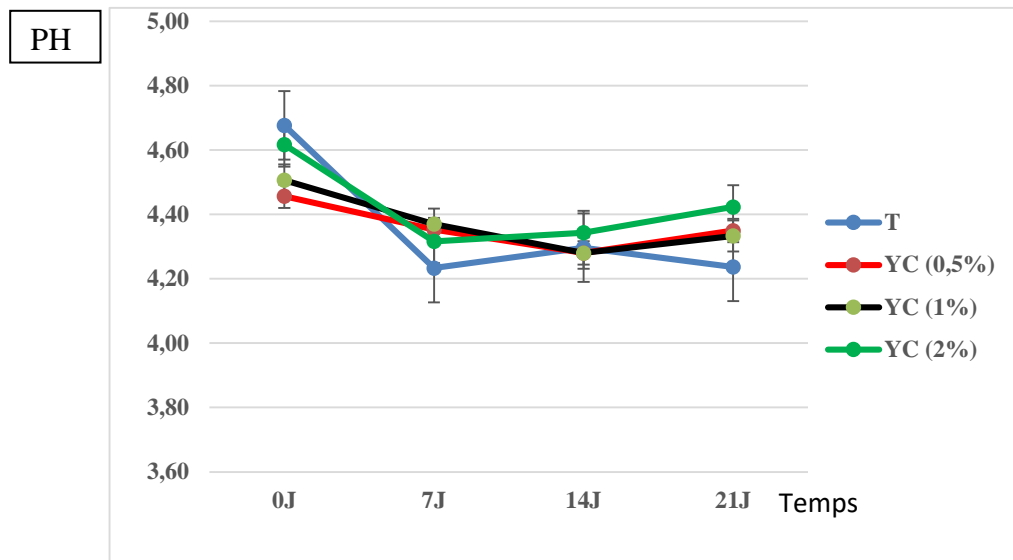


Figure18 : Evolution moyenne du **PH** du lait fermenté additionné avec farine de caroube au cours de la période de post acidification.

Acidité dornic

Au cours de cette période, les moyennes d'acidité des laits expérimentaux incorporés à différents doses de farine de caroube évoluent de 64.66D° en moyenne au premier jour jusqu'au 88.00D° en moyenne à la fin de la période de stockage (**Figure19**).

Aussi durant de cette période, le lot à 0.5% enregistre une augmentation très faible d'acidité dornic de 75.66D° à 80.33D° par rapport aux autres lots même le témoin.

L'analyse de variance montre un effet significatif sur l'évolution moyenne des valeurs d'acidité dornic des laits fermentés au cours de la période de post acidification(**Tableau08**)

Généralement, durant la période de post acidification du premier jusqu'aux 21^{ème} jours de stockage à 4C°, l'évolution des moyenne d'acidité des laits fermentés expérimentaux est inversement proportionnelle à celle du pH, les valeurs d'acidité moyennes augmentent de 64.66D° jusqu'au 97D° alors que celles de pH diminuent de 4.67 jusqu'à 4.23 respectivement.

En effet, les souches lactiques présentent la faculté de fermenter les carbohydrates du lait notamment le lactose pour produire des acides, particulièrement de l'acide lactique, ce qui acide le milieu et abaisse le pH des produits (**Alais, 1984**).

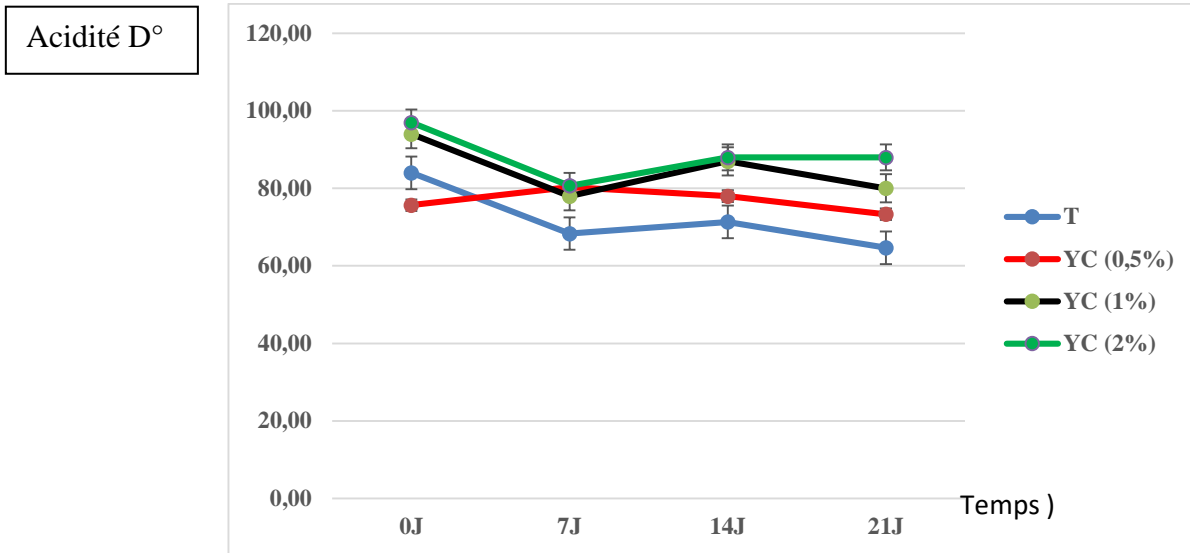


Figure19 : Evolution moyenne de l'acidité Dornic de lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification.

Viscosité

Le lot témoin sans ajout de la farine de caroube montre une viscosité croissante qui débute de 4,340m/s jusqu'au 7,730m/s au 21^{ème} jour. Le lot contenant 0.5% de la farine de caroube présente une valeur supérieur au lot témoin au 7^{ème} jour égale à 10,31m/s contre 7,62m/s. est reste toujours supérieur au de témoin jusqu'au 21^{ème} jour. Les concentrations des lots de 1% et 2 % de la farine de caroube présentent respectivement les valeurs de 6,657m/s et 9,81m/s Au 14^{ème} jour les valeurs sont de 12,23m/s et 13,55m/s pour atteindre des valeurs de 12,183m/s et 13,113m/s au 21^{ème} jour (**Figure20**).

L'analyse de variance montre un effet significatif sur l'évolution moyenne des valeurs de la viscosité dynamique des laits fermentés au cours de la période de poste acidification (**Tableau08**).

Ceci lie vraisemblablement à l'activité des souches spécifiquesensemencées qui ont la capacité de produire des exopolysaccharides contribuent à améliorer la texture du milieu (**Leveaux et bouins, 1990**).

Donc l'effet sur la viscosité est très remarquable avec des concentrations plus élevées de la farine de caroube ce qui montre son effet positif sut la viscosité du yaourt.

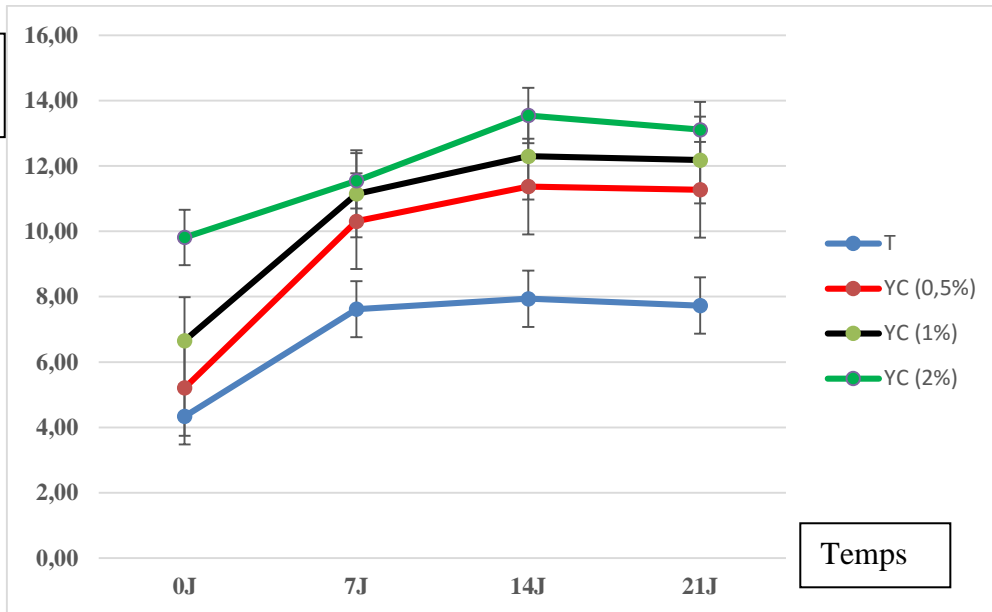


Figure20 : Evolution moyenne de la viscosité de lait fermenté additionné par la farine de caroube au cours de la période de post acidification.

2. Evolution du nombre moyen des souches spécifiques des laits fermentés expérimentaux :

Streptococcus thermophilus :

Au 1^{er} jour ; le lait fermenté type yaourt présente une concentration initiale de *Streptococcus thermophilus* égale à 290×10^4 UFC/ml. Cet échantillon appelé témoin montre une diminution des concentrations de ce germe au 7^{ème} ; 14^{ème} et 21^{ème} jours qui sont respectivement 250×10^4 UFC/ml ; 200×10^4 UFC/ml et 160×10^4 UFC/ml. Donc il y a une diminution du nombre des *Streptococcus thermophilus* due à un épuisement des nutriments dans le milieu avec le temps.

Les autres échantillons présentent respectivement des concentrations de la farine de caroube de 0.5, 1 et 2 montrent des concentrations de *Streptococcus thermophilus* inférieurs au témoin avec des valeurs moyennes de 186×10^4 UFC/ml pour le lot de 0.5% de farine de caroube ; 151×10^4 UFC/ml pour le lot de 1% de farine de caroube et 144×10^4 UFC/ml pour le lot de 2% de farine de caroube (**Figure21**).

L'analyse de variance montre un effet significatif sur l'évolution moyenne du nombre des germes de *S.thermophilus* dans les laits fermentés au cours de la période de post acidification (Tableau09).

Tableau09 : Evolution du nombre de *Streptococcus thermophilus* de lait fermenté type yaourt à base de la farine de caroube (10^4 UFC/ml).

| Jours | Taux d'incorporation de la farine de caroube | | | |
|-------|--|-----|-----|-----|
| | 0% | 0.5 | 1% | 2% |
| 1 j | 290 | 270 | 220 | 195 |
| 7 j | 250 | 185 | 158 | 158 |
| 14 j | 200 | 162 | 128 | 124 |
| 21 j | 160 | 126 | 96 | 55 |

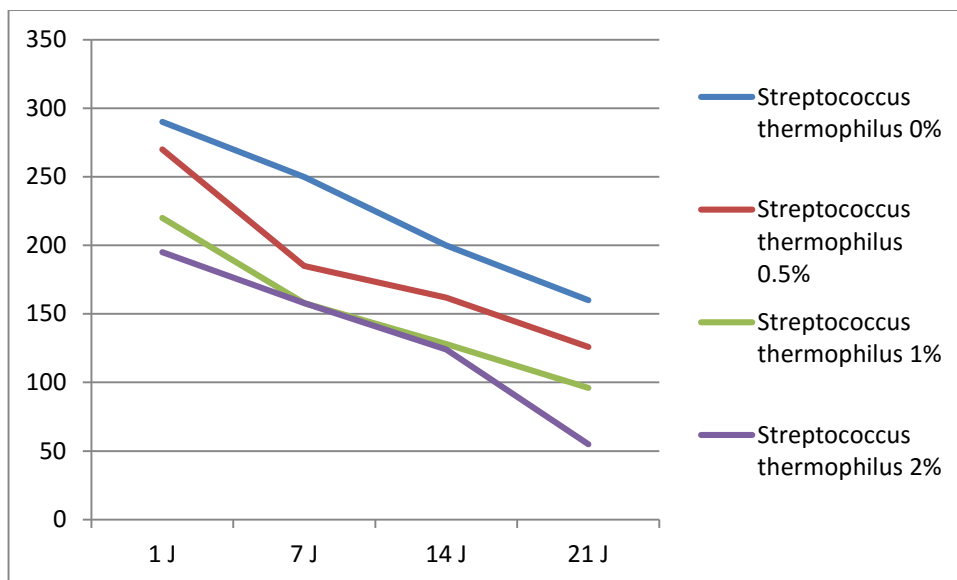


Figure 21 : Evolution du nombre moyenne des germes *Streptococcus thermophilus* dans le lait fermenté additionné par la farine de caroube au cours de la période de post acidification.

Lactobacillus bulgaricus

Au 1^{er} jour ; le lait fermenté type yaourt présente une concentration initiale de *lactobacillus bulgaricus* égale à 250×10^4 UFC/ml. Jusqu'au 21^{ème} jour les concentrations ont des valeurs décroissantes pour atteindre une valeur de 160×10^4 UFC/ml .cette diminution du nombre des *lactobacillus bulgaricus* est expliquée par l'épuisement des nutriments dans le milieu avec le temps.

Le lot contenant 0.5% de la farine de caroube présente au 1^{er} jour une concentration de *lactobacillus bulgaricus* égale à 264×10^4 UFC/ml puis cette dernière diminue au fur et à mesure avec le temps pour atteindre une concentration de 228×10^4 UFC/ml.

Pour les lots de 1 et 2 % de farine de caroube ont également des concentrations décroissantes du germe *Lactobacillus bulgaricus* durant notre expérimentation (**Figure1**).

L'analyse de variance montre un effet significatif sur l'évolution moyenne des nombre des germes de *L.bulgaricus* dans les laits fermentés au cours de la période de post acidification (**Tableau10**).

Tableau10 : Evolution du nombre de *Lactobacillus bulgaricus* de lait fermenté type yaourt à base de la farine de caroube (10^4 UFC/ml).

| Jours | Taux d'incorporation de la farine de caroube | | | |
|-------|--|------|-----|-----|
| | 0% | 0,5% | 1% | 2% |
| 1 j | 250 | 264 | 215 | 215 |
| 7 j | 238 | 230 | 210 | 202 |
| 14 j | 220 | 240 | 200 | 185 |
| 21 j | 160 | 180 | 140 | 174 |

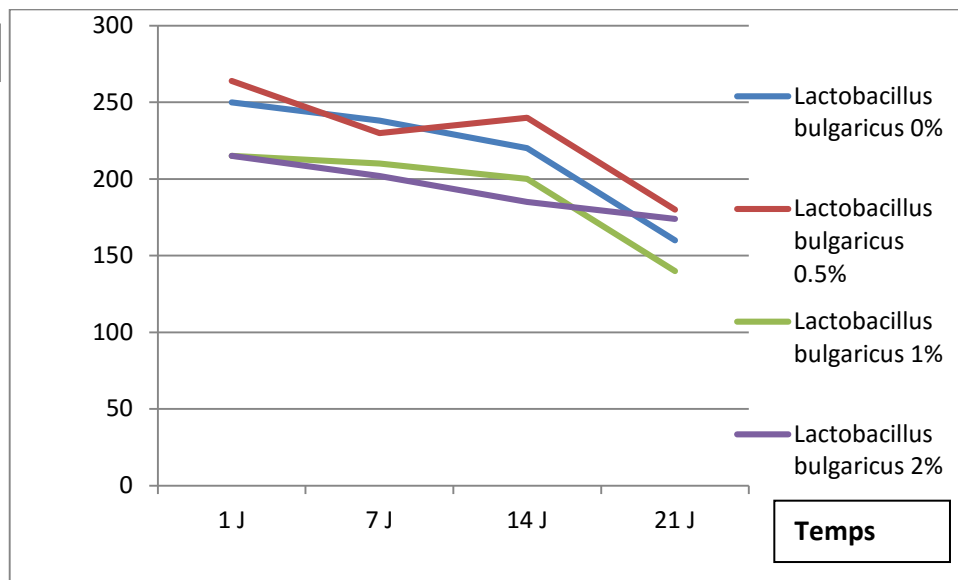


Figure22 : Evolution du nombre moyenne des germes *Lactobacillus bulgaricus* dans le lait fermenté additionné par farine de caroube au cours de la période de post acidification.

Les *S.thermophilus* initient la fermentation lactique jusqu'au pH égale à 4.6, les *L.bulgaricus* reprend la croissance fermentaire (**Bourgeois et al., 1996**). Selon (**Thivierge N, 1996**) le pH 4.6 c'est le pH isoélectrique, ce qui a été trouver dans nos résultats, le nombre moyenne des germe *L.bulgaricus* reste plus élevé que celui de *S.thermophilus* durant la période de post acidification.

Ceci est lié aux caractéristiques physiologiques et biochimiques des deux espèces lactiques utilisées : *S.thermophilus*, ayant une vitesse élevée d'acidification (**Meribai et al., 2010**),

cette espèce est victime d'abaissement du pH, contrairement à *L. bulgaricus*, ayant un pH optimum de croissance au tour de 4.6 (espèce acidotolérante) (Angelov et al., 2009).

3. Tests organoleptiques

Tableau11 : Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de yaourt préparés.

| Critère | % Caroube additionné | | | | Fr | Sig |
|--------------|--------------------------|--------|--------|-------|--------|-----------------|
| | 0% | 0,5% | 1% | 2% | | |
| (n=10) | Moyenne des rangs | | | | | |
| Couleur | 3,40b | 2,30ab | 1,85ab | 2,45a | 8,407 | <i>P</i> <0,05 |
| Odeur | 2,20a | 2,30a | 2,45a | 3,05a | 3,035 | NS |
| Goût acide | 2,20ab | 1,60a | 2,75ab | 3,45b | 12,032 | <i>P</i> <0,01 |
| Goût fraîche | 2,05b | 2,95ab | 1,75a | 3,25b | 9,87 | <i>P</i> <0,05 |
| Arrière-goût | 1,85a | 1,80a | 3,00ab | 3,35b | 11,78 | <i>P</i> <0,001 |
| Cohésivité | 2,55a | 2,60a | 2,00a | 2,85a | 2,68 | NS |
| Adhésivité | 2,65a | 2,45a | 2,00a | 2,90a | 3,07 | NS |

3.1. Goût

Les échantillons préparés à 1% et 2% de la farine de caroube présentent des meilleures valeurs car ils sont moins acides de 2,75 et 3,45 sommes des rangs en moyenne respectivement par rapport aux autres lots à 0% et 0,5%.

L'analyse de variance, montre que le facteur taux d'incorporation de farine de caroube présente un effet sur l'évolution du goût acide (**Figure23**).

3.2. Cohésivité

Au cour de la période de poste acidification, l'évolution des sommes des rangs de la cohésivité dans le lait fermenté expérimental est augmentée avec l'accroissement du taux de farine de caroube incorporée soit : des moyennes des rangs qui passent de 2,60 et 2,68 pour les lots 0,5% et 2% (**Figure23**)

L'analyse de variance, montre que le facteur taux d'incorporation de la farine de caroube présente un effet sur l'évolution de la cohésivité (**Figure23**).

3.3. Adhésivité :

Le jury de dégustation a trouvé que l'adhésivité de lait fermenté expérimentale contenant la farine de caroube est meilleure pour le lot à 2% soit de valeur de 2,90 sommes des rangs en moyenne respectivement par rapport aux autres lots (**Figure23**).

Globalement durant toute la période de post acidification, les jurys de dégustation ont trouvé que le yaourt témoin (0%) est le meilleur par rapport au couleur.

Cependant les laits fermentés à 0.5% 1% et 2% de farine de caroube ayant un aspect léger avec une acidité remarquable sans oublier le goût et l'odeur spécifiques de caroube.

Selon le jury, les meilleurs résultats organoleptiques sont trouvés à des taux d'incorporation de farine de caroube à 1% et 2%.

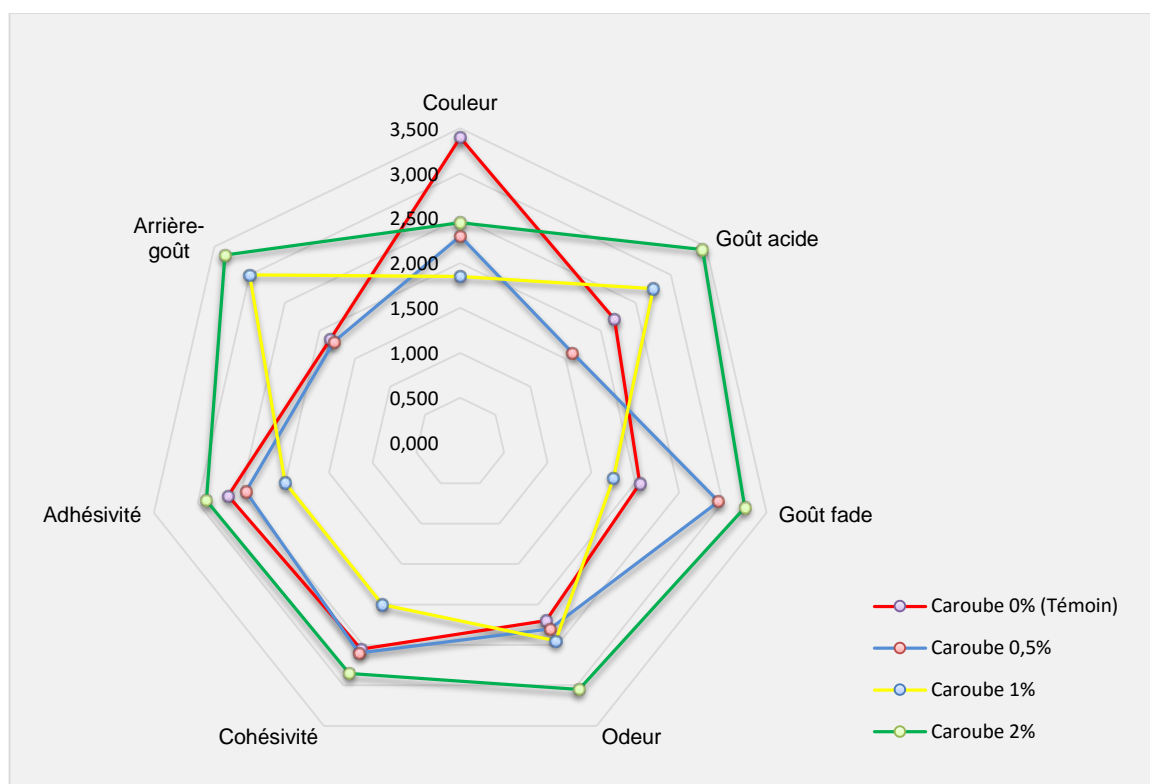


Figure23 : Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de yaourt préparés.

Conclusion

L'industrie de fabrication du yaourt est fortement dépendante du marché de la matière première, ceci engendre des difficultés pour garantir une bonne qualité du produit, parmi lesquelles on trouve la qualité des additifs alimentaires incorporés et les doses utilisées, qui permettent la maîtrise et l'amélioration de la qualité du produit fini.

Au terme de notre travail, nous avons obtenue des résultats expérimentaux effectués au cours de la période de post acidification sur le lait fermenté.

Au cours de cette période, les valeurs de PH, d'acidité dornic et la viscosité enregistrée ; sont généralement proportionnelles aux taux de la farine de caroube incorporée.

Aussi pour les germes spécifiques, le nombre enregistré des *Lactobacillus bulgaricus* est plus important que celui des *Streptococcus thermophilus* dans les laits fermentés expérimentaux.

Généralement les laits fermentés à 1% et 2% de la farine de caroube enregistrent des valeurs restent toujours supérieur par rapport au témoin 0%.

Le jury de dégustation a qualifié les laits fermentés à 1% et 2% de farine de caroube de meilleure qualité par comparaison du au lot de 0%.

Ce travail, mérite d'être reconduit et poursuivi en prenant en considération des autres paramètres d'étude telle que d'addition de sucre et des arômes pour évaluer la qualité du produit fini.

Références bibliographique

- Aafi A., 1996.** Note technique sur le caroubier (*Ceratoniasiliqua L.*). Centre Nationale de la recherche Forestière. Rabat (Maroc). 10
- Affer. M, Bouzaine. T, 2013.** L'effet de l'incorporation de la farine de pois chiche sur le lait fermenté type
- Amadòr, Battler B., Buxtorf, Feldmann G., Jaisli, Jud B., Kessel H., Müller, H. Schudel, W. Wielinga (1993) :** Gélifiants et épaississants : 21
- Angelov M, Kostov G, Simova E, Beshkova D & Petia Koprinkova-Hristova P (2009)** Protocoopération factors in yogurt starter cultures. Research journal of microbiology. 5(11). 1070-1082.
- Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrak A., (2007),** Production des plantes sélectionnées et greffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N° 153, IAV Rabat. 1-4
- Balkadi. F, Belmaaziz. S, 2015.** Effet des extraits de thym (*thymus vulgaris*) sur la qualité d'un lait fermenté alicament type yaourt étuvé au cours de la conservation.
- Battle. et Tous J., 1997.** Caroub tree. *Ceratoniasiliqua L.* Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops ». 17. Institut of plant Genetic and crops Plant Resarch. Médicinales, Maghreb Canada Express Vol. 5, N°9.
- Berrougui H., (2007),** le caroubier (*Ceratoniasiliqua L.*), une richesse nationale aux vertus Gatersleben/International Plant ressourcesInstitut. Rome. Italy.97
- Boudy P., 1950.** Economie forestière Nord-Africain (tome II) : Monographie et traitement des essences forestière. Ed. Larose, Paris, 443-445
- Bourgeois.C.M et larpent.J.P, 1996 :** Microbiologie alimentaires, aliment fermentés et fermentation alimentaires.APRIA. Tome 2. Tec et Doc. 24-33
- Biner B, Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pkmezci M., 2007,** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratoniasiliqua L.*) in Turkey, Food Chemistry N° 100. 1453-1455
- Bourssier B. (2008) :** Amidon natifs et amidons modifiés alimentaires. France : 11

Collona M., Thibault M. (1986) : Base moléculaires des phénomènes de gélification des polysaccharides. In. **Collona M., Thibault M. (1986)** : Propriétés fonctionnelles des polysaccharides. Edition APRIA, Paris : 78-79-81

Collona M., Thibault M. (1986) : propriétés fonctionnelles des polysaccharides. Edition APRIA, Paris : 01-145-186

Combo A., Aguedo M Paquot M. (2010) : les oligosaccharides pectiques : production et applications possibles. Belgique : 153-154

Corvi A, 1997. Evénement, le yaourt, les laits ferment. Tech-doc. Sepiac. Paris. 14-17.

Culioli J., Goutefongae R., Rampon V. (1996) : les procédés de texturation des matières protéiques végétales in **Godon B. (1996)** : protéines végétales. 2^{ème} édition, Paris : 519

Dakia P.A, B. Wathelet and M. Paquot, (2007), Isolation and chemical evaluation of carob (ceratonia siliqua L.) seed germ Food Chemistry Vol. 102, N°4. 1368-1374

Dakia P.A, Blecker, C.Robert, B. Wathelet and M. Paquot, (2008), composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid or water dehulling pre-treatment Food Hydrocolloids Vol .22, N°5. 107-818

Driessen. F. M, 1982. Evedence that lactobacillus in yaourt is stimulated by carbon produced by streptococcus thermophilus, mill. Dairy journal N°22. 134-144

Dupin h, cup j.l., Maleviak m.i, leynoud-rouaud c. Et berthier a.m., 1992. Alimentation et nutrition humaine. Ed : esf, Paris. 1515

Fleche G., Roquette, Lestrem (1986) : Amidons et dérivés .in. MCOLONNA, M.THIBAULT (1986) : **propriétés fonctionnelles des polysaccharides**. Edition APRIA, Paris : 120

Fridot e., 2005. Connaissance des alimentents-bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique, tec et doc, Lavoisier : 25(397 pages)

Ghalem. K, 2014. L'effet de variation des doses de jus de citron sur la qualité physico-chimique, microbiologique et organoleptique d'un lait fermenté type yaourt étuvé.

Gentès M. (2007) : UTILISATION DE COMPLEX FORMÉS DE PECTINE ET D'ISOLAT DE PROTÉNES SÉRIQUES DANS LA FORMULATION DE YAGOURT BRASSÉS.

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.). La Faculté des études supérieures de l'Université Laval : 8-9

Gentès M. (2007) : UTILISATION DE COMPLEXES FORMÉS DE PECTINE ET D'ISOLAT DE PROTÉINES SÉRIQUES DANS LA FORMULATION DE YAGOURT BRASSÉS.

Mémoire présenté pour l'obtention du grade de maître ès sciences (M.Sc.), UNIVERSITÉ LAVAL QUÉBEC : 24-25

Germonville A. 2008 : Agents coagulants. France : 1

Guyot P, 1992. Les yaourts D.L.G. foods.tec.8-10-11

Gharnit N., (2003). Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-Ouest du Maroc). Th. Doc en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.

Hillcoat D., Lewis G. and Verdcourt B., 1980. A new species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. Kew bull. 35(2) : 261-271

Hussein M.M, Fatma A.M. Hassan, H.H. Abdel Dayam, A. Salama, A.K. Enab, Asmaa A. Abd El-Galil (2011) : utilisation of somme plant polysaccharides for improving yoghurt consistency. Annals of Agricultural Sciences. Faculty of Agriculture, Ain Shams University 97

Konate I., 2007. Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries endophytes qui lui sont associées. Université Mohammed V-Agdal Faculté des sciences Rabat, thèse de doctorat.

Keddar. F, Koubich. S, 2009. Etude de l'effet antagoniste entre les deux bactéries du yaourt (*Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus*) et les germes pathogènes (*Escherichia coli* et *Staphylococcus aureus*)

Lamontagne M., Champagne C.P ? Reitz-Asseur J., Moineau S., Gardner N., Lamoureux M., Jean J., et I.Fliss (1999) : microbiologie de lait.in. Carole L. Vighnola : science et technologie du lait et produit laitiers.

Lavalée P., 1962. Le caroubier, son utilisation dans l'alimentation du bétail en Algérie et en Tunisie » Alger. 47.

Luquet (1990). Lait et produits laitiers : Transformations et technologies. *Ed techniques et documentation, Lavoisier.*633.

Luquet F. M., Carrieu G. (2005) Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et techniques agroalimentaires, *Ed Lavoisier Tec et Doc, Paris.* 307.

Leveau, j,p et boins 1993 : « microbiologie industrielle des bactéries lactiques ». 14-18

Makris D.P et P Kefalas., (2004), Carob Pod as source of polyphenolic Antioxidants, Food Technol. Biotechnol. Vol. 42, N° 2. 105-108

MAPA., (1994), Ministerio de Agricultura, Pesca Y Alimentación. Anuario d'Estadística Agraria. Ed. Secretaría General Técnica. Madrid, Spain

Maquet A. (2007) : CARACTÉRISATION DE MUTANTS D'ARABIDOPSIS THALIANA. AFFECTÉS DANS LA PRODUCTION DE MUCILAGE PAR LES TEGUMENTS DE LA GRAINES. THESE présentée pour l'obtention du grade de Docteur en Sciences de l'Agro Paris Tech : 12

Malumba P., Jeantel. S., Deroanne C., Masimango T., Béra F. (2011) : Structure de l'amidon de maïs et principaux phénomènes impliqués dans sa modification thermique : 315

Marbai A, Ait –Abdeslam A, K, Krantar K, Mahi Med, Benzeguir FM, Slimane N, Maghnia D, Mouadene R & Bensoltane A.(2010) Biotechnological study of a thermophilic acid starter isolated from Algerian cow's raw milk. Egypt. Jo. Of appl. Sci, 25(4B), 243-254

Mechtoun. A, 2014. Essai de fabrication d'un yaourt naturel aromatisé par un sirop de romarin.

Michon C., Cuvelier G., et Bose V. (2012) : Gels de biopolymères naturels pour formulation agroalimentaire : 1-2-4-11-12

Moll M., Moll N. (1998) : Additifs Alimentaire et auxiliaires technologiques et technologie chimie et santé. Paris : 102-103-118-119-121-128

Novac M.H. (2004) : valorisations non alimentaires des co-produits de la transformation de la Betterave sucrière : 8

Orphanos P. I. and Papaconstantinou J., (1969), The carob varieties of Cyprus, Tech. Bull.5. Cyprus Agricultural Research Institute, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Nicosia

Que zel P. et S. Santa (1963), Nouvelle flore de l'Algérie et de la région désertique méridionale (tomel), Editions du centre national de la recherche scientifique. 557

Rébour H., (1968), fruit méditerranéen, la maison rustique Pris.330

Youssif A.K. et Alghzawi H.M (2000), Processing and characterization of carob powder, Food chemistry, Vol.69, N°3. 283-287

Zitouni 2010., monographie et perspectives d'avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algerie. Th. Ing . agrn, IN, EL-Harrach. 201

Wertz J.L (2011) : L'amidon et le PLA : deux biopolymères sur le marché : 4-5

FAOSTAT (2010), WWW.fao.org la distribution du caroubier dans toute la région du bassin méditerranéen

Annexe

Annexe I : composition des solutions de titrage

• **Solution de NaOH 0,1N :**

Eau distillé.....100ml

NaOH.....40g

• **Solution de HCL 1N :**

Eau distillé.....100ml

HCL.....4ml

Annexe II : Composition des diluants (g/l)

Eau physiologie 9/ml :

NaCl

Eau distillée

Annexe III : Composition des milieux de cultures (g/l)

• **Milieu MRS (Man Rogosa et Sharpe, 1960)**

Extrait de levure5g

Extrait de viande5g

Peptone.....10g

Acétate de sodium.....5g

Citrate de sodium.....2g

Glucose20g

KH₂PO₄.....2g

MgSO₄.....0, 1g

MnSO₄.....0,05g

Agar.....12g
Tween80.....1ml
Eau distillée q.s.p.....1000ml

pH=6,5 0,2 à 37°C

Autoclavage : 121°C/15min.

• **Milieu M17**

Extrait de levure2,5g
Extrait de viande.....5g
Peptone de caséine.....2,5
Peptone de viande.....5g
Peptone de soja.....5g
Acide ascorbique.....0,5g
B-glycérophosphate de sodium.....19g
Agar.....12,75g
Sulfate de magnésium.....0,25g
Eau distillée q.s.p.....1000ml

pH= 7,1 0,2 à 37°C

Autoclavage : 121°C pendant 15min

Annexe VI :

Analyses physicochimique

Mesure du pH :

Mode opératoire : avant de procéder aux mesures du PH des échantillons, on doit d'abord étalonner le PH mètre à l'aide des solutions tampons.

Expression des résultats : l'expression des résultats est directe, il suffit de lire sur le PH mètre le numéro détecté et affiché sur l'écran.

Mesure de l'acidité Dornic :

Réactif et appareillage :

- Soude (NaOH, N/9)
- Phénolphtaline 1%
- Burette
- Bécher
- Pipette (10ml)

Mode opératoire : L'acidité Dornic est déterminée par titration d'un échantillon de 10ml à l'aide de soude N/9 en présence d'indicateur coloré (phénolphtaline 1%) jusqu'au virage à la rose pale.

Expression des résultats :

$$\text{Aidité dornic} = V_{\text{NaOH}} \times 10$$

V_{NaOH} : Le volume de NaOH (N/9) nécessaire pour titrer l'échantillon jusqu'à l'apparition de la couleur rose pale.

Mesure de la viscosité :

Appareillage :

- Bille : 4 g de poids et 1.2 cm de diamètre
-Masse volumique = 3824.90 g/cm^3
- Tube cylindrique (L= 15cm et d= 18mm)
- Chronomètre pour mesurer le temps de chute de la bille.

Mode opératoire : Le cylindre est rempli avec le produit à analyser (yaourt). Ensuite, on fait parcourir en chute libre la bille métallique sur une distance constante de 15cm, tous en mesurant le temps par le biais d'un chronomètre.

Expression des résultats :

$$\mu = k \times (\xi_1 - \xi_2) \times t$$

μ : la viscosité dynamique (m /s)

K : constant en fonction de la densité de la bille (m/s.cm³/g.s)

$$k = 2.r^2 .g / 9.x$$

r : rayon de la bille (m)

x : distance parcouru par la bille (m)

g : la fore de pasteur tel que $g = 9,81\text{m/s}^2$

- ξ_1 : La masse volumique de la bille (kg.m⁻³)
- ξ_2 : La masse volumique du yaourt (kg.m⁻³)
- t : temps parcouru par la bille entre la point de départ et point de l'arrive (s)

Analyses microbiologiques :

Dénombrement des *streptococcus thermophilus* :

Inoculation : Introduire dans chaque boite pétrie 1ml de l'échantillon de dilution préparé (10^{-4}), on suite couler la gélose M17 (Gélose de Terzaghi) préalablement fondu.

On mit les boite de pétrie dans l'étuve à 37°C pendant 24 à 48 heures.

Lecture et résultats : Les *streptococcus thermophilus* se développent en donnant des colonies rondes à contour réguliers d'une coloration blanche crème.

Dénombrement des *lactobacillus bulgaricus* :

Inoculation : la même démarche précédente citée par les *S. thermophilus* est effectuée dans le dénombrement des *Lb*, mais le sélectif adopté est le MRS (Man Rogasa et Sharpe)

On mit les boites de pétrie dans l'étuve à 37°C pendant 24 à 72 heures.

Lecture et résultats : les colonies de *L.bulgaricus* ont un diamètre de 0,5 à 1mm. Elles sont opaques, lisse ou parfois granuleuses circulaires et de couleur blanchâtre.

Annexe IV :

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

UNIVERSITE ABDEL HAMID IBN BADIS DE MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et Science de la Nature et de la Vie

Département des Sciences Agronomique (Filière biotechnologie alimentaire)

Identification des panelistes

Paneliste N°=.....

Période :12/06/2018

Nom.....

Âge.....

Sexe

Fonction

➤ **Fiche de teste de dégustation**

| Echantillons | Échantillon 1 | Échantillon 2 | Échantillon 3 | Échantillon 4 |
|-------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Critères | 0 % De sirop | 0.5% de sirop | 1% de sirop | 2% |
| Couleur | | | | |
| Goût acide | | | | |
| Goût de fraîcheur | | | | |
| Odeur | | | | |
| Cohévisité | | | | |
| Adhésivité | | | | |
| Arrière-goût | | | | |

Pour mener à bien cette évaluation sensorielle descriptive, il vous ait présenté un langage sensoriel chaque attribut est mesuré selon une échelle de notation :

➤ **Système de notation**

1-2 Mauvaise 3-4 Acceptable 5-6 Moyennes

7-8 Bonne 9-10 Excellent