

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/20

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE MASTER

Domaine : SNV Filière : science biologique
Spécialité : microbiologie appliquée

Présenté par :

AICHOUNE Rachida & YAHMI Ouassila

Thème

Etude de l'effet de l'incorporation de la gomme et de la farine de caroube sur la qualité organoleptique d'un lait fermenté type yaourt

Soutenu le : 22/ 09 / 2020

Devant le jury composé de :

<i>Nom et Prénom</i>	<i>Grade</i>		
<i>MERIBAI N</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Président</i>
<i>MESSAD S</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Examineur</i>
<i>LEZZOUM ATEK S</i>	<i>MCB</i>	<i>Univ. de Bouira</i>	<i>Promoteur</i>

Année Universitaire : 2019/2020



Remerciements

Nous remercions

Dieu le tout puissant de nous avoir donné le savoir et la faculté de pouvoir poursuivre nos études et de choisir un métier aussi noble.

*Notre promotrice **Mme LEZZOUM ATEK S**, pour avoir encadré ce travail. Nous vous remercions pour votre disponibilité, votre aide précieuse, vos conseils, votre objectivité, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils qui ont fait progresser ce travail.*

Nous remercions les membres du jury qui ont accepté de juger ce travail.

Nos sincères remerciements également à toutes les personnes qui nous ont aidé, conseillé, orienté et encouragé tout au long de la genèse de ce mémoire.

Merci





Dédicace

A la mémoire de ma mère «qu'elle repose en paix» qui a béni mon désir d'apprendre et m'a toujours encouragé, avec tout mon amour et ma reconnaissance pour être devenue ce qui je suis

A mon chère père, que Dieu le récompense pour tous ce qu'il a fait pour moi.

A mes sœurs et mes frères, qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde tendresse. Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie.

A ma sœur FATIMA qui été toujours présente à mes côtés par son amour, soutient et ces encouragements, je serai éternellement reconnaissante.

A Toute ma famille. Ceux avec qui j'ai partagé les meilleurs moments de ma vie

A mes copines NESRINE et HAFIDA

À Mon binôme OUASSILA et toute sa famille.

À toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire.

A.RACHIDA





Dédicaces

Je dédie ce modeste travail

A mes parents et mon mari,

Qui m'ont donné beaucoup de soutien et d'encouragement symbolisant pour moi le sacrifice et la source d'où naît la lumière qui éclaire ma vie, et pour qui aucune dédicace n'exprimera la profondeur de mon amour.

A mes sœurs et mes frères,

Pour leur véritable et sincère amour. Je leur souhaite, une vie pleine de succès et de bonheur,

A mes formateurs,

Qui m'ont dirigé vers le chemin du succès par leur compréhension et leurs conseils. Veuillez trouver dans ce travail, l'expression de ma profonde reconnaissance et de ma grande estime.

A tous mes amis et collègues,

Pour les moments forts et agréables que nous avons passé ensemble, à tous ceux qui m'aiment et me souhaitent le bonheur et à tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Y.OUASSILA



Liste des abréviations

Liste des abréviations

% : pour-cent.

°C : Degré Celsius.

ATP : Adénosine Tri Phosphate.

EPS : Exopolysaccharides.

FAO : Food and Agriculture Organisation.

FIL : Fédération Internationale du Lait.

g/Mol : Gramme par mol.

H : Heure.

HDL : High density Lipoprotein (Lipoprotéine De Haute Densité).

Kg/Ha: Kilogramme par hectare.

KJ/G : Kilojoule par gramme.

LDL : Low Density Lipoporotein (Lipoprotéine de Basse Densité).

Min : Minute.

MI : Millilitre.

n : Nombre de pair de chromosome.

Pa : Pascale (unité de pression).

pH : Potentiel D'hydrogène.

UFC : Unité formant colonie.

WHO : World Heath Organisation (organisation mondiale de la santé).

Liste des figures

Liste des figures

Figures	Titre	Page
1	Fleurs de caroubier.	04
2	Feuilles de caroubier.	04
3	Gousses montrant l'arrangement des graines dans celles-ci.	07
4	gousse de caroube avant maturité.	07
5	La bactérie <i>Streptococcus thermophilus</i> du yaourt.	24
6	La bactérie <i>Lactobacillus Bulgaricus</i> du yaourt.	24
7	Diagramme des principales étapes dans la fabrication du yaourt.	26
8	Graines de caroube.	35
9	Graines immergées dans l'eau distillée.	35
10	Graines gonflées après une heure dans un bain marie.	35
11	Séparation des enveloppes tégumentaires, les endospermes et les germes.	35
12	Extraction de la gomme brute des graines de caroube.	36
13	Gousses de caroube séchées.	37
14	Les ingrédients utilisés pour la fabrication de yaourt à base de caroube.	37
15	Les échantillons avant l'étuvage.	38
16	Les échantillons à réfrigération (4°C).	39
17	Diagramme de fabrication de yaourt étuvé à base de caroube.	39
18	Gomme de farine brute.	41
19	Farine de caroube.	41
20	Les 5 yaourts fabriquées a partir de concentrations différentes de farine et de gomme de caroube.	42
21	Evaluation de la texture des produits (pourcentages de satisfaction).	43

Liste des figures

22	Evaluation de gout des produits (pourcentages de satisfaction).	45
23	Evaluation de l'odeur des produits (pourcentages de satisfaction).	47
24	Evaluation de la couleur des produits (pourcentages de satisfaction).	48
25	Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons de yaourt préparés.	49

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableaux	Titre	Page
I	Composition chimique de la caroube.	05
II	Principaux produits dérivés de la gousse (pulpe et graines) et quelques majeures utilisations.	09
III	Les principaux genres des bactéries.	20
IV	Caractéristiques générales des bactéries du yaourt.	24
V	Normes de pH des yaourts appliquées de certains pays.	29
VI	Caractéristiques microbiologiques du yaourt.	30
VII	Code et concentrations en gomme et en farine de caroube correspondants à chaque échantillon.	40
VIII	Les pourcentages. de satisfaction suite à l'évaluation de la texture des yaourts.	43
VIII	Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation du goût des yaourts fabriqués.	45
X	Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation d'odeur des yaourts fabriqués	46
XI	Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation de la couleur des yaourts fabriqués.	48

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction

Partie bibliographique

Chapitre I : Le caroube

I.1.caroubier	03
I.1.1.Description botanique du caroubier.....	03
I.1.2.Terminologie commune.....	04
I.1.3.Répartition géographique du caroubier.....	04
I.1.4.Production de caroube.....	04
I.1.5.Composition chimique et valeur nutritive	05
I.1.6.Reproduction biologique du caroubier	06
I.1.6.1.Fruit du caroubier (la gousse).....	07
I.1.7.Intérêt et utilisation du caroubier.....	07
I.1.7.1.L'arbre	08
I.1.7.2.Les gousses de caroubier	08
I.1.7.3.La pulpe de gousses	09
I.1.7.4.Les graines de caroube	11
I.1.7.5.Les fleurs et les feuilles	11

Chapitre II : Galactomannanes

II.Galactomannanes	12
II.1.Généralités.....	12
II.2.Description de galactomannanes.....	12
II.3.Origine des Galactomannanes.....	13
II.4.Rôle physiologique de galactomannanes dans la graine.....	13
II.5.Technologie de production des galactomannanes à partir des graines de légumineuses.....	13
II.5.1.Obtention de la gomme brute.....	14
II.6.Extraction et purification des galactomannanes.....	14

Sommaire

II.7.Intérêts des galactomannanes	15
II.7.1.Intérêt technologique des galactomannanes	15
II.7.2.Effet sur la glycémie postprandiale, la réponse insulinique et le diabète	16
II.7.3.Effet sur l'hypercholestérolémie et maladies cardiovasculaires.....	16
II.7.4.Devenir des galactomannanes dans le gros intestin	17

Chapitre III : Le Yaourt

III.1.Définition	18
III.2.Historique.....	18
III.3.La fermentation lactique	19
III.3.1.Les ferments lactiques.....	19
III.3.2.Classification.....	20
III.3.3.Caractéristiques générales des bactéries lactiques	20
III.3.4.Propriétés des bactéries lactiques	21
III.3.4.1. Propriétés technologiques des bactéries lactiques	21
III.3.4.2. Propriétés thérapeutiques des bactéries lactiques.....	22
III.4.Caractéristiques générales des bactéries du yaourt	23
III.4.1. <i>Streptococcus thermophilus</i>	23
III.4.2. <i>Lactobacillus Bulgaricus</i>	24
III.4.3.Comportement associatif des deux souches.....	25
III.5. processus de fabrication de yaourt	26
III.5.1.Préparation du lait.....	27
III.5.2.Standardisation du mélange laitier.....	27
III.5.3.Homogénéisation.....	27
III.5.4.Traitement thermique.....	27
III.5.5.Refroidissement	28
III.5.6.Inoculation.....	28
III.5.7.Conditionnement.....	28
III.5.8.Conservation du yaourt	28
III.6.1.Caractérisation physico-chimiques du yaourt.....	29

Sommaire

III.6.2.Paramètres microbiologiques.....	30
III.6. 3.Caractérisation organoleptique.....	31
III.6.4.Valeur nutritionnelle et thérapeutique du yaourt.....	31

Partie expérimentale

I. Matériel et méthodes

I.Matériel.....	33
II.Méthodes	34
II.1.L'extraction de la gomme de caroube	34
II.2 Fabrication de la farine de caroube	37
II.3. Méthode du fabrication de yaourt	38
II.4. L'évaluation sensorielle.....	40
II.5.Organisation de la séance de dégustation	40

II. Résultats et Discussion

II. Résultats et discussion.....	41
II.1.extraction de la gomme de caroube	41
II.2.fabrication de la farine de caroube	41
II.3.fabrication du yaourt	41
II.4.Analyse sensorielle.....	41
II.4.1.La texture.....	41
II.4.2. le gout.....	43
II.4.3. l'odeur.....	45
II.4.4.la couleur.....	46

Conclusion	50
-------------------------	----

Références bibliographiques

Résumés



Introduction

Introduction

Introduction

Le caroubier est un arbre de type, légumineuse agro-sylvo-pastorale typiquement méditerranéen, qui pousse en Algérie naturellement dans beaucoup de régions notamment à l'est sous forme de peuplements spontanés. Cet arbre ancestral offre à la société un double intérêt socio-économique et écologique (**Gubbuk *et al.*, 2010**).

Toutes les composantes de l'arbre (feuillage, fleur, fruit, bois, écorce, racine) sont salutaires, et ont de la valeur à l'instar l'ornementale et paysagère. Ainsi, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers qui représente le plus grand potentiel de valorisation grâce à sa richesse en éléments nutritifs qui a suscité l'attention de plusieurs chercheurs, mais surtout pour ses graines et qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse (**Biner *et al.*, 2007**).

Le fruit de cet arbre (le caroubier) peut servir de matière première pour produire plusieurs produits: la pulpe et la gomme de caroube.

La pulpe de caroube est un substitut naturel du chocolat, qui est souvent grillée et Broyée pour avoir une poudre de couleur marron à arôme chocolaté (**Kumazawa *et al.*, 2002, Bengoechea *et al.*, 2008**).

La gomme de caroube mucilagineuse provenant de l'endosperme est très utilisée dans plusieurs domaines industriels (pharmaceutiques, cosmétiques et alimentaires) du fait de ses propriétés techno- fonctionnelles (stabilisant, épaississant, agglomérant et gélifiant). L'industrie agroalimentaire montre des intérêts particuliers à l'égard de l'utilisation de ces additifs afin d'améliorer ces produits et faire bénéficier le consommateur de leurs bienfaits (**Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo *et al.*, 2007**).

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**).

Introduction

Le yaourt est actuellement considéré comme un des produits laitiers les plus consommés en Algérie. La majorité des groupes laitiers se dirigent vers la fabrication de ce dernier pour répondre aux besoins des consommateurs en matière de disponibilité et de qualité des produits. La maîtrise de cette technologie et l'innovation dans l'élaboration de nouveaux produits sont les clés de la réussite pour conquérir le consommateur et gagner les parts les plus importantes du marché local et international.

Le but de ce travail consiste à étudier l'effet de l'utilisation de la farine des gousses de caroube et de la gomme de ce dernier sur la qualité organoleptique du lait fermenté type yaourt.

Notre travail comporte deux parties :

- ✓ Une étude bibliographique qui résume les données relatives au caroube et ses différentes vertus ainsi que les informations qui concernent la fabrication du yaourt ;
- ✓ Une étude expérimentale où sont développés les objectifs de l'étude, le matériel et les méthodes utilisés, les résultats obtenus, et la conclusion.



Partie bibliographique

Chapitre I : Le Caroube

I.1.Caroubier

I.1.1.Description botanique du caroubier

Le nom scientifique du caroubier *Ceratonia siliqua* ($2n = 24$) (**Barracosa et al., 2007**) dérive du grec *Keras* signifiant « petites cornes » en référence à ses gousses en forme de cornes à maturité et du latin *siliqua* désignant une silique ou gousse, faisant allusion à la dureté et à la forme du fruit (**Battle et tous, 1997**).

Sa classification botanique est la suivante :

Ordre : Rosales.

Famille : Fabacées.

Sous famille : Césalpiniacées.

Genre : *Ceratonia*.

Espèces : *Ceratonia oreothauma* et *Ceratonia siliqua*

Le caroubier est un arbre sclérophylle à feuillage abondant, persistant et très dense (**Ait Chitt et al., 2007**), à croissance lente. Il peut atteindre une taille allant de huit à quinze mètres de hauteur et vivre jusqu'à 500 ans. Il est à cime très étalé, son tronc à la base peut avoir deux à trois mètres de circonférence (**Rajeb, 1995**), avec un système racinaire développé pénétrant le sol aux profondeurs de 18 à 27 mètres (**Nussinovitch, 1997**).

Les feuilles du caroubier mesurent 10 à 20 cm de longueur et sont persistantes, composées, vertes et paripennées, de trois à cinq paires de folioles ovales, entières, coriaces, luisantes en dessus, plus claires et mates en dessous et légèrement échancrées au sommet (**Rajeb, 1995**) (**figure 2**).

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille (6 à 16 mm de longueur), spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle des quelles elles se sont développées (**Battle et al., 1997**) (**figure 1**).



Figure 01 : Fleurs de caroubier
(Bio en ligne, 2019)



Figure 02 : Feuilles de caroubier
(Prat et Rubinstein, 2012)

I.1.2. Terminologie commune

La dénomination de *Ceratonia siliqua* dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe Al kharroub ou kharroub/ الخروب et en tamazight tikida/taslirwa, comme c'est le cas de la lgarrobo ou garrofero en espagnol. On attribue aux arabes l'utilisation des graines entières du caroubier comme unité de poids dans le commerce de substances et matériels précieux (qirât) (Albanell, 1990).

I.1.3. Répartition géographique du caroubier

Le caroubier a été cultivé depuis l'antiquité dans toutes les régions du bassin méditerranéen, principalement dans les endroits doux et secs où le climat favorise sa croissance (Bernardo-Gil et al., 2011). On le rencontre actuellement en allant de l'Espagne, l'Italie, la Grèce, le Portugal jusqu'au Maroc et l'Algérie (Dakia et al., 2008). Le caroubier a été introduit dans des zones chaudes et semi-arides d'Australie, Californie, Arizona, Chili, Mexique et Afrique du Sud. La moyenne de sa production mondiale est de 2000 à 3500 Kg/ha (Sánchez et al., 1997).

I.1.4. Production de la caroube

Selon les statistiques fournies par l'Organisation des Nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2000 la surface cultivée en caroubier en Algérie était de l'ordre de 1210 ha. 12 ans plus tard, la surface s'est rétrécie à 821 ha seulement.

La production, quant à elle, est passée de 3952 tonnes en 2000 à 3136 en 2012 (Elwatan, 2015). Malgré son vaste territoire et ses capacités, l'Algérie est par rapport les pays méditerranéens producteurs de caroube, loin derrière l'Espagne, le Maroc, l'Italie et les autres pays. Elle a connu une petite régression de production de caroube (de 4000 tonnes en 2011 à 3136 tonnes en 2012) qui était essentiellement due aux feux de forêt et l'abandon de cette culture à cause des conditions de sécurité défavorable à la vie en montagne durant les années précédentes.

I.1.5. Composition chimique et valeur nutritive

La pulpe de gousses de caroubier est très riche en sucre (48 à 72%) en particulier : le sucrose (65 à 75%) (Petit et al., 1995), le fructose (3 à 8%) et le glucose (3 à 5%) (Avallone et al., 1997), ce qui lui confère un goût très sucré (Biner et al., 2007). Mais pauvre en protéines (1-2%) et en lipides (0.5- 0.7%) (Tableau I) (Avallone et al., 1997). Selon (Ayaz et al., 2007), les acides aspartique, glutamique, l'alanine, la leucine et la valine représentent 57% des acides aminés totaux de la pulpe. Cette dernière contient également une teneur très élevée en fibres (27-40%) et une quantité non négligeable en tanins et en polyphénols (16 à 20%) (Tableau I) (Makris et al., 2004). Par ailleurs, la pulpe est une bonne source de minéraux (K, Ca, Na, Fe et de Mg) (Matthausa et al., 2001) et de vitamines (Makris et al., 2004)

Tableau I: composition chimique de la caroube.

Composition	Pourcentage
Pulpe 90%	Glucide 48-72
	Protéine 1-2
	Matières grasses 0.5-07
	Cellulose et hémicellulose 18
	Minéraux (Ca, Mg, K, P) 2-5.3
	Pectines et fibres 4.2-9.6

	Cendres 1.5-2.4
	Polyphénols 16-20
Graines 10%	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30-33
	L'endosperme (albumen) 42-46
	L'embryon (germe) 23-25

I.1.6.Reproduction biologique du caroubier

Le caroubier est un arbre dioïque parfois hermaphrodite et rarement monoïque, dont on distingue trois formes de fleurs (fleurs mâles, fleurs femelles et fleurs hermaphrodites). Ces fleurs sont portées sur différents pieds. Les pieds mâles sont stériles et improductifs, les fleurs sont initialement bisexuées, mais durant le développement de la fleur, il y a suppression d'un sexe (**Rejeb, 1995**).

La floraison a lieu du mois d'Août au Novembre (**Batlle et Tous, 1997**), la pollinisation des fleurs du caroubier est, en grande partie, assurée par les insectes (**Rejebet al., 1991**) mais aussi par le vent. Les trois sexes de fleur sécrètent des substances nectarifères dont la quantité et la contenance en sucre sont élevées dans la fleur femelle par rapport à son homologue mâle (**Konaté, 2007**).

La fructification, chez le caroubier, se situe entre les mois de Juillet et Décembre de l'année qui suit la floraison, selon les régions et les cultivars (**Aafi, 1996**).

La croissance du fruit du caroubier passe par trois stades de développement:

- **Le premier stade** correspond à une croissance lente en automne et en hiver durant lequel la gousse montre une légère augmentation du poids.
- **Le deuxième stade** correspond à une croissance rapide entre les mois d'Avril et Août caractérisée par une période d'activité de la gousse en début printemps.
- **Le troisième stade** la gousse s'accroît lentement, mûrit et se durcit en Juin, change de la couleur verte en brun. Ainsi, la gousse devient mûre après dix mois (**AitChitt et al.,2007**).

I.1.6.1. Fruit du caroubier (la gousse) :

Le caroubier est cultivé pour son fruit (la gousse) et pour les graines contenues dans celle-ci. L'utilisation des produits du caroubier, comme une source riche en composés bioactifs naturels est devenue le centre d'intérêt de nombreuses recherches (**Bernardo-Gil et al., 2011**).

Le fruit du caroubier est une gousse pendante qui se développe très lentement et nécessite neuf à dix mois pour atteindre la maturité (**Ait Chitt et al., 2007**). Il est de grande taille avec une longueur de 14.56 ± 1.97 cm, une largeur de 1.82 ± 0.16 cm et une épaisseur de 0.88 ± 0.06 cm, son poids est de 14.91 ± 2.32 g (**Bravo et al., 1994**).

Le fruit est indéhiscent après maturité, il est vert puis brun et au moment de la maturité brun foncé à noir. Il est sinueux sur les bords, aplati, droit ou arqué et présente un tissu pulpeux sucré et rafraîchissant. La gousse est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses et renferme des graines brunes (**figures 1 et 2**) (**Batlle et Tous, 1997**).

La pulpe et les graines sont les deux principaux constituants de la gousse du caroubier et représentent respectivement 90% et 10% de son poids total (**Albanell et al., 199**; **Bernardo-Gil et al., 2011**). La caroube est comestible et convoitée pour sa pulpe farineuse, jaune pâle, au goût sucré chocolaté (**Dakia et al., 2003**)



Figure 03 : Gousses montrant l'arrangement des graines dans celles-ci (photo personnelle)



Figure 04 : gousse de caroube avant maturité. (**Prat et Rubinstein, 2012**)

I.1.7.Intérêt et utilisation du caroubier

Le caroubier est cultivé depuis longtemps pour divers usages (**Ait-Chit et al., 2007**), c'est un arbre d'importance écologique, industrielle et ornementale indiscutable. En termes de produits, l'arbre et toutes ses composantes sont utiles et particulièrement le fruit (**Gaouar, 2011**). La pulpe et les graines de cette espèce sont très utilisées comme matière première en industries alimentaires, pharmaceutiques et cosmétiques (**tableau II**) (**Barracosa et al., 2007**).

I.1.7.1.L'arbre

Le caroubier est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (**Aafi, 1996**).

Compte tenu de sa couronne sphérique, et de son feuillage persistant, dense et brillant, le caroubier est considéré comme un arbre ornemental. Son bois est très apprécié en ébénisterie et pour la fabrication du charbon. L'écorce et les racines sont employées dans le tannage (**Ait Chit et al., 2007**). En Turquie, l'écorce a également été utilisée par la médecine traditionnelle comme remède anti-diarrhéique (**Konaté, 2007**).

I.1.7.2.Les gousses de caroubier

Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été, traditionnellement, utilisées non seulement en alimentation des animaux (**Lizardou, 2002**), mais aussi en alimentation humaine. Après l'écrasement des gousses et séparation de pulpe et des graines, les produits dérivés de ces deux éléments sont principalement utilisés dans plusieurs domaines industriels (**Konaté, 2007**) (**Tableau II**).

I.1.7.3.La pulpe de gousses

En Afrique du nord, la gousse est consommée tel qu'elle est. Elle contribue aux régimes des personnes de faible revenu, tandis qu'en Europe elle est parfois rôtie pour être utilisée comme substitut de café.

Dans les années 1920, la farine de gousses de caroube a été combinée avec la farine de blé pour préparer des pains spéciaux, ainsi elle peut servir comme ingrédient de

Le Caroube

certaines menus de pâtisseries: gâteau, pain, bonbon, crème glacée et boisson (Nussinovitch, 1997). À la différence du cacao, cette dernière ne contient ni caféine ni théobromine, elle est utilisée comme substituant du cacao (**tableau II**) pour produire le chocolat (Craig et Nguyen, 1984). En Egypte, les sirops à base de fruits de caroube constituent une boisson populaire (Batlle et al., 1997).

La pulpe du fruit de caroubier est utilisée principalement en alimentation animale (**tableau II**), sa valeur nutritionnelle est considérée similaire à celle de la plupart des céréales (Batlle et al, 1997), avec une valeur énergétique importante (17.5 KJ/gde matière sèche) (Avallone et al., 1997).

De nombreuses études ont démontré l'influence positive de la farine de caroube sur la performance et la santé des animaux soumis à un régime alimentaire. Son incorporation dans les régimes du bétail s'avère très utile dans le soutien de leur consommation, de leur croissance et de leur santé post-sevrage (Lizardo et al., 2002).

Tableau II : Principaux produits dérivés de la gousse (pulpe et graines) et leurs utilisations (Batlle et Tous, 1997).

Produit	Traitement subi	Usage
Pulpe		
Brute	-Aucun. -Mouture. -Extraction et purification. -Fermentation et distillation	-Alimentation animal. -Alimentation humaine et animal. -En sucrerie. -Production d'alcool et protéines bactérienne.

Le Caroube

Poudre	-Lavage, séchage, torréfaction et mouture	-Ingrédient alimentaire : substituant du cacao. -composé dans les produits diététique et pharmaceutique.
Graine		
Endosperme	-Mouture	-Additifs alimentaires : fibres diététiques et produits pharmaceutiques et cosmétiques.
Embryon	-Mouture	-Substrat microbien. -nutrition humaine et animal.
Enveloppe tégumentaire	-Extraction	-Tanins pour tanner les cuirs.

Ce fruit est également pauvre en sodium et riche en potassium, ce qui le rend souhaitable pour des régimes employés dans le traitement de l'insuffisance cardiaque et de l'hypertension (**Yousif et Alghzawi, 2000**). Ils sont également nourrissants et laxatifs.

En décoction, la pulpe est toutefois, anti diarrhéique et légèrement purifiante. Elle soulage également l'irritation du côlon. A l'Egypte ancienne, les gousses de caroubier, mélangées à la bouillie d'avoine, au miel et à la cire, soignaient la diarrhée (**Iserin, 2001**).

Le fruit du caroubier peut être utilisé par certaines bactéries et champignons comme source de carbone pour la production de certaines substances industriellement utiles; **Turhan et al.** En 2010 ont produit l'éthanol par fermentation microbienne (*Saccharomyces cerevisiae* et *Zymomonas mobilis*) sur des substrats à base d'extraits de

gousses. Ces dernières ont aussi servi pour la production de xtrane et de fructose par *Leuconostoc mesenteroides* (Santos et al., 2005), d'acide lactique par *Rhizopus oryzae* (Bulut et al., 2004) et d'acide citrique par *Aspergillus niger* (Roukas, 1999).

I.1.7.4. Les graines de caroube

En Europe, la partie du fruit qui attire actuellement une attention importante est la graine, à partir de laquelle une gomme est extraite et utilisée comme stabilisant et épaississant dans les industries alimentaires et non-alimentaires (Dakia, 2011). Du fait de sa richesse en galactomannanes (polyside qui est présent dans la graine de caroube), elle est utilisée comme additif naturelle (E 410) (tableau II) (Avallone et al., 1997).

Lors de la préparation de la gomme de caroube à partir de la graine, un sous-produit très riche en protéines est généré: le germe. Il est très utilisé dans le domaine de l'alimentation de bétail, particulièrement dans le domaine avicole (source de protéines). L'usage en alimentation humaine est déjà en cours (Dakia, 2011).

I.1.7.5. Les fleurs et les feuilles

Les fleurs constituent une source de nectar pour les abeilles et l'apiculture (Berrougui, 2007) et pour la production de miel de caroube (Hariri et al., 2009). En Turquie, les extraits de feuilles contenant les tanins ont été utilisés dans la médecine traditionnelle pour traiter les diarrhées (Konaté, 2007). Ces extraits foliaires ont été également désignés comme ayant des activités cytotoxiques et antimicrobiennes (Kivçak et Mart, 2002).

Chapitre II : Galactomannanes

II. Galactomannanes

II.1. Généralités

Ces dernières années, il y a une utilisation constamment croissante des polysaccharides hydrosolubles grâce à leurs propriétés physicochimiques et fonctionnelles intéressantes (**Ganter et Reicher, 1999**). Ce sont d'excellents agents épaississants, gélifiants, stabilisants et émulsifiants, appartenant à la classe des fibres alimentaire, ils peuvent non seulement améliorer les comportements organoleptiques (rhéologiques) mais aussi de produire des aliments possédant des propriétés nutraceutiques (**Bergmaier, 2002; Renou et al., 2013**).

Les galactomannanes constituent un groupe important de polysaccharides hydrocolloïdes (**Mathur et Mathur, 2005**). Ils sont extraits de l'albumen de graines de légumineuses, principalement la caroube et la gomme de gaur.

Très disponibles, non toxiques et biodégradables, ces polymères sont connus pour leurs propriétés de liaison depuis l'antiquité ; les Egyptiens employaient la gomme de caroube pour coller les bandages de momies (**Dea et al., 1975**). Cependant, c'est seulement au 20^e siècle que les galactomannanes sont devenus des produits industriels (**Patmore et al., 2003**).

II.2. Description des Galactomannanes

Les galactomannanes sont des polysaccharides hydrosolubles neutres de masse molaire très élevée, de l'ordre de 1 à $2,10^6$ g/mole (**Carnier et al., 2004**) et sont isolés de l'endosperme de graines d'environ 70 espèces de légumineuses et de la paroi cellulaire de certaines bactéries (**Dakia et al., 2010**). Cependant, ils ont tous une structure générale semblable, constituée d'une chaîne principale de mannane sur laquelle il existe des ramifications d'une unité galactose. Ces polymères hydrophiles forment des solutions stables et très visqueuses, leurs interactions avec de l'eau et d'autres polysaccharides sont la base de leur utilisation industrielle répandue, en particulier dans l'industrie alimentaire.

II.3. Origine des Galactomannanes

On distingue :

- Les galactomannanes d'origine Microbienne : extraits en particulier des levures et des moisissures (**Cerqueira et al., 2011**);

- Les galactomannanes d'origine Végétale : qui sont obtenus à partir de l'endosperme des graines dicotylédones de nombreuses plantes. Ces derniers constituent la source la plus répandue et préférable des gommes commerciales (**Srivastava et Kapoor, 2005**).

La distribution des galactomannanes dans le règne végétale est limitée. En effet, les espèces les plus riches sont les membres de la famille des *Leguminosae*, mais ils ont été également trouvés dans d'autres familles telles que la famille d'*Annonaceae*, d'*Ebonaceae*, des *Loganiaceae*, des *Palmae* et la famille des *Trifolieae* (**Mulimani et al., 2002**).

Parmi les galactomannanes les plus connus et les plus disponibles dans le commerce, on peut citer la gomme de caroube (*Ceratonia siliqua* L.) produite principalement dans le pourtour méditerranéen.

II.4. Rôle physiologique de Galactomannanes dans la graine

D'après **Chaires-Martinez et al., (2008)**, les galactomannanes localisés dans l'endosperme des graines légumineuses ont une double fonction physiologique:

- Ils servent de réserves nutritives. En effet, pendant la germination de la graine, ils subissent une dégradation enzymatique, et les produits d'hydrolyse issus sont utilisés par la radicule comme source d'énergie et de carbone (**Buckeridge et al., 1995**).
- Ces polysaccharides ont un rôle structural, ils protègent le germe contre les chocs mécaniques, pendant la germination, ils retiennent une grande quantité d'eau par solvatation, en empêchant de ce fait, la dessiccation de la graine et la dénaturation des protéines, en particulier, les enzymes de la germination (**Srivastava et Kapoor, 2005**).

II.5. Technologie de production des galactomannanes à partir des graines de légumineuses

La graine de légumineuses est composée d'enveloppes tégumentaires, d'endospermes et du germe. Le processus qui permet d'obtenir les galactomannanes des graines combine l'extraction et la purification des polysaccharides de l'endosperme (**Dakia et al., 2008**).

II.5.1. Obtention de la gomme brute

Le procédé de fabrication de ces gommes est extrêmement simple puisqu'il se réduit à des traitements mécaniques (séparation des enveloppes, dégermage et mouture) pour aboutir à des

Galactomannanes

farines contenant plus de 95% de galactomannanes, qui peuvent être commercialisées telles quelles (Multon, 1992).

Dakia et al., (2008) et Prajapati et al., (2013) exposent deux procédés permettant la séparation des endospermes des autres parties de la graine (enveloppes et radicules).

a. Procédé chimique

Ce procédé consiste à carboniser les enveloppes coriaces à l'aide d'un traitement à l'acide sulfurique. Un lavage et un brossage permettent l'élimination des fragments restants, ensuite les radicules sont éliminées. Il ne reste alors que les endospermes qui seront séchés, moulus en fine particules, et tamisés pour obtenir une poudre fine (Dakia et al., 2008).

b. Procédé thermomécanique

Le second procédé repose sur le trempage des graines à haute température, elles absorbent de l'eau et gonflent. Les enveloppes et le germe sont manuellement séparés, les endospermes sont séchés, broyés et tamisés pour obtenir une farine de gomme brute (Dakia et al., 2008).

Un troisième procédé dit de torréfaction peut être utilisé pour les graines de tara. Il repose sur l'éclatement plus ou moins complet de l'enveloppe par rôtissage. Celle-ci se détache du reste de la graine, les radicules sont écrasées par broyage mécanique et éliminées par tamisage, et les endospermes seront broyés en fines particules. La poudre obtenue a, cependant, une couleur légèrement plus foncée (Prajapati et al., 2013).

II.6.Extraction et purification des galactomannanes

Certains fabricants produisant des gommes de grande pureté, on trouve, par ailleurs dans le commerce, des gommes de farines de guar aux pouvoirs Épaississants très variables (Multon, 1992).

La gomme brute est solubilisée dans l'eau par augmentation de la température. Le matériel insoluble est ensuite éliminé à l'aide d'une étape de centrifugation et de filtration. Enfin, les galactomannanes sont précipités à l'aide d'éthanol ou d'isopropanol. Le coagulum obtenu qui constitue galactomannanes purs, est récupéré par filtration, lavé à l'acétone, pressé, séché, finement broyé, puis tamisé et conservé (Bouzouita et al., 2007).

II.7.Intérêts des galactomannanes

II.7.1.Intérêt technologique des galactomannanes

Les galactomannanes sont des hydrocolloïdes solubles qui forment des solutions stables et très visqueuses, ce sont des matières souples permettant d'améliorer différentes propriétés physicochimiques car considérés comme excellents agents de texture. Leur pouvoir épaississant est très élevé, c'est-à-dire on les ajoutant en très faibles quantités à un milieu aqueux, ils en augmentent considérablement la viscosité. Ainsi, l'absence de toute toxicité associée a permis leur utilisation dans de nombreux produits, en l'occurrence ceux de l'industrie alimentaire (**Canier et al., 2004**).

Les galactomannanes sont des additifs alimentaires (**Ganter et Reicher, 1999**), aux quels on a attribués le code E410. Ainsi, le comité mixte WHO/FAO d'experts des additifs alimentaires a évalué leur sécurité sanitaire et a établi une dose journalière admissible « non limitée ou non spécifiée » (**Cruz, 1999**).

En dehors de leur pouvoir épaississant et gélifiant, ces macromolécules peuvent être employées pour des propriétés très divers : stabilisation des suspensions et émulsions, pouvoir de rétention d'eau, pouvoir liant, formation de complexes avec les protéines. (**Multon, 1992**).

Employés seuls ou, le plus souvent, associés à d'autres hydrocolloïdes (**Dionisio et al., 2012**), les galactomannanes sont utilisés dans, les soupes, les sauces, les potages, les émulsions (mayonnaises) et les divers assaisonnements. Les galactomannanes donnent une bonne onctuosité aux produits laitiers, mais sont souvent associés à des gélifiants (crèmes desserts, sorbets et crèmes glacées).

Ils peuvent être également utilisés dans la conservation des produits à base de viande où ils assurent la rétention d'eau et empêchent la synérèse (charcuterie, produits carnés) et surtout. Ils sont aussi considérés comme substituts de gras dans les produits hypocaloriques.

Les autres applications industrielles non alimentaires des galactomannanes concernent la photographie, la papeterie (agent de consolidation), la cosmétique et le biomédical. Les gommages utilisées en technologie pharmaceutique et produits cosmétiques sont généralement des gommages non purifiées (**Srivastava et Kapoor, 2005**).

II.7.2.Effet sur la glycémie postprandiale, la réponse insulinique et le diabète

Les fibres solubles (gommes, pectines, guar) présentent un intérêt dans le contrôle de la glycémie. En effet, elles ralentissent l'absorption intestinale des glucides en augmentant la viscosité du contenu intestinal d'où un étalement de la réabsorption intestinale des glucides (**Roberfroid, 2002**).

Plusieurs mécanismes d'actions ont été proposés quant au contrôle du taux de glucose sanguin par les fibres alimentaires solubles. Jenkins et son équipe, ont été les premiers à suggérer que la viscosité induite par les polysaccharides serait le facteur clé dans l'abaissement de la réponse glycémique. En fait, la viscosité agirait principalement en ralentissant la vitesse du vidange gastrique (**Jenkins et al., 1978**), et en diminuant l'absorption du glucose dans la lumière du petit intestin (**Makelainen, 2007**), le passage des nutriments de l'estomac vers la partie supérieure de l'intestin se trouverait alors ralenti, ce qui aurait pour effet d'augmenter le temps d'absorption des sucres et d'abaisser le pic de glycémie (**Edwards, 2003**).

Ainsi des études menées par **Jenkins et al., (2002)** ont montré que l'augmentation de la viscosité provoquée par les fibres solubles a été associée à la diminution du glucose sanguin.

II.7.3.Effet sur l'hypercholestérolémie et maladies cardiovasculaires

Les maladies cardiovasculaires sont parmi les principales causes de mortalité dans le monde (**Viuda-Martos et al., 2010**). Parmi les facteurs de risques reconnus, on trouve l'hypercholestérolémie, le cholestérol LDL élevé, le cholestérol HDL abaissé, et l'hypertriglycéridémie à jeun et postprandiale (**Roberfroid, 2002**).

Une manière bien établie de prévention d'hypercholestérolémie et de maladies cardiovasculaires est d'augmenter la prise de fibres alimentaires hydrosolubles (**Theuwissen et Mensink, 2008**). Diverses études épidémiologiques ont montré une association entre une prise plus élevée de fibres solubles et un risque de maladies cardiovasculaires plus réduit dû à une réduction de concentration plasmatique en cholestérol total (**Castro et al., 2003**).

Selon **Theuwissen et Mensink (2008)**, les gommes peuvent se lier aux acides biliaires dans la lumière intestinale, en abaissant leur absorption, et diminuant ainsi, leur cycle entérohépatique. En conséquence, la synthèse hépatique de nouveaux acides biliaires à partir du cholestérol est nécessaire. Afin de restaurer leurs besoins en cholestérol, les hépatocytes

Galactomannanes

expriment alors des LDL-récepteurs qui captent le cholestérol circulant. Ainsi, le taux de cholestérol circulant en excès sous forme de LDL-cholestérol diminue. Les galactomannanes augmentent la viscosité du bol alimentaire, un autre mécanisme susceptible de diminuer l'absorption des acides biliaires et du cholestérol.

Ramulu et al., (2011) ont étudié l'effet hypolipidémique des galactomannanes chez des rats obèses recevant des régimes alimentaires contenant 2.5 et 5% de galactomannanes de fenugrec pendant une période de 9 mois, ils ont enregistré une perte de poids des rats et une réduction significative des paramètres lipidiques.

II.7.4. Devenir des galactomannanes dans le gros intestin

Pellikaan et al., (2010) ont montré que l'introduction de 1% de galactomannanes de graines de caroube dans le régime de porcelets après sevrage augmente la concentration de lactate et le nombre de lactobacilles dans le jéjunum, ainsi que les concentrations du butyrate et du valérate dans le cæcum aux dépens d'acétate, ce qui a un effet modulateur sur l'activité de la microflore intestinale.

Chez des porcelets ayant reçus 5% de galactomannanes de fenugrec dans leur régime, le nombre de *Lactobacillus.sp* est élevé par rapport à celui d'*Escherichia coli*, *Hafnia sp* et de *Shigella sp* (**Zentek et al., 2012**).

Chapitre II : Le yaourt

III. Le Yaourt

III.1. Définition

Selon le *Codex alimentarius* et la FAO (Food and Agriculture Organisation, 1975), le yaourt est un « produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique grâce à l'action de *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec) ». Les bactéries dans le produit fini doivent être vivantes et présentes en abondance. Ces produits doivent notamment être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes. En fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en deux groupes :

– **Yaourts fermes**, dont la fermentation a lieu en pots. Ce sont généralement des Yaourts nature ou aromatisés.

– **Yaourts brassés**, dont la fermentation a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits (**Luquet et Carrieu, 2005**).

III.2. Historique

Originaire d'Asie, le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaissir » (**Tamine et deeth, 1980**).

En 1902, **Ris et Khoury**, deux médecins français, isolent les bactéries présentes dans un lait fermenté en Egypte. **Metchnikoff** isole le bacille bulgare c'est la bactérie spécifique du yaourt, analyse l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière. De nombreux autres produits sont arrivés par la suite sur le marché : laits fermentés probiotiques, laits fermentés de longue conservation (pasteurisés, UHT, séchés) et produits « plaisirs » (à boire, pétillants ou glacés) (**Rousseau, 2005**).

Traditionnellement, c'est le yaourt dit « nature » et ferme qui constituait l'essentiel des productions de laits fermentés.

Dans les années 1960-1970, les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits sont apparus.

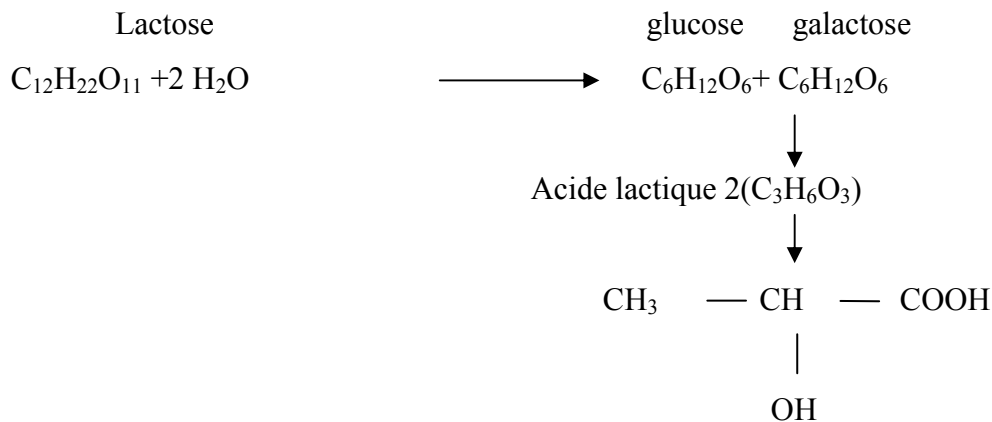
Actuellement, ils sont majoritaires sur le marché. La fabrication du yaourt brassé a constitué une autre étape importante de la commercialisation des produits fermentés (**Bouhaddit menasria, 2014-2015**).

III.3. La fermentation lactique

Définition

Le Yaourt

C'est la transformation du lactose du lait en acide lactique, sous l'action des microorganismes spécifiques appelés bactéries lactiques. La réaction globale de fermentation lactique s'écrit comme suit :



Selon la législation en vigueur, *Lactobacillus Bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* sont utilisées dans la fabrication de yaourt, Elle s'accompagne aussi des modifications biochimiques, physicochimiques et organoleptiques du produit (**Beal et Soldini, 2003**).

III.3.1. Les ferments lactiques

Les ferments lactiques ou levains sont des cultures pures ou mélange de bactéries sélectionnées, qui sont utilisés pour la fabrication de produits laitiers fermentés. Au cours de la fermentation, les bactéries se multiplient et produisent des composés conférant à l'aliment ses propriétés physicochimiques (pH et acidité) et organoleptiques (la saveur, l'arôme et la texture) (**Doleyres, 2003**).

III.3.2. Classification

a. Ferments lactiques homofermentaire

La voie homofermentaire utilise la glycolyse dans sa totalité, du glucose au pyruvate puis lactate. en condition optimale de croissance, cette voie produit deux molécule de lactate et deux molécule d'ATP par molécule de glucose (**Benbarra, 2019**).

La voie homofermentaire est généralement associée aux bactéries des genres *Streptococcus*, *Lactobacillus* et *Pediococcus*.

b. Ferments lactiques Hétérofermentaire

La voie Hétérofermentaire produit outre l'acide lactique, des quantités significatives de CO₂ et d'éthanol ou d'acétate. (**Benbarra, 2019**)

Les bactéries lactiques fermentent le glucose en produisant de l'acide lactique, de l'éthanol et du CO₂. Les groupes principaux de bactéries présentant ce métabolisme sont les *Leuconostoc* et certaines *Lactobacillus*. (**Hadef, 2012**)

III.3.3. Caractéristiques générales des ferments lactiques

Les ferments lactiques sont ajoutés au lait pour démarrer le procédé de fermentation. Ils sont employés pour la production d'une grande gamme de produits laitiers comme le fromage, le yaourt, le lait fermenté, le beurre et la crème (Chen, 2010; HylckamaVlieg et Hugenholtz Van, 2007).

Ce sont des cellules procaryotes à Gram positif pouvant avoir plusieurs formes en fonction des genres (tableau III) : coque, bacille ou de coccobacille. Elles sont immobiles, sporulées ou non, anaérobies, ne possèdent pas de catalase ni cytochrome oxydase mais elles peuvent survivre en présence d'oxygène. Elles sont hétérotrophes et chimio-organotrophes, requièrent des molécules organiques complexes comme source énergétique (acides aminés, peptides, sels, acides gras et glucides) (Rogers, 2006).

Les bactéries lactiques sont fréquentes dans de nombreux milieux naturels (chez les végétaux tels que les plantes et les fruits, chez les animaux et les humains au niveau des cavités buccales et vaginales, tube digestif et fèces) et dans le lait (Roissart, 1986 ; Hassan et Frank, 2001). Elles se caractérisent par une très forte production d'acide lactique à partir du lactose. (Roissart et Luquet, 1994).

Tableau III : Les principaux genres des ferments lactiques (novel, 1993)

Genre	Cellule		Fermentation	ADN G-C (%)
	Forme	Arrangement		
<i>Leuconostoc</i>	Coque	Chaîne ou en paire	Hétérofermentaire	34-43
<i>Streptococcus</i>	Coque	Chaines	Homofermentaire	34-46
<i>Pediococcus</i>	coque	Tétrade	Homofermentaire	34-42
<i>Lactobacillus</i>	Bacille ou coccobacille	Chain ou isolé	Homo et Hétérofermentaire	32-53

III.3.4. Propriétés des ferments lactiques

III.3.4.1. Propriétés technologiques

Les bactéries lactiques contribuent à la texture, à la saveur des aliments ainsi qu'à la production de composés aromatiques. Elles inhibent la prolifération de micro-organismes par la production de composés inhibiteurs telles les bactériocines et en abaissant le pH par la production d'acide lactique (**Doleyres, 2003**).

a. Activité protéolytique

Lactobacillus bulgaricus possède des protéases localisées, pour l'essentiel, au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide. *Streptococcus thermophilus* est considéré comme ayant une faible activité endopetidasiq. Il dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasiq en acides aminés libres. Une activité protéasique trop importante peut engendrer, au cours de la conservation du caillé à basse température, la formation de peptides hydrophobes responsables de défauts organoleptiques et notamment d'amertume dans le produit fini. La caractérisation des souches sur la base du critère production de composés amers, ne concerne donc que les lactobacilles (**Luquet et Corieu, 2005**).

b. Activité texturant

Certaines souches bactériennes produisent des polysaccharides qui, à partir du glucose, par la formation des filaments, limitent l'altération du gel par les traitements mécaniques et contribuent à la viscosité du yaourt. Les polysaccharides excrétés par les bactéries lactiques sont appelés exopolysaccharides (**Vignola et al., 2002**), qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composés de rhamnose, arabinose, et mannose (**Schmist et al., 1994**). La production des EPS est le résultat de l'action exercée par *Streptococcus thermophilus*. Mais selon **Tamine (1999)**, *Lactobacillus bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose, rhamnose.

c. Production d'arômes

Certains nombre d'arômes sont synthétisés par les bactéries lactiques, le diacétyle et l'acétaldéhyde étant considérés comme les plus importants. Le diacétyle est issu par la fermentation du citrate, cette dernière dépend du pH, de l'oxygène, de l'agitation du milieu, et de la teneur en citrate ainsi que la présence de certains facteurs de croissance (oligoéléments par exemple) (**Vignola et al., 2002**).

Pette et Lolkema, (1950) ont été les premiers à suggérer que l'acétaldéhyde serait le composé aromatique principal du yaourt. Cependant, **Schultz et Hingst, (1954)** ont montré que certains produits, même avec une faible quantité d'acétaldéhyde ont un arôme typique du yaourt, suggérant que l'acétaldéhyde n'est pas le seul composé responsable de l'arôme.

En effet une longue liste de composés volatiles a été identifiée (formique, acétique, propionique, acétone, acétoïne, diacétyle) **(Luquet et Corieu, 2005)**. Enfin, la production d'acide lactique influence le goût des produits fermentés, soit directement dans les produits frais, soit indirectement en agissant sur les activités enzymatiques pendant l'affinage **(Doleyres, 2003)**.

III.3.4.2. Propriétés thérapeutiques

Les bactéries lactiques sont recherchées de plus en plus pour des qualités nutritionnelles et thérapeutiques dans des préparations appelées probiotique **(Leveau et Bouix, 1993)**. Le probiotique se définit comme « un microorganisme vivant qui, lorsqu'il est ingéré en quantité adéquate, exerce un effet positif sur la santé » **(Dacosta, 2001)**. Les bactéries probiotiques devraient être capables de survivre en grand nombre aux conditions acides de l'estomac et aux sels biliaires de l'intestin lors de la consommation du produit, puis d'adhérer aux cellules épithéliales de l'intestin afin de produire les effets bénéfiques désirés le plus longtemps possible **(Tamime et al., 1995)**. Ainsi, pour exercer ces effets bénéfiques sur la santé, les bactéries probiotiques doivent survivre en grand nombre au procédé de fabrication, à la lyophilisation éventuelle et à l'entreposage qui s'en suit **(Ishibashi et Shimamura, 1993)**.

a. Activité antibactérienne

Les ferments lactiques inhibent le développement de certains micro-organismes grâce à la synthèse de molécules antibactériennes telles que des acides organiques, notamment l'acide lactique, du peroxyde d'hydrogène et des bactériocines **(Jasniwski, 2008)**; ou par la compétition nutritionnelle **(Leonard, 2013)**.

b. Activité anti cancérogène

La carcinogénèse est un processus multifactoriel influencé par l'hérédité génétique, les facteurs environnementaux et les mutations spontanées. Il est défini par les procédés qui transforment une cellule saine en cellule dégénérée, qui peuvent être parfois liés à l'action de xénobiotiques **(Weisburger, 1985)**. Les données *in vitro* suggèrent que les *lactobacilles* peuvent inhiber ces processus, mais ils peuvent aussi les promouvoir. Par exemple, certains lactobacilles peuvent moduler les enzymes impliquées dans le métabolisme des xénobiotiques. *Lactobacillus* I5007 est capable d'augmenter la quantité de glutathione S transférase (GST) sur les cellules Caco-2 **(Yan et al., 2007)** D'autres études ont montré que la consommation de *Lactobacillus acidophilus* N-2 conduit à l'inhibition des activités β -glucuronidases, nitroréductases, et azoréductases des bactéries du tube digestif de l'homme, ayant une connotation négative en cancérogénèse **(Goldin et Gorbach, 1984)**. Les

probiotiques peuvent aussi inhiber la prolifération des cellules endommagées en augmentant l'apoptose ou en diminuant la quantité de facteurs de croissance. Ainsi ils sont capables de diminuer l'activité ornithine décarboxylase de l'hôte, une enzyme impliquée dans la synthèse de facteurs de croissance chez l'homme (**Linsalata et al., 2004; Linsalata et al., 2005**).

c. Atténuation des problèmes d'intolérance au lactose

Certaines bactéries probiotiques telles que les *Lactobacillus* excrètent la β -galactosidase facilitant la digestion du lactose.

d. Réduction de la teneur sérique en cholestérol

Des tests in vitro ont montré une réduction du taux de cholestérol dans un milieu de culture avec certains *Lactobacillus* (**Zhang et al., 2008**). Plusieurs hypothèses ont été émises pour expliquer ce fait, comme l'assimilation du cholestérol par les bactéries ou l'hydrolyse des sels biliaires conjugués. Les acides biliaires, synthétisés par le foie à partir du cholestérol, sont "recyclés" et utilisés en moyenne trois fois pendant un même repas. L'hydrolyse des sels biliaires conjugués rend nécessaire la synthèse de sels biliaires supplémentaires, ce qui conduirait à une réduction du cholestérol (**Liong et Shah, 2005**).

III.4. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

III.4.1. *Streptococcus thermophilus*

Comme le montre la **figure (5)** *Streptococcus thermophilus* est un Cocci à GRAM positif, anaérobie facultatif, non mobile (**Roussel et al., 1994**). Il est isolé du lait pasteurisé, du matériel de laiterie et des levains artisanaux (**Bekhouche, 2006**). C'est une bactérie thermorésistante (température optimale 40 et 50°C), sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Il est aussi résistant au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (**Dellaglio et al., 1994**). Il est isolé sous forme de coques disposées en chaîne de longueurs variable ou par paires. Son métabolisme est de type homofermentaire (**Affer, 2013**). Le rôle principal de *Streptococcus thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique, aussi il augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (**Bergamaier, 2002**). (Voir le tableau IV)



Figure 05. La bactérie *Streptococcus thermophilus* du yaourt (Boubchir –Ladj, 2006)

III.5.2. *Lactobacillus Bulgaricus*

Comme le montre la figure (6) *Lactobacillus bulgaricus* est un bacille GRAM positif, immobile, asporulé, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. *Lactobacillus* est fréquent dans le lait, les fromages, les laits fermentés, dans les produits végétaux fermentés, les marinades, l'ensilage, le vin, et dans les viandes fraîches ou fermentées (Desmazeaud, 1996). Il est thermophile (température optimale de croissance est d'environ 42C°), très exigeante en calcium et en magnésium. Il a un métabolisme fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Emden Meyerhof. il est incapable de fermenter les pentoses. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (Marty-Teyssset *et al.*, 2000) (Tableau IV).

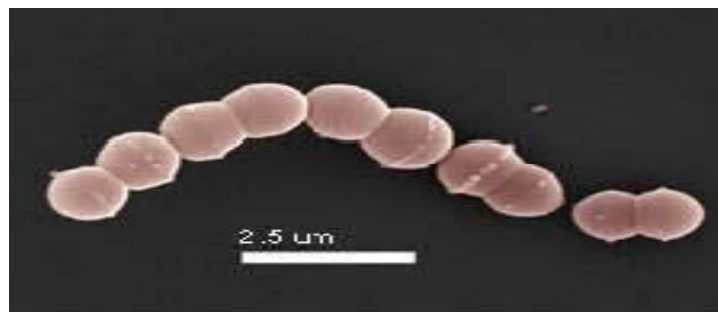


Figure 06. *Lactobacillus bulgaricus* du yaourt (Boubchir-Ladj, 2006)

Tableau IV : Caractéristiques générales des bactéries du yaourt (Manebani Ranzo, 1988)

Espèce	<i>Lactobacillus bulgaricus</i>	<i>Streptococcus thermophilus</i>
Caractères		
Morphologie	Bâtonnets	Cocci ovoïdes disposé en paire ou en chaînes
Gram	+	+
Diamètre	0.5 a0.8 μ	0.7à0.9 μ

Le Yaourt

Mobilité	-	-
Isomère de l'acide lactique	D	L
Spore	-	-
Fermentation des sucres	+ avec ou sans production de gaz	+
Métabolisme fermentaire		
Galactose	-	-
Lactose	+	+
Glucose	+	+
Saccharose	-	+
Fructose	+	+

III.4.3. Comportement associatif des deux souches

Dans des cultures mixtes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* se développent en association (appelée protocoopération). Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique par rapport à la qualité hygiénique et organoleptique du yaourt. D'un point de vue nutritionnel, l'activité fermentaire de ces espèces lactiques favorise une solubilisation des différents constituants du lait, améliorant ainsi leur biodisponibilité (Courtin *et al.*, 2002).

Les deux espèces, 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. 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).

Ces deux bactéries tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relie au peroxyde l'hydrogéné (H₂O₂) qui est produit dans les cellules en présence d'air. Le système 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 dites micro-aérophile (**Affer, 2013**).

III.5.Processus de fabrication du yaourt

Les procédés de fabrication des yaourts et des laits fermentés se caractérisent par trois grandes étapes : la préparation du lait, la fermentation du lait et les traitements post fermentaires du produit (**Beal et sodini, 2003**). Le diagramme de production (**figure 5**) diffère selon le type de produit (yaourt ferme ou brassé) et présente des variantes selon sa teneur en matière grasse et son arôme.

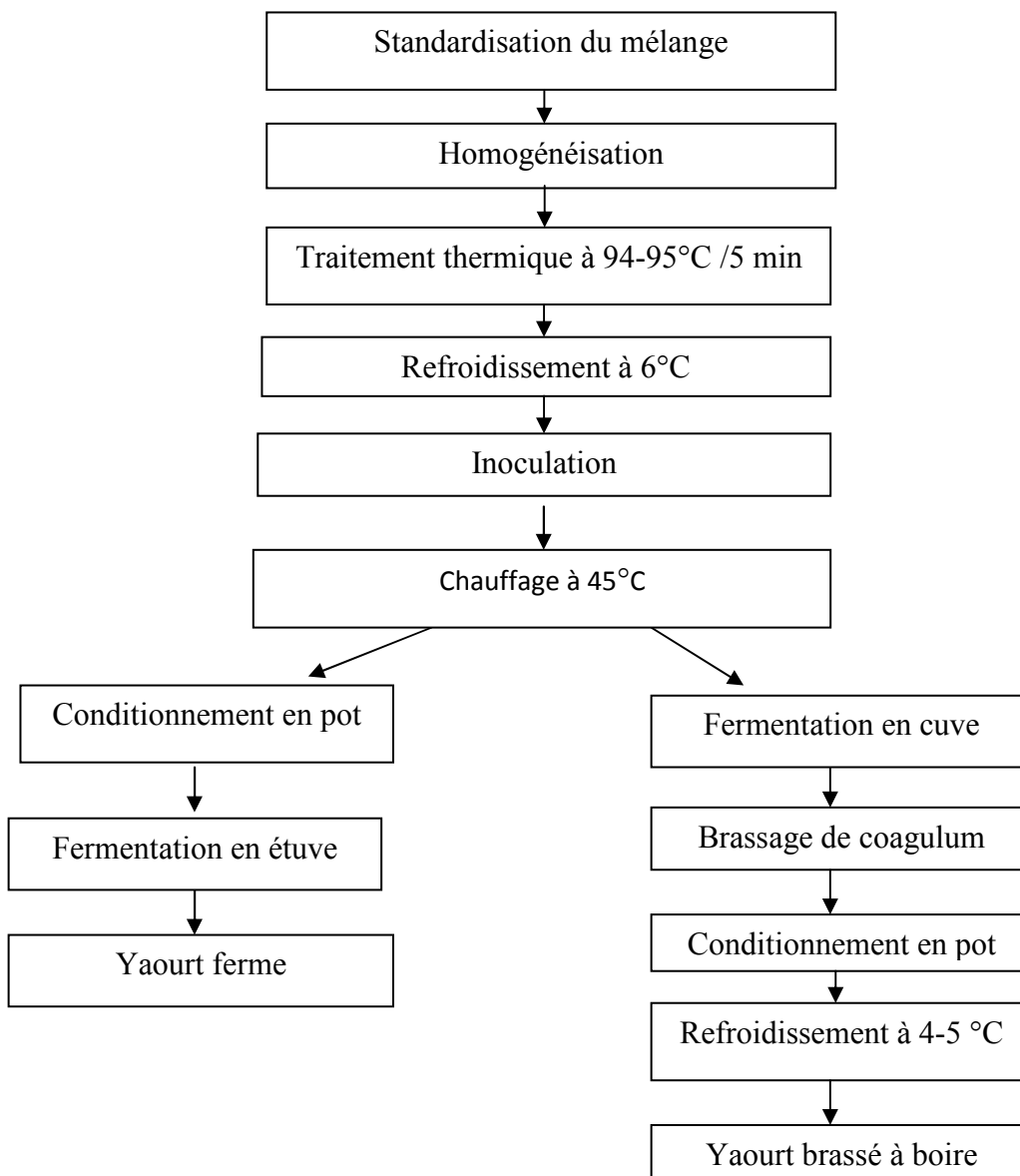


Figure07. Diagramme des principales étapes de fabrication du yaourt (**Usine Ramdy**)

III.5.1.Préparation de lait et standardisation

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 (**Christine, 2010**).

La standardisation permet d'obtenir régulièrement un produit de bonne qualité, qui répond aux critères d'acceptabilité d'un yaourt (**Tamime et Robinson, 1999 et Wu et al., 2009**). Lors de cette étape, le niveau de solides totaux est augmenté jusqu'à 14-16%, soit par l'ajout de poudre de lait (**Tamime et Robinson, 1999**), soit par l'ajout de concentrés protéiques de lactosérum ou des isolats protéiques de lactosérum à des taux variant entre 0.6 et 4% (**Guinée et al., 1995 et Cheng et al., 2000**).

III.5.2.Homogénéisation

Cette opération est indispensable pour éviter la remontée des matières grasses pendant la fermentation, elle permet aussi d'augmenter la viscosité du yaourt et de réduire le phénomène d'exsudation de sérum (ou synérèse) pendant le stockage du yaourt ferme. Enfin, elle confère un aspect plus blanc au lait et, par conséquent, au yaourt (**Beal et Sodini, 2003 ; Luquet et Corrieu, 2005**). Ce traitement est pratiqué surtout dans le cas des laits gras (10 à 25.10⁶ Pa à 60- 90°C), avec une pression d'homogénéisation de 150 à 200 atmosphères. Cette opération peut se faire avant la pasteurisation (ou la stérilisation) proprement dite, ou après le traitement thermique. Dans ce dernier cas, la consistance du yaourt semble meilleure, mais les risques de recontamination sont à craindre (**Jeantet et al., 2008**).

III.5.3.Traitement thermique

Dans le but de la destruction des microorganismes pathogènes et indésirables, le lait homogénéisé est acheminé, à travers la section régénératrice, vers la section de pasteurisation de l'échangeur de chaleur et est à nouveau chauffé à **90-95°C**. Il passe ensuite dans une section de chambrage conçue pour une durée de **05 min** (**Boudier, 1990**). Le temps de retenue en chambrage est le temps pendant lequel il faut laisser reposer le mélange pour compléter les effets de dénaturation des protéines (**Lamontagne, 2002**). Le traitement thermique (pasteurisation et temps de retenue) appliqué chez certains fabricants est de **94±02°C** pendant **5min**. Le traitement thermique influe positivement sur l'activité des ferments en leur procurant un environnement favorable. De ce fait, le milieu devient réducteur par l'élimination d'une forte proportion d'oxygène, ce milieu est plus propice à la fermentation

qui se passe en anaérobiose. Par dénaturation des protéines solubles ; il permet également d'accroître la rétention d'eau et d'améliorer la texture du yaourt (**Mahaut et al., 2000**).

III.5.4.Refroidissement

Après chauffage, On réalise un refroidissement progressif à 45°C cette température est maintenue lors de la fermentation pour éviter le choc thermique du produit (**Mechtoun, 2010**).

III.5.5.Inoculation

Le lait, enrichi et traité thermiquement, est refroidi à la température de fermentation 40-45°C. Cette température correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (**Lonnes, 1994**). L'inoculation se fait à l'aide d'un levain comprenant exclusivement une ou plusieurs souches de chacune des bactéries spécifiques du yaourt: *Streptococcus thermophilus*, et *Lactobacillus. Bulgaricus*. Habituellement, on utilise une culture fournie par un laboratoire spécialisé sous forme liquide, Lyophilisée ou congelée. Le lait, amené à une température généralement voisine de 45°C (entre 42 et 46°C), estensemencé. Une bonne agitation est nécessaire pour rendre parfaitement homogène le mélange lait ferment. Dans les usines importantes, l'ensemencement se fait en continu. La température optimale de développement du *Streptocoque* est de 42-45°C; celle du *Lactobacille* est de 47-50°C (**Chandan et al., 2006**). C'est après l'ensemencement que se différencient les procédés de fabrication des yaourts ferme (ou étuvé) et brassé.

III.5.6.Conditionnement

Le conditionnement des yaourts varie selon les technologies :

- ✓ Le conditionnement du yaourt brassé intervient après brassage et réfrigération dans des pots.
- ✓ Le conditionnement du yaourt étuvé s'effectue avant fermentation. Deux types d'emballages sont utilisés : les pots en verre et les pots en plastique (thermoformage) (**Paci kora, 2004**).

III.5.7.Conservation du yaourt

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**). Au cours de la commercialisation, la température ne doit pas excéder 8°C. Pour avoir droit à la dénomination «yaourt» le produit doit, au moment de la vente, contenir des bactéries spécifiques vivantes en nombre important;

Le Yaourt

un nombre minimum peut être fixé, par exemple 100 millions par millilitre (**Dupin et al., 1992**).

III.6.1. Caractérisation physico-chimiques du yaourt

- **Le pH et le taux de l'acide lactique**

La Fédération Internationale du Lait, préconise une teneur de 0.7% d'acide lactique. Cette valeur est respectée dans certains pays avec une variabilité allant de 0.6 % à 1,5 %. Certaines normes imposent un pH inférieur à 4,5 ou 4,6. Les normes relatives à l'acidité des yaourts de certain pays sont résumées dans le (**tableau V**).

Tableau V : normes de pH des yaourts appliquées de certain pays.

Organisme / payes	Norme
FIL	0.7% en poids exprimé en tant qu'acide lactique
France, Portugal, Italie	Acide lactique libre >0.7%
Espagne	pH<4.6
Pays-Bas	pH<4.5
Belgique	<0.7% exprimé en acide lactique
Pologne	3.9<pH<4.6
Tunisie	0.8% d'acide lactique
Etats-Unis	Acidité <0.9% exprimé en acide lactique
Canada	0.8% d'acide lactique
Australie	pH<4.5
Mexique	pH<4.5
Japon	Aucune réglementation

La réglementation Algérienne, exige que lors de la mise en consommation, la quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ne doit pas être inférieure à 0,8g pour 100g de produit (**J.O.R.A. N°86 du 18 Novembre 1998**).

- **Teneur en protéines**

Selon le codex alimentaire (codex STAN 243-2003), la teneur en protéine dans le produit fini doit -au minimum- être égale à 2,7%.

- **L'extrait sec total**

La matière sèche est la fraction massique des substances restantes après dessiccation complète de l'échantillon. Elle est exprimée en pourcentage ou en g/l (**Nongonierma et al., 2006**).

Le Yaourt

Selon la fédération internationale du lait ; notamment la norme destinée aux yaourts brassés F.I.L ISO 19344 :2015 et aux diverses études faites par (BEAL *et al.*, 2003), l'extrait sec final du produit fini obtenu doit varier pour un yaourt partiellement écrémé entre 15 et 20%.

- **Le taux de matière grasse (MG)**

Il doit être au minimum inférieur à 3% dans le cas des yaourts entier (nature, sucré ou aromatisé) (Boubchir-Ladj, 2000) ; compris entre 0.5 et 3% dans le cas des yaourts partiellement écrémés et de 0.5% dans les yaourts écrémés (Ozer *et al.*, 1998).

- **Viscosité et texture**

La transformation du lait en yaourt s'accompagne de la mise en place d'une structure complexe et d'un changement important des propriétés rhéologiques (Paci kora, 2004).

Dans certains cas, il est d'usage d'ajouter au mélange laitier des agents stabilisants tels que la pectine, la gélatine, la carraghénane, la gomme xanthane, l'amidon et la gomme de caroube (Tamine et Robinson, 1999, Clark et Plotka, 2004)

III.6.2.Paramètres microbiologiques

Les paramètres microbiologiques applicables en Algérie sont précisés dans l'arrêté interministériel du 2 juillet 2017 relatif aux spécifications microbiologiques de certaines denrées alimentaires (Tableau VI).

Tableau VI : Caractéristiques microbiologiques du yaourt (JORA, 2017)

Détermination	N	Norme (UFC/ml)
Coliformes totaux	5	10
Coliforme fécaux	5	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	5	10
Levures	5	<10*2
Moisissures	5	Absence
Salmonelles	5	Absence dans 25 g
La flore lactique	5	>10*7
Enterobacteriaceae	5	10
<i>Listeria monocytogenes</i>	5	100

II.6.3. Caractérisation organoleptique

L'analyse sensorielle est l'étude systématique des réponses humaines aux propriétés physico-chimiques des produits. La qualité organoleptique des aliments regroupe les propriétés d'un produit perceptible par les organes des sens.

- **Odeur et arôme**

L'acétaldéhyde est considéré comme le principal composé d'arôme pour le "yaourt", mais la 2,3 pentanedione, le dimethylsulfure, le limonène et l'un de canal, ont également un impact (**IMHOF et al., 1994**). Par ailleurs, de nombreuses notes aromatiques supplémentaires peuvent être apportées au yaourt par ajout de composés d'arôme et de préparations de fruits. (**Lawless et al., 1994**).

- **Saveur**

Le yaourt est caractérisé par une saveur acide (**Marshall, 1987**), due à la présence d'acide lactique. D'autres saveurs du yaourt, mais moins intenses, sont les saveurs sucrée et amère. La Saveur sucrée est due à la présence du lactose non hydrolysé et du galactose produit au cours de la fermentation. Elle peut être renforcée par ajout du saccharose. La saveur amère, considérée comme indésirable, est due aux peptides amères produits par certains ferments ou à une contamination par des germes protéolytiques (**Biliaderis, 1992 et Weber, 1994**).

- **Texture**

La texture est l'ensemble des propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit perceptibles par les récepteurs sensoriels (**Michon et al., 2012**). La texture en bouche des yaourts est caractérisée le plus fréquemment par le caractère épais et nappant (**Pacikora, 2004**).

III.6.4. La valeur nutritionnelle et thérapeutique du yaourt

Le yaourt contient une grande quantité de protéines d'excellentes qualités. Il est également riche en calcium et fait partie des aliments dont la densité calcique est la plus élevée (300 mg/100 Kcl) (**Barthelem et Rahe, 1993**). Les cultures de *Lactobacillus* sont capables de synthétiser certaines vitamines et minéraux, un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (protéine : 4 à 5 %, lipide à un taux variable, glucide : 5 à 20 % selon qu'il est nature ou sucré) (**Mahut, 2000**). Parmi ses intérêts:

- Amélioration de l'absorption du lactose: Le yaourt présente une meilleure absorption que le lait surtout pour les sujets intolérants au lactose (**Moreau, 2005**).
- Amélioration de la digestibilité des protéines : Une étude est faite sur l'hypothèse que les bactéries lactiques ont un rôle dans l'activité lactasique de la muqueuse intestinale

et la libération de lactase bactérienne lors de la destruction de bactéries lactiques pendant le transit, intestinal (**Gérard, 2001**).

- Stimulation du système immunitaire: Le yaourt a un effet immunorégulateur, qui permet d'augmenter la production d'interférons et d'exciter l'activité des lymphocytes B, cet effet peut être attribué aux *Lactobacillus bulgaricus* (**Marteau et al., 1994 ; Mahaut et al., 2000**).
- Action préventive contre les cancers de la sphère digestive: Les bactéries lactiques modifient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes dans le tube digestif en inhibant la formation des substances précancéreuses (**Drouault et Corthier, 2001**).
- Action hypocholestérolémiante: le taux du cholestérol diminue suite à la Consommation des produits laitiers fermentés. (**Drouault et Corthier, 2001**).

Le yaourt est donc un aliment vivant qui, d'une façon générale, diminue les symptômes des perturbations intestinales (**Fredot, 2005**). De plus il assure un apport plus important que le lait en certaines vitamines (**Sodini et Béal, 2012**).

A horizontal orange banner with a gradient from light to dark orange, styled to look like a scroll with curled ends. The text is centered within the banner.

Partie expérimentale

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Matériel et méthodes

Le but de ce travail consiste à étudier l'effet de l'incorporation de la farine des gousses de caroube et de la gomme de ce dernier sur les caractères organoleptiques du lait fermenté type yaourt.

La première partie est réservée au traitement de la matière première et l'extraction de la gomme à partir des graines de caroube. Cette étape a été effectuée dans le laboratoire de la faculté des sciences de la nature et de la vie et sciences de la terre (université AMO, Bouira).

La deuxième partie concerne la fabrication d'un yaourt en utilisant les ferments lactiques (issue d'un yaourt nature), la gomme et la farine de caroube. Différentes concentrations de ces deux produits sont testées afin d'étudier leurs effets sur les caractères organoleptiques des yaourts.

Suite à la situation épidémiologique relative au COVID-19 il nous a été impossible de réaliser des essais à l'échelle industriel. Nous étions contraints de suivre une méthode artisanale.

Nous étions aussi dans l'obligation de restreindre le nombre d'essais par rapport à la quantité de la gomme que nous avons à notre disposition suite à la l'opération d'extraction car, il nous a été impossible de la refaire suite à la non disponibilité du laboratoire.

Les analyses physico-chimiques et microbiologiques n'ont pas été réalisées suite à l'impossibilité d'accès aux laboratoires.

I. Matériels

1. Matériel végétal

La matière première utilisée est constituée de gousses et des graines de caroube (*Ceratonia siliqua*). Elles ont été récoltées au stade mature, à la ville de Tazmalt BEJAIA et à BLIDA, durant le mois de février.

2. Matériels biologiques

- Yaourt nature.

Matériel et méthodes

- Lait pasteurisé partiellement écrémé.

- Eau distillée.

3. Matériels non biologiques

- Verrerie.

- Balance (electronic kitchen scale).

- Four (condor).

- Broyeur (sonashi).

- Bain marie (Memmert GmbH).

- Boîtes en plastiques.

II. Méthodes

II.2.1. L'extraction de la gomme de caroube

La gomme brute de caroube est obtenue en broyant les endospermes des graines de caroubes après séparation des autres parties de la graine (les enveloppes tégumentaires et le germe).

Les gousses de caroube sont concassées, les graines sont récupérées et triées. Ensuite, les téguments sont enlevés à l'eau bouillante selon le protocole décrit par **Dakia et al. (2008)** :

- 100 g de graines de caroubes sont immergées dans 800 ml d'eau distillée chauffée à 100°C pendant une heure dans un bain marie, les graines absorbent de l'eau et gonflent sans destruction des enveloppes tégumentaires (**Figure 08, 09 et 10**).



Figure 08. Graines de caroube



Figure 09. Graines immergées dans l'eau



Figure 10. Graines gonflés après une heure dans un bain marie.

- Les graines sont ensuite récupérées de l'eau et lavées. les enveloppes sont séparées manuellement, les radicules sont éliminées après fente des endospermes (**Figure 11**). Ces derniers seront séchés à 100°C pendant une à deux heures jusqu'au poids constant, broyés en fines particules et tamisés pour obtenir une farine de gomme brute.



Figure 11. Séparation des enveloppes tégumentaires, les endospermes et les germes

Le protocole d'extraction de la gomme brute est résumé dans la (**figure 12**).

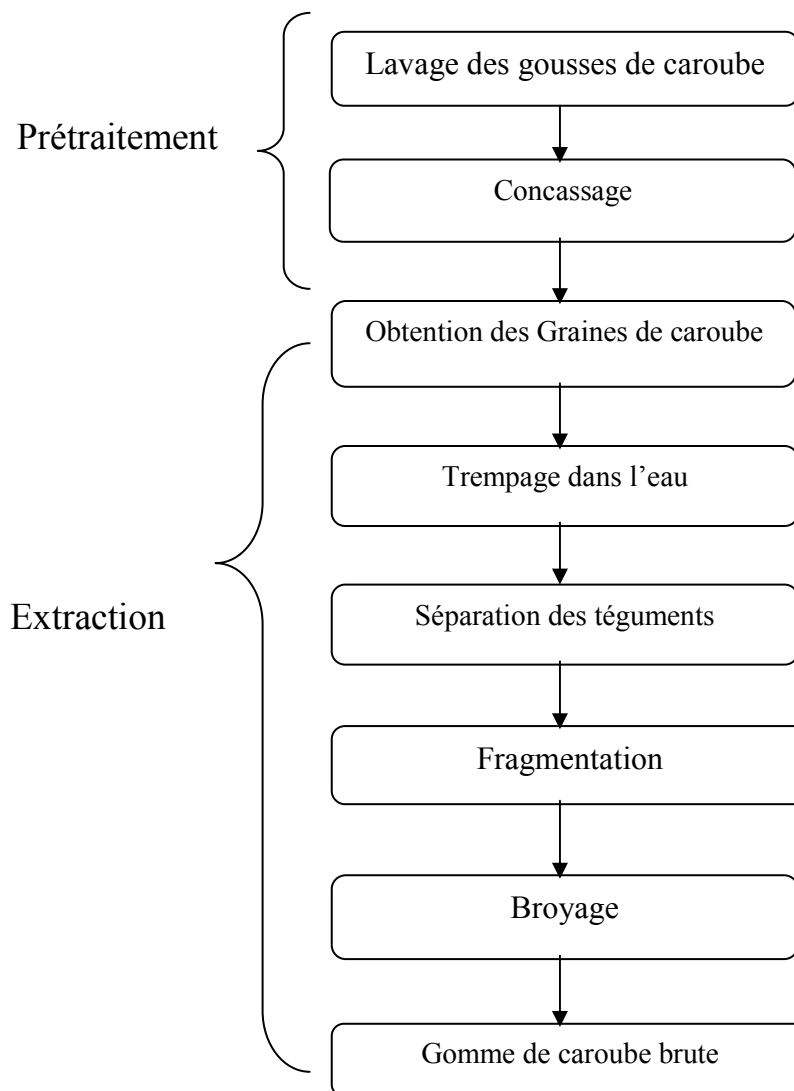


Figure 12.Extraction de la gomme brute des graines de caroube

II.2.2. Fabrication de la farine de caroube

Les gousses de caroube (Fig13) concassés sont séchées à l'air libre et sont broyées et tamisées.



Figure 13. Gousses de caroube séchées

II.2.3. Méthode de Fabrication du yaourt

La préparation du yaourt a été réalisée à la maison avec une recette et une méthode artisanale (**Figure 14**) en respectant le diagramme de fabrication d'un yaourt ferme à base de farine et de gomme de caroube (**Figure 17**).

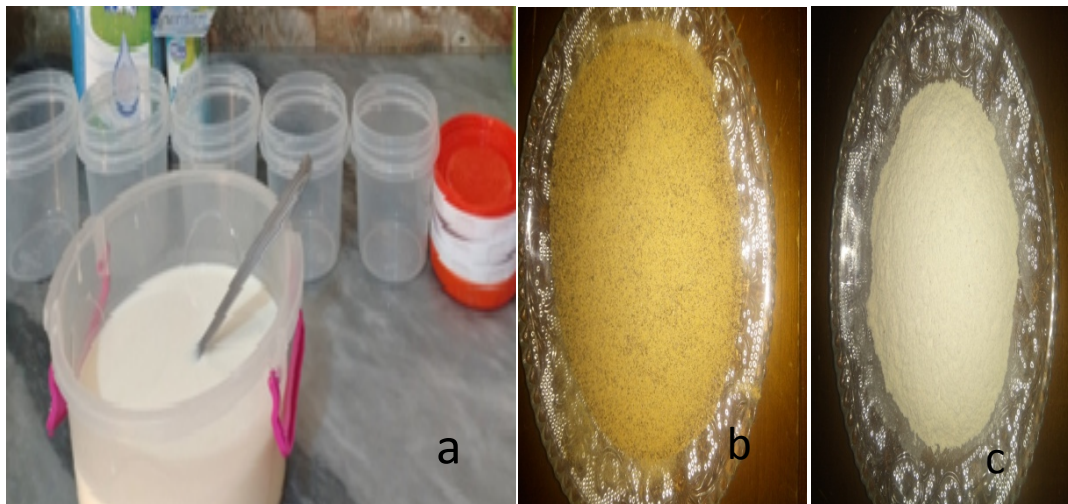


Figure 14. Les ingrédients utilisés pour la fabrication de yaourt à base de caroube

a : lait, yaourt nature, pots, ustensile/ **b** : la farine de caroube / **c** : gomme de caroube

Les différentes étapes de la fabrication du yaourt sont illustrées dans **Figure 17**

Préparation du lait

1 litre de lait entier a été pasteurisé (70 et 80° pendant 5 à 8 min) et refroidi à une température de 45°

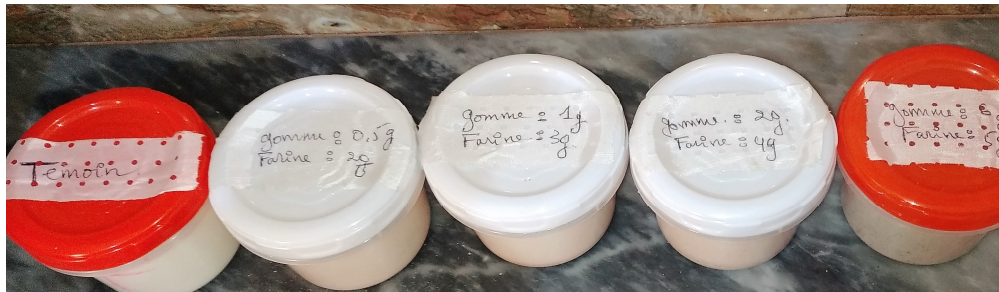


Ensemencement

Dans une casserole 100g de yaourt nature a été versé avec le lait préparé au paravent

Mise en boîtes

200 ml de la préparation a été versé dans chacun des 5 pots et des concentrations différentes de la farine et de la gomme de caroube ont été ajoutées. Le témoin représente un yaourt étuvé nature acheté du commerce (**figure 15**).



Témoin	gomme : 0.5g	1g	2g	6g
	Farine : 2g	3g	4g	5g

Figure 15. Les échantillons avant l'étuvage

Étuvage

À 40°C pendant 6h au four

Refroidissement et stockage

A 4°C pendant 10 h (Figure 16)



Figure 16. Les échantillons à réfrigération (4°C)

Figure 17. Diagramme de fabrication de yaourt étuvé à base de caroube.

III.L'évaluation sensorielle

L'analyse sensorielle est un passage obligatoire pour les industriels du marché agroalimentaire. Cette technique vise la satisfaction des besoins du consommateur tout en réduisant les pertes aussi bien pour le fabricant que pour le revendeur (**Roudaut et Lefrancq, 2005**). L'objectif de l'évaluation sensorielle c'est de reconnaître le yaourt présentant les meilleures caractéristiques organoleptiques relatives à :

- **L'apparence** : aspect général, la couleur, la forme.
- **le gout** : sucrée, salée, amère, acide.
- **L'arôme** : piquant, fruité, boisé.
- **La texture** : dure, collant, croquant, friable.
- **L'odeur**.
- **La saveur**.

Elle est réalisée par un jury de dégustation (**LAS, 2011**).

III.1.Organisation de la séance de dégustation

Le test de dégustation s'est déroulé à la maison avec les membres de la famille (10 personnes). Au moment de la dégustation chaque membre avait en face de lui 04 échantillons de yaourt à base de farine et gomme de caroube et un échantillon de yaourt témoin.

Les échantillons ont été codés (**Tableau VII**) et présentés au jury de dégustation afin de tester :

- La texture
- La couleur

Matériel et méthodes

- Le gout
- L'odeur

Tableau VII : code et concentrations en gomme et en farine de caroube correspondants à chaque échantillon.(**Sadoud Meryem, 2013-2014**),(**Maameri Tawouse et Said Fatiha, 2018**).

Référence de l'échantillon	Concentration en gomme de caroube (g)	Concentration en farine de caroube (g)
A	0,5	1
B	1	3
C	2	4
D	6	5
Témoin	0	0

A horizontal orange banner with a gradient from light to dark orange, featuring a scroll effect on the left and right sides. The text is centered within the banner.

Résultats et discussion

II. Résultats et discussion

II.1.Extraction de la gomme de caroube

L'opération de l'extraction a permis l'obtention d'une quantité de gomme de 13g à partir d'une quantité de matière première de 100g. **(Figure 18)**

Ces résultats n'ont pas pu être comparés avec les résultats des études précédentes car l'étape de purification n'a pas été faite.



Figure 18. Gomme de caroube.

II.2.fabrication de la farine de caroube

Nous avons pu obtenir une quantité de farine de 82g à partir de 100g. **(Figure 19)**



Figure 19. Farine de caroube

Résultats et discussion

II.3.fabrication du yaourt

Les résultats obtenus sont illustrés dans (figure 20).



Figure 20:les 5 yaourts fabriqués à partir de concentrations différentes de farine et de gomme de caroube.

L'utilisation de la gomme et de la farine de caroube nous a permis d'obtenir des yaourts avec des caractères organoleptiques différents, et cela, en fonction des quantités utilisés.

Le rendement suite à l'utilisation de ces additifs ne peut être calculé car les volumes de lait utilisés pour la réalisation des essais sont trop petits.

II .4. Analyse sensorielle

II.4.1. La texture

La texture et l'onctuosité constituent, pour le consommateur, d'importants éléments d'appréciation de la qualité du yaourt et des laits fermentés (FAO, 1995). En effet, à pH voisin de 4.6, les protéines du lait précipitent et forment un coagulum, ce dernier donnera la consistance et la viscosité du produit (Brochu et al., 1984). Ce caillé possède, certes, une certaine consistance mais il demeure fragile, peu manipulable et risque de se briser facilement (Tamime et Robinson, 1999).

Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation de la texture des yaourts fabriqués sont représentés dans le (tableau VIII) et la (figure 21).

Résultats et discussion

Tableau VIII : Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation de la texture des yaourts.

Dégustateurs produit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	La moyenne %
A	50	50	50	80	50	50	70	50	60	60	57
B	60	90	60	70	60	80	70	70	70	70	70
C	20	20	20	30	30	80	30	15	40	15	33
D	20	20	15	20	20	50	20	10	10	15	20
Témoin	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

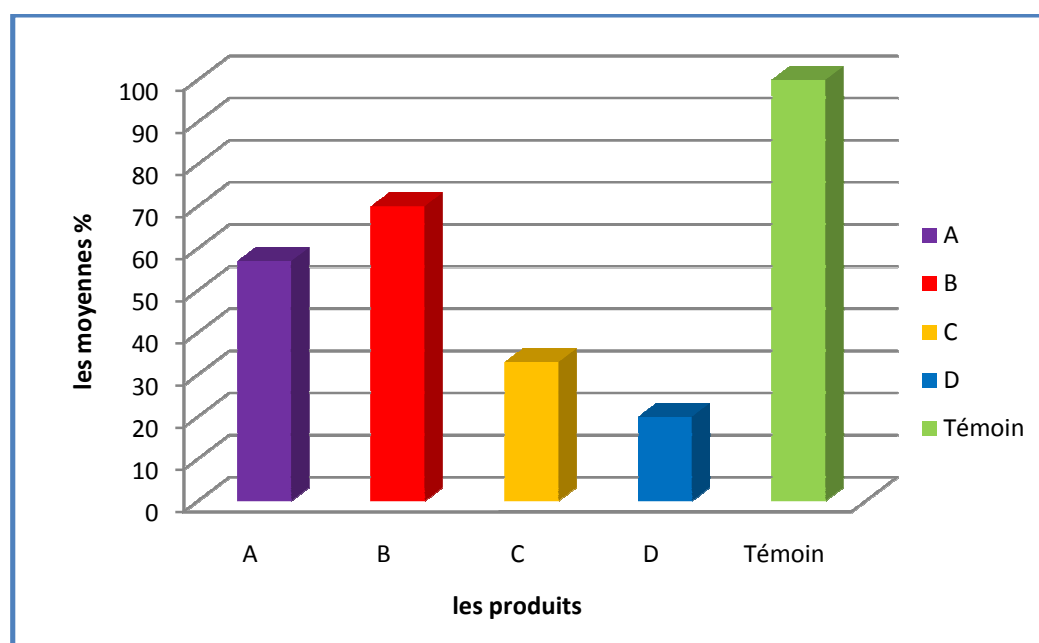


Figure 21: Evaluation de la texture des produits (pourcentages de satisfaction).

Les résultats ont montré que le yaourt B obtenu par l'incorporation de 1g de gomme et 3g de farine de caroube est le plus apprécié avec un pourcentage de satisfaction de 70%. En seconde position, le yaourt A, obtenu par l'incorporation de 0.5g de gomme et 1g de farine avec un pourcentage de satisfaction de 57% (**figure 21**). Ces deux produits présentent une texture brillante, lisse, uniforme, et exempte de grains (**figure 20**).

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par **Sadoud (2014)** qui ont travaillé sur l'effet des galactomannanes de graines de caroube sur la viscosité d'un lait écrémé et sur le développement de souches bénéfiques.

Résultats et discussion

Par contre pour les produits C obtenu par l'incorporation de 2 g de gomme et 4 g de farine avec un pourcentage de satisfaction de 33% et le produit D obtenu par l'incorporation de 5g de gomme et 6 g de farine avec un pourcentage de satisfaction de 20% présentent une texture granuleuse, gélatineuse et hétérogène. Ce la peut être expliqué par un effet texturant important de la gomme et de la farine de caroube impactant négativement la qualité de la texture.

Les résultats montrent que l'utilisation de la gomme et de la farine de caroube influence la viscosité du yaourt en fonction des pourcentages utilisés. L'amélioration de la viscosité du yaourt par d'ajout des galactomannanes est probablement due à la propriété gélifiante de ces polysaccharides (**El-Sayed et al., 2002**).

Selon **El-Sayed et al., (2002)**, les gommés stabilisantes sont employées pour améliorer la texture et la fermenté des yaourts, et pour qu'ils gardent de bonnes propriétés rhéologiques pendant l'entreposage réfrigéré du produit

Camacho et al., (2005) rapportent que les interactions entre les micelles des caséines et les polysaccharides hydro colloïdes favorisent le pouvoir de gélification du système. Ainsi **Perissutti et al., (2002)** ont montré que l'amélioration des propriétés rhéologiques est due à un effet synergique entre les protéines du lait et les galactomannanes en empêchant ainsi une séparation de phases.

Lucey et al., (1999) rapportent que le sérum de séparation (synérèse) qui se forme dans un produit laitier fermenté est dû à l'agrégation et à la sédimentation des particules de caséines durant le stockage. Ces mêmes auteurs ont montré par leurs travaux que l'utilisation de stabilisateurs (type galactomannanes) est nécessaire pour prévenir la synérèse.

Ünal et al., (2003) ont démontré que le problème de synérèse rencontré dans un yaourt préparé à partir d'un lait écrémé peut être prévenu en augmentant la teneur de matière sèche ou encore par l'ajout de la gomme brute. Ceci est lié vraisemblablement à l'effet de cette dernière sur la stimulation de l'activité des souches spécifiquesensemencées qui ont la capacité de produire des exopolysaccharides contribuant à l'amélioration de la texture du milieu (**Leveaux et bouins, 1990**).

II.4.2. Le Gout

Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation du goût des yaourts fabriqués sont représentés dans le (**tableau VIII**) et (**figure 22**).

Résultats et discussion

Tableau VIII : Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation du goût des yaourts fabriqués.

Dégustateurs / produits	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	La moyenne %
A	60	50	60	50	100	60	40	50	80	80	63
B	80	60	90	70	100	80	60	80	90	90	80
C	40	20	50	20	30	60	40	15	30	20	32.5
D	30	20	10	20	10	20	10	10	20	20	17
Témoin	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

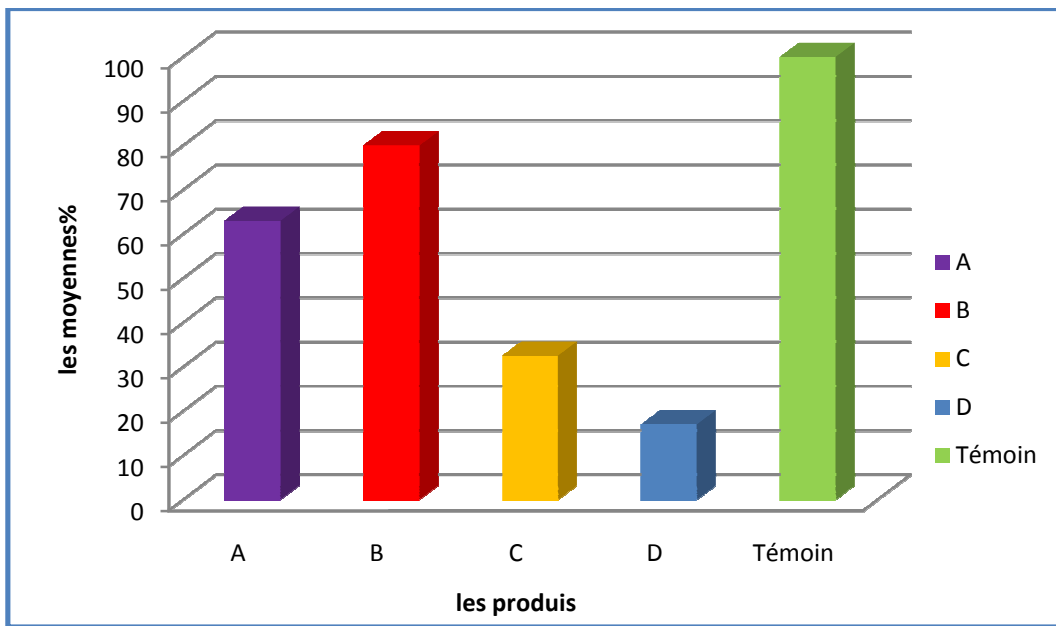


Figure 22 : Evaluation du goût des produits (pourcentages de satisfaction).

Les résultats montrent que les échantillons A (0.5g de gomme et 1g de farine) et B (1g de gomme et 3g de farine) présentent des meilleures pourcentages de satisfaction respectivement (63% et 80%) avec un goût doux peu sucré et légèrement chocolaté.

Les résultats ont montré que l'incorporation de la farine avec des fortes doses a un effet sur la perception de goût acide.

Les échantillons C et D présentent respectivement des pourcentages de satisfaction de 32.5% et 17% avec un goût acide relativement désagréable.

Résultats et discussion

Nos résultats corroborent ceux obtenus par **Maameri et Said, (2018)** qui ont testé les concentrations suivantes 0, 0.5, 1 et 2 g de farine.

En effet, il a été constaté que l'ajout de gomme de caroube améliore la qualité organoleptique du yaourt, notamment sa texture, sans pour autant modifier le goût du produit. Ce dernière serait plus modifié suite l'effet de l'incorporation de la farine que de celle de la gomme (**Teles et Flores, 2007**).

Nos résultats sont similaires que ceux obtenus par **Teles et Flores, (2007)**, qui ont trouvé qu'à la différence de la gomme de caroube, une forte concentration de gomme de xanthane ou de guar diminue l'acceptabilité organoleptique du produit en modifiant particulièrement le goût.

D'après **Bourgeois et Larpent, (1996)**, les bactéries du yaourt ne se multiplient pas à 4°C mais conservent néanmoins une activité métabolique. Ainsi l'acide lactique est encore produit à partir du lactose, ce qui abaisse légèrement le pH et augmente la saveur acide du yaourt. Cet effet est encore plus important lors de l'ajout de la farine de caroube à des concentrations élevées car cette dernière est riche en sucre ce qui favorise d'avantage la fermentation et la production d'acide lactique. Par conséquent, le pH du milieu diminue et un goût acide apparaît.

II.4.3. L'Odeur

Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation d'odeur des yaourts fabriqués sont représentés dans le (**tableau X**) et la (**figure 23**).

Tableau X : Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation d'odeur des yaourts fabriqués

Dégustateurs / Produit	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	La moyenne %
A	80	90	50	80	50	30	90	60	60	80	67
B	80	40	70	80	60	30	90	80	80	80	69
C	30	30	40	30	50	40	30	30	50	60	39
D	10	10	16	20	40	30	10	10	50	30	22.6
Témoin	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

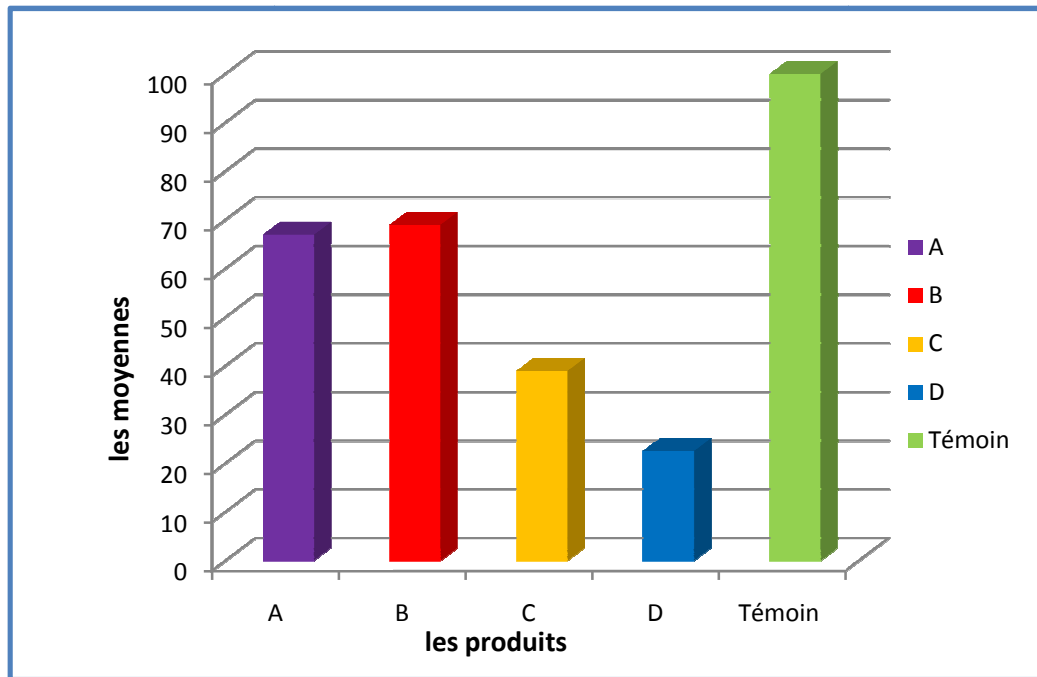


Figure 23: Evaluation de l'odeur des produits (pourcentages de satisfaction).

Les résultats montrent que le pourcentage de satisfaction le plus élevé (69%) est celui attribué au produit B (avec 3 g de farine et 1 g de gomme) suivi par celui attribué au produit A (67%) en utilisant 1g de farine et 0.5g de gomme.

Les résultats ont montré que les yaourts A et B avaient une odeur agréable spécifiques de caroube, par contre les produits C (4g de farine et 2g de gomme) et D(5g de farine et 6g de gomme) avaient une odeur d'acide relativement forte. Cela peut être attribué aux concentrations élevées de farine utilisée.

II.4.4. La couleur

Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation de la couleur des yaourts fabriqués sont représentés dans le (tableau XI) et (figure 24).

Tableau XI : Les pourcentages de satisfaction suite à l'évaluation de la couleur des yaourts fabriqués.

Dégustateurs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	La moyenne %
Produit											

Résultats et discussion

A	60	90	60	40	80	100	50	80	70	70	70
B	95	70	70	90	70	90	60	90	90	60	78.5
C	20	40	10	10	10	40	50	30	10	20	24
D	40	15	10	20	50	10	10	18	20	20	21.3
Témoin	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

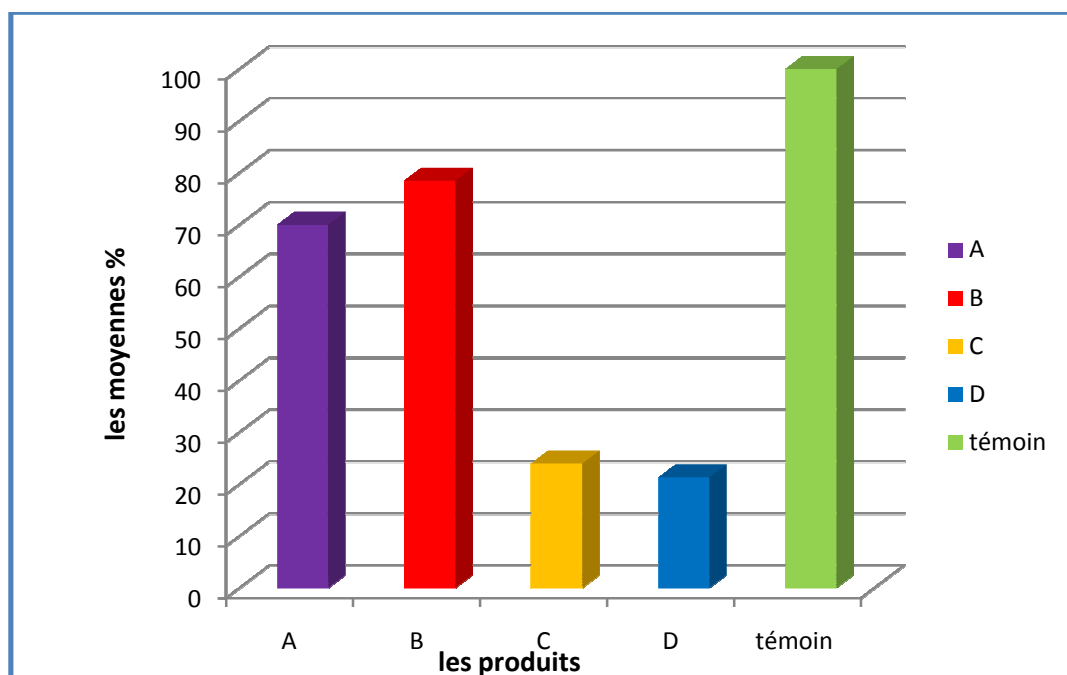


Figure 24: Evaluation de la couleur des produits (pourcentages de satisfaction).

Les résultats montrent que la couleur la plus appréciée est celle du produit B (couleur beige) avec un pourcentage de satisfaction de 78,5 % suivi par le produit A avec un pourcentage de satisfaction de 70%.

Nos résultats se rapprochent de ceux obtenus par **Maameri et Said, (2018)** qui ont montré que les meilleurs résultats organoleptiques sont obtenus à des concentrations de farine de caroube de 1 g, 2 g et 2.5g.

Dans notre étude, quelques concentrations de gomme et de farine de caroube ont été testées. Les résultats obtenus nous laissent tout de même penser que la gomme contribue à la modification de la texture du yaourt et que la farine a plutôt un effet sur le goût, l'odeur et la couleur.

Les résultats du test de dégustation ont révélé que le produit B (1g de gomme de caroube et 3g de farine) était de meilleure qualité par rapport aux autres produits avec

Résultats et discussion

une texture homogène et lisse, un goût et une odeur agréables et spécifiques à la caroube (**figure 25**).

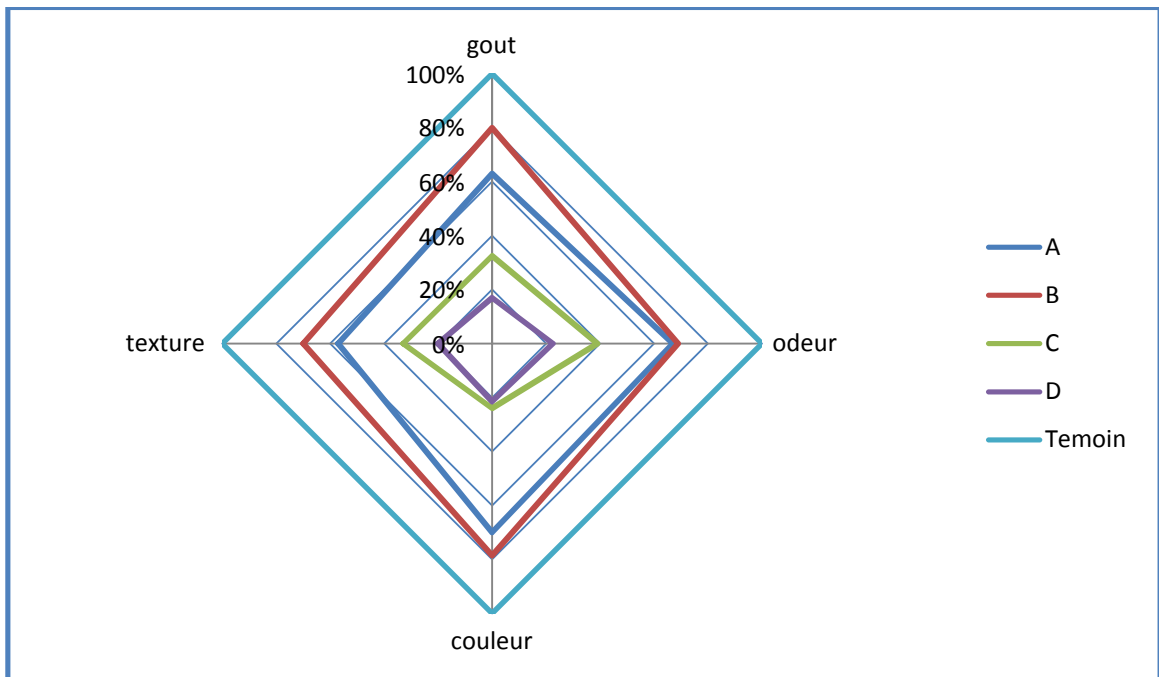


Figure 25: Résultats de l'analyse sensorielle des échantillons des yaourts.



Conclusion

Conclusion

Conclusion

L'industrie de fabrication du yaourt est fortement dépendante des marchés de matières premières, ceci engendre des difficultés pour garantir une bonne qualité de produit, parmi les quelles on trouve la qualité des additifs alimentaires incorporés et les doses utilisées, qui permet de maîtriser et amélioré la qualité du produit fini.

Ce travail nous a permis de fabriquer un nouveau yaourt à base de caroube (gomme et farine).

Après l'obtention de la gomme et de la farine de caroube, différentes concentrations ont été testées dans la production du yaourt. Les produits issus des différents essais ont fait l'objet d'un test de dégustation afin de juger leur qualité organoleptique.

Les résultats de notre travail ont montré que la farine et la gomme (utilisées à certaines concentrations) contribuent à l'amélioration de la texture, du gout et de la couleur des yaourts.

Le jury de dégustation a qualifié le produit fabriqué à partir de à 1 g de gomme et 3g de farine de caroube (produit B) de meilleure qualité organoleptique par comparaison aux autres produits.

La gomme et la farine de caroube offrent de grands intérêts dans la technologie de fabrication des produits laitiers. Afin de maîtriser leur utilisation, des travaux supplémentaires doivent être réalisés en prenant en considération d'autres paramètres tel que l'ajout d'arômes, de sucre ou d'autres ingrédients qui contribuent à l'amélioration de la qualité du produit.



Références bibliographiques

Références bibliographiques

Références bibliographiques

- Aafi A. (1996). Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Centre Nationale de la Recherche Forestière. Rabat (Maroc), pp : 10.
- AFFER, M. BOUZAINÉ, T. (2013). L'effet de l'incorporation de la farine de pois chiche sur le lait fermenté type.
- 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, pp : 1-4.
- Albanell E. (1990). Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratoniasiliqua*L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.
- Albanell E., Caja G., et Plaixats J. (1991). Characterization of Spanish carob pod and nutritive value of carob kibbles. *Options Méditerranéennes* 16, pp : 135- 136
- Avallone R., Plessi M., Baraldi M. et Monzani A. (1997). Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*, 10, pp: 166-172.
- Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J.I. and Strand M. (2007) Determination of Chemical Composition of Anatolian Carob Pod (*Ceratonia siliqua* L.): Sugars, Amino and Organic Acids, Minerals and Phenolic Compounds, *Food Qual.* 30, 10401055.
- Barracosa P., Osorio J., et Cravador A. (2007). Evaluation of fruit and seed diversity and characterization of carob (*Ceratonia siliqua* L.) cultivars in Algarve region. *Scientia Horticulturae*, 114, pp: 250–257.
- BARTHELEM et RAHE. (1993). « Yaourt et alimentation des enfants ». *Revue* .
- Battle I., et Tous J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
- Beagge M., Andersen O., Neilsen J. D. et Rytting K. L. (1996). Dietary fibre reduces blood pressure serum total cholesterol and platelet aggregation in rats. *British Journal Nutrition* 75: pp: 483- 493.
- BEAL et SODINI. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés, *Techniques de l'ingénieur*. 158 pages.

Références bibliographiques

- BEAL, C et SODINI, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In Technique de l'ingénieur. Traité Agroalimentaire, F6. 315 pp 2-16
- BEAL, C. et SODINI, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In Techniques de l'ingénieur, traité agroalimentaire. Ed : Tec et Doc, Lavoisier. Paris.
- BEAL,C. et SOLDINI, I. (2003). Fabrication des yaourts et des laits fermentés, In Technique de d'ingénieur, traité agroalimentaire, F 6315.
- BEKHOUCHE , F. (2006). Bactéries lactiques du lait cru de vache de microorganismes pectinolytiques des olives noires et vertes:1. Isolement et identification biochimique. 2. Evaluation et Optimisation de la production d'enzymes polygalacturonase. Thèse de doctorat d'état. Institut de la nutrition de l'alimentation et des technologies agro-alimentaires. Université de Mentouri, Constantine.104p
- BERGAMAIER , (2002). Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de lactobacillus rhammasus R.W-959M dans un milieu à base de permeat de lactoserume ,t hèse de doctorat université de laval .Canada .
- Bergmaier D. (2002). Production d'oligosaccharides par fermentation avec cellules immobilisées de Lb. Rhamnosus RW-9595 M d'un milieu à base de perméat de lactosérum. Thèse de doctorat (Ph.D.) université Laval. Canada.
- Bernardo-Gil M. G., Roque R., Roseiro L. B., Duarte L. C., Girio F., et Esteves P. (2011). Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). *Journal Supercritical Fluids*, 59, pp: 36-42.
- Berrougui H. (2007). Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales, *Maghreb Canada Express* Vol. 5, N° 9.
- BERTHIER ,A.M .(1992). Alimentation et nutrition humaine. Ed : esf, Paris. 1515
- BILIADERIS ,C.G, KHAN M.M. ET BLANK G.. Rheological and sensory Properties of yagurt from skim milk and ultra filtered retentates. *International Dairy Journal*, 2.1992. p 311-323.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M et Pekmezci M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua*L.) in Turkey. *Food Chemistry* 100, pp : 1453–1455.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua*L.) in Turkey. *Food Chemistry* 100, pp : 1453–1455.

Références bibliographiques

- BOUBCHIR –LADJ ,K. (2004). Effets de l'enrichissement (avec des concentrés de protéines laitières) et des paramètres technologiques sur la qualité du yaourt fabriqué à la laiterie Soummam d'Akbou. Mémoire de Magister : Sciences biologiques. Biochimie appliquée et biotechnologies. Université de Tizi-Ouzou. p86.
- BOUBCHIR-LADJ KAHINA. (2006). Mémoire de magistère U université de Tizi-Ouzou.
- BOUDIER, J.F. (1990). Produits frais, In laits et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre .LUQUET, F.M. Ed technique et documentation .Lavoisier. Paris. 35-66p.
- Bouzouita N., Khaldi A., Zgoulli S., Chebil L., Chekki R., Chaabounia M.M. et Thonart P. (2007). The analysis of crude and purified locust bean gum: A comparison of samples from different carob tree populations in Tunisia. Food Chemistry 101, pp: 1508–1515.
- Bravo L., Grados N. et Saura-Calixto F. (1994). Composition and potential uses of mesquite pods (*Prosopis pallida* L): Comparison with carob pods (*Ceratonia siliqua* L), Journal of Food and Agriculture, vol. 65 (3), pp: 303-306.
- Buckeridge M.S., Panegassi V.R., Rocha D.C., Dietrich S.M.C (1995). Seed galactomannans in the classification and evolution of the leguminosae. Phytochemistry 38, pp: 871-875.
- CANDAN RAMESH ,C., WHITE CHARLES II., KILARA ARUM . HUI, YH. Manufacturing yagurt and fermented milks. USA: Blackwell publishing. (2006). 359 p.
- Carnier C., Bouriot S. et Doublier J.L. (2004). Rôles des hydrocolloïdes en milieu laitier- influence de l'environnement ionique, in : minéraux et produits laitiers, Ed. : Tec et Doc., lavoisier, pp :391-408.
- Cerqueira M.A., Souza B.W.S., Simões J. Teixeira J.A. Domingues M.R.M. et Coimbra M. A. et Vicente A. (2011). Structural and thermal characterization of galactomannans from non-conventional sources, Journal of Carbohydrate Polymers 83, pp: 179-185.
- Chaires-Martinez L., Salazar-Montoya J. A. et Ramos-Ramirez E. G. (2008). Physicochemical and functional characterization of the galactomannan obtained from mesquite seeds (*Prosopis pallida*). European Food Research and Technologie 227, p p : 1669-1676.

Références bibliographiques

- CHENG , L. J, AUGUSIN ,A. A, CLARCK, P. T. (2000). Yogurts from skim milk-whey protein concentrate blends. *Australian journal of dairy technology*. 55-61.
- CLARK, S. et PLOTKA, V.C. (2004). Yoghurt and sour cream: Operational procedures and Processing equipment, In Handbook of food and beverage fermentation technology, Marcel Dekker Inc. New York. USA. P 159-182.
- CODEX ALIMENTARUS. (2011). lait et produits laitier. 2eme édition .codex STAN 265.2011 .
- Colonna, M., et Thibault, M. (1986). Propriétés fonctionnelles des pectines, Dans: Propriétés fonctionnelles des polysaccharides, APRIA, Tec & Doc, Paris, France, pp : 187-212.
- Craig W. J. et Nguyen T. (1984). Caffeine and theobromine level in cacao and carob products. *Journal Food Science*. 49, pp: 302-305.
- Cruz A. (1999). Production and caracterisation of Prosopis seed galactomannan. Thèse de doctorat. Swiss Federal Institute of Technology. Zurich.
- CSHLTZ . HINGST . (1954). Bactéries lactiques et probiotique, Ed Tec et Doc, Lavoisier, Paris.
- D. P, Makris,et P. Kefalas. (2004). Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidant. *Food Technology Biotechnology* 42, pp: 105- 108.
- DACOSTA ,Y . (2000). Porobiotiques et prébiotiques, le point des connaissances Actuelles. Ed. : Yves Dacosta .Paris. p 171-203
- Dakia P.A, Blecker C., Robert C., Wathelet B. et Paquot M. (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, pp: 807-818.
- DEHIMI, N. TCHINA, A. (2017) .Contribution à la formulation d'une Préparation laitière à base de fruits.
- DELLAGLIO, F. ROSSART ,H . TORRIANSIS, S .CURK M. (1993) .caractérisation général des bactéries lactique Tec et Doc Lorica.
- DESMASEAUD, M-J. (1996). Maitrise des bactéries lactiques par la connaissance de leur métabolisme. In: Les bactéries lactiques, Ed: Adria, Normandie. p 59-66.
- DOLEYRES Y. (2003). Production en continue du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse de Doctorat. Université Laval. Québec.167p.

Références bibliographiques

- DROUAULT ,S et CORTHER ,G. (2001). Effets des bactéries lactiques ingérées avec des laits fermentés sur la santé. *Veterinere et Reserche*. 32, pp 101-117.
- DUPUN ,H .CUP ,j.l. M ALEVIKAK ,M.I. LEYNOUD – ROUAUD, C et
- FRIDOT ,E. (2005). Connaissance des alimentents-bases alimentaires et nutritionnelles de la diététique. *tec et doc.Lavoisier* : 25.2005. 397 p
- Ganter J.L.M.S. et Reicher F. (1999). Water-soluble galactomannans from seeds of *Mimosaceae* spp. *Bioressource technology* 68, pp : 55-62.
- GERARD ,D. (2001). Lait nutrition et santé. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 966p.
- GOLDIN, BR et GORBACH, SL. (1984). The effect of milk and *Lactobacillus* feeding on human intestinal bacterial enzyme activity. *Am J Clin Nutr* 39. P 756-761.
- GUINEE,T.P. MULLINS,C. G, REVILLE ,W, J. COTTER ,M, P. (1995). Physical properties of stirred curd, unsweetened yoghurts stabilized with different dairy ingredients. *Milchwissenschaft*. p196-200.
- HADEF,S. (2012). Evaluation des aptitudes technologiques et Probiotique des lactiques locales. pp 7-8.
- Hariri A, Ouis N., Sahnouni F., et Bouhadi D. (2009). Mise en œuvre de la fermentation de certains ferments lactiques dans des milieux a base des extraits de caroube. *Revue microbiologie santé et environnement*, pp : 37-55.
- IMHOF R.GLATTLI ,H. ET BOSSET ,J.O. (1994). Volatile organic aroma compounds produced by thermophilic and mesophilic mixed strain dairy starter cultures. *Ed Lebensmittel Wisselschaft and Tachnologie*,27 .p442-449.
- Iserin P. (2001). *Encyclopédie des plantes médicinales*. Ed. Larousse, P: 186.
- Ishibashi, N et Shimamura, S. (1993) *Bifidobacteria: Research and development in Japan*.
- Jeanetet, R, Croguennec, T. Mahaut, M . Shuck , P et Brule, G. (2008). *Les produits laitiers* .2ème édition. Tec et Doc, Lavoisier: 1, p 3-17.
- Journal officiel de la république algérienne. (2017). Critères microbiologiques applicables aux denrées alimentaires. N° 39 02/ 07/2017.
- Kivçak B., et Mart T. (2002). Antimicrobial and Cytotoxic Activities of *Ceratonia siliqua* L. Extracts. *Turk Journal Biology* 26, pp: 197-200.
- Kök M.S. (2007). A comparative study on the compositions of crude and refined locust bean gum: In relation to rheological properties, *Carbohydrate polymers* 70, pp: 68-76.

Références bibliographiques

- Konaté I. (2007). Diversité Phénotypique et Moléculaire du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) et des Bactéries Endophytes qui lui sont Associées. Thèse de doctorat, Université Mohamed V (Rabat, Maroc).
- Lamontage ,M. (2002). Produits laitiers fermentés. In « Vignola C.L ». Science et technologie du lait : Transformation du lait. Edition Presses internationales poly technique. 2002. p 443-469.
- Laneuville S. (2004). Etude de l'interaction associative entre la β -latoglobuline et le xanthane natif ou le xanthane traité aux hautes pressions hydrodynamiques, Thèse, Université Laval.
- Lawless ,H.T. Antinone ,M.J.Ledford ,R.A et Johnston ,M. (1994). Olfactory responsivenss to diacetyl. *Journal of Sensory Studies*.9. p 47-56.
- Lazaridou A., Biliaderis C. G. et Izydorczyk M., S. (2000). Structural characteristics and rheological properties of locust bean galactomannans: a comparison of samples from diffeinsalatarent carob tree populations. *Journal Science Food Agriculture* 81, pp: 68-75.
- Leveau, J -Y et Bouix, M. (1993). Contrôle microbiologique. In : Biotechnologie, Scriban R. Ed Tec et Dec, Lavoisier. Paris. p 550-585
- L, M Insalata ,M. Russo ,F. Berloco ,P. Valentini ,Am.Caruso ,MI. Simone ,C. Barrone M. Polimeno , L Et Di Leo A. (2005). Effects of probiotic bacteria on the polyamine biosynthesis and cell proliferation of normal colonic mucosa of rats. 989-995p.
- Linsalata, M. Russo ,F, Berloco ,P. Caruso MI, Matteo Gd, Ciofone ,Mg.Simone,Cd, Irardi ,E Et Di Leo ,A. (2004). The influence of *Lactobacillus brevis* on ornithine decarboxylase activity and polyamine profiles in *Helicobacter pylori*-infected gastric mucosa. *Helicobacter* 9. 165-172p.
- Liong , M. T. Et Shah ,N. P. (2005). Bile salt deconjugation and BSH activity of five bifidobacterial strains and their cholesterol co-precipitating properties. *Food Research International*, 38. P 135-142.
- Lizardo R., Cañellas J., Mas F., Torrallardona D. et Brufau J. (2002). L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. *Journées de la Recherche Porcine*. 34, pp : 97-101.

Références bibliographiques

- Loones, A. (1994). Laits fermentés par les bactéries lactiques. In « De Roissart, Luquet, H Et Luquet ,F.M. Bactéries lactiques : Aspects fondamentaux et technologique. Vol 2. Ed. Loriga. Uriage.1994. 135-154p
- López-Franco Y.L., Cervantes-Montaña C.I., Martínez-Robinson K.G., LizardiMendoza J. et Robles-Ozuna L.E. (2013). Physicochemical characterization and functional properties of galactomannans from mesquite seeds (*Prosopis* spp.). *Food Hydrocolloids* 30, pp: 656-660.
- Luquet ,F.M Corrieu ,G. (2005). Bactéries lactiques et probiotiques. Ed : Tec et Doc. 307p.
- Luquet, F ,M Et Corrieu ,G. (2005). Bactéries lactiques et probiotique, Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris .
- Luquet, F. M. Carrieu.G. (2005). Bactéries lactiques et probiotique. Collection sciences et techniques agroalimentaires. Ed Lavoisier Tec et Doc. Paris. P307.
- Luquet, F.M Et Carrieu, G. (2005). Bactéries lactiques et probiotique. Collection science et techniques agroalimentaire. Tec et Doc.p 273.
- Petit, et J. M, Pinila. (1995). Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *Lebensmittel-Wissenschaft and Technologie*, 28, pp: 145-152.
- Mahaut , M. Jeante,R.Brulé, G. Schuck ,P. (2000). Les produits industriels laitiers. Ed : Tec et Doc, Lavoisier, Paris. 185p.
- Mahaut , M. Jeante,R.Brulé, G. Schuck ,P. (2000). Produits fermentés et desserts lactés. In : les produits industriels laitiers. Tec et Doc Lavoisier, Paris. p 25-47
- Mahaut, M. Jeantet, R. Brulé, G. Et Schuck, P. (2000). Les produits industriels laitiers. Ed Tech et Doc, Lavoisier, Paris.
- Mahaut. M, Jeantel. R, Brul. G Et Schuck. P. (2000). les produits Industriels laitiers. Technique et documentation, Lavoisier, Paris. p (25-37).
- Mahut Michel. (2000). Les produit industriels laitiers Tec et Doc , Lavoisier.
- Makris D. P., et Kefalas P. (2004). Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidant. *Food Technology Biotechnology* 42, pp: 105- 108.
- Marshall ,V.M.(1987). Lacticacid bacteria: starters for flavour. *FEMS Microbiology Reviews* .46. p 327-336.
- MARTEAU, P.POCHART, P Et BOUHNİK, Y. (1994). Survie et effets de lactobacilles acidophiles et bifidobactéries des produits laitiers fermentés dans le tube digestif de l'Homme. *Cahier de la nutrition et de diététique*, p 321-384.

Références bibliographiques

- Marty –Teyssset ,C. *et all* de la torre F et Garel, J-R. (2000). Increased production of hydrogenperoxide by lactobacillus delbreuckiissp bulgaricus upon acration : involvement. Applied and Environmental Microbiology, 66(1). p 262-267
- Mathur V. et Mathur N.K. (2005). Fenugrec and other lesser known legume galactomannan-polysaccharides Scope for developpents. Journal of scientific and industrial research, Vol. 64, pp: 475-481.
- Matthausa B. (2001). et Özcan M, Lipid evaluation of cultivateda nd wild carob (Ceratonia siliqua L.) seed oil growing in Turkey. Scientia Horticulturae 130, pp: 181–184.
- Mechtou, 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
- Moody, Cs Et Hassan, Hm . (1982). Mutagenicity of oxygen free radicals. Proc Natl Acad Sci U S A 79, 2855-2859p.
- Moreau, M. C. Fancoi. Marie Luquet.Gerard Corrieu. (2005). Bactéries lactiques probiotique et immunité. In: Bactéries lactiques et probiotique. Ed Technique et documentation .Lavoisier. 307p.
- Mozzi, F. Raya, R. Et Vignilo ,G. M. (2010). Biotechnology of Lactic Acid Bacteria Novel Applications, Wiley-Blackwell Publishing, USA. p 393.
- Mulimani V. H. et Prashanth S.J. (2002). Investigating Plant Galactomannans. Biochemistry and molecular biology education. Vol. 30, N°. 2, pp: 101–103.
- Nussinovitch A. (1997). Hydrocolloid applications: Gums technology in the food and other industries. Ed: Blackie Academic and Professional, an imprint of Chapman and Hall, pp: 2-6.
- Oleynikov D.N. ET Rohin A.V. (2010). Galactomannan from the seeds of chinese honey locust (Gleditsia sinensis Lam.). Applied Biochemistry and Microbiology. Vol. 46 N° 1, pp :103-107.
- Ozer B, H. Robinson , R.K. Grandison ,A.S. E.T ,Bell ,A.E. (1998). Gelation properties of milk concentrated by different techniques .International Dairy Journal. 793-799 p.
- Paci Kora, E. (2004). Interaction physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brasse aromatisé : quels impact respectifs sur la perception et de la texture et de la

Références bibliographiques

- flaveur . Thèse de doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris. Grignon . p 258.
- Patmore J.V., Goff H.D. et Fandes S. (2003). Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. *Food Hydrocolloids*, 17(2), pp 161-169.
 - Pellikaan W. F., Andrès-Elias N., Durand A., Bongers L J G M., Schupen S. et Torrallarona D. (2010). Effect of carob bean gum, spray dried porcine plasma and sanguinarine on fermentation activity in the gut of weanling pigs. *Livestock Science* 133, pp: 164-168.
 - Pette Et Lolkema. Roissart, H. Et Luquet, F. M. (1950). Bactéries lactiques. Aspects fondamentaux et Technologiques. Vol 2. Ed : Lorica. Uriage. p 37-46.
 - Prajapati V.D., Jani G. K. et Moradiya N.G. (2013). Locust bean gum: A versatile biopolymer, *Carbohydrate Polymers* 94, pp :814-821.
 - R. Avallone, M. Plessi, M. Baraldi, et A. (1997). Monzani, Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*, 10, pp: 166-172, 1997
 - Rejeb M. N. (1995). Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. Dans: *Quel avenir pour l'amélioration des plantes?* Ed. AUPELFUREF. John Libbey Eurotext. Paris. pp: 79-85.
 - Renou F., Petibon O., Malhiac C. et Grisel M. (2013). Effect of xanthan structure on its interaction with Locust bean gum: Toward prediction of rheological properties, *Food hydrocolloids*, 32, pp :331-340.
 - Robinson, R.K. John Wiley et Sons. 3^{ème} Ed. Inc. New York, 261-366p.
 - Roukas, T., (1999). Citric acid production from carob pod by solid state fermentation. *Enzyme Microbiology and Technology* 24: pp: 54–59.
 - ROUSSEL F, PEBAY M, GUEDON G . (1994). Physical and genitic map of streptococcus thermophilus A054 . *Journal of bacteriology* .
 - Sanchez, C., Paquin P. (1997). Protein and protein-polysaccharides microparticules, In *Food proteins and their applications*, Marcel Dekker Inc., USA, p :503-528.
 - Santos, M., Rodrigues, A., Teixeira, J.A., (2005). Production of dextrane from carob pod extract and cheese whey by *Leuconostoc mesenteroides* NRRL B512 (f). *Biochemical Engineering Journal* 25, pp : 1–6.

Références bibliographiques

- Schmidt, J, L. Tourner, C Et Lenoir, J. Roissart,H .Luquet .F-M. (1994). Fonction et choix des bactéries lactiques en technologie laitière. In: Bactéries lactiques, Vol II, De. Ed Lorica. p 37-54.
- Sidina M.M., El Hansali M., Wahid N., Ouatmane A., Boulli A. et Haddioui A. (2009). Fruit and seed diversity of domesticated carob (*Ceratonia siliqua* L.) in Morocco. *Scientia Horticulturae*, 123, pp: 110- 116.
- SODINI, I et BEAL, C. (2012). Fabrication des yaourts et laits fermentés. Ed. Technique de l'ingénieur. F6315. Pp : 02-16
- Srivastava M. et Kapoor V.P. (2005). Seed galactomannans: an overview. *Chemistry and Biodiversity*. Vol. 2.
- Tamime ,A.Y Et Robinson ,R.K. Tamime and Robinson's yoghurt. (2007). Science and technology. Ed: CRC press. 791p.
- Tamime A. Y. And Deeth H.C Yogurt. (1980). technology and biochemistry. *Journal of Food Protection*.939-977 P
- Tamime A-Y et Robinson R-K. Tamime and Robinson's yoghurt. (2007). Science and technology. Ed: CRC press. 791p
- Tamime, A.Y. (2002). Microbiology of starter cultures. In: *Dairy microbiology handbook* .
- Tamime, A.Y.Robinson, R.K. (1999). *Yoghurt Science and Technology*, 2nd Ed.Cambridge: *woodhead publishing*.
- Tamime, A.Y, Robinson, R.K. (1999). *Yoghurt Science and Technology*, 2nd Ed. Cambridge: *woodhead publishing*.
- Tamime, A.Y., Robinson, R.K. (1999). *Yoghurt Science and Technology*, 2nd Ed. Cambridge: *woodhead publishing*.
- Tucker, S.C., (1992). The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae: Caesalpinioideae: Cassieae). *American Journal Botanic*, 79(3), pp: 318-327.
- VIGNOLA C-L. (2010). Science et technologie du lait. Ed : Polytechnique, Canada.600p.
- Vignola, C, L. Fosy, L. Ratel, D. Et Laprise, A. (2002). Science et technologie du lait. Transformation du lait. 3ème édition. Canada .
- Weisburger, Jh . (1985). Definition of a carcinogen as a potential human carcinogenic risk . *Jpn J Cancer Res* 76.1244-1246.

Références bibliographiques

- Williams P.A., et Phillips G.O. (2003). GUMS: Properties of Individual Gums, Encyclopedic Food Science Nutrition, pp: 2992-3001.
- YAN ,F.CAO , H.COVER ,TL.Whitehead ,R.Washington ,MK & Polk DB. (2007). Soluble Proteins Produced by Probiotic Bacteria Regulate Intestinal Epithelial Cell Survival and Growth. *Gastroenterology* . 132. 562-575 p.
- Yousif A. K. et Alghzawi H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Journal of Food and Chemistry*, Volume 69 (5), N° 3, pp : 283-287.
- Zhang, M. Hang,X. Fan ,D. Li H. Et Yang ,X. (2008). Characterization and Selection of *Lactobacillus* strains for their effect on bile tolerance, taurocholate deconjugation and cholesterol removal. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 24. 27-14 p.

Résumé :

Les produits laitiers ont toujours été perçus auprès des consommateurs comme des produits sains et constituent une partie importante du régime alimentaire.

Notre travail a pour but la fabrication d'un nouveau produit type yaourt à base de la gomme des graines de caroube et de la farine de ce dernier et, de tester leurs effets sur la qualité organoleptique des produits fabriqués.

Quatre essais ont été réalisés en utilisant des concentrations différentes de la gomme et de la farine de caroube.

L'évaluation de la qualité des produits fabriqués a été faite en réalisant un test de dégustation jugeant leur texture, goût, odeur et couleur.

Les résultats ont montré que la qualité organoleptique des produits variait en fonction des concentrations de farine et de gomme testées. Le produit contenant 1g de gomme et 3g de farine était le plus satisfaisant avec une texture brillante, lisse et uniforme, un goût acide doux légèrement chocolaté, une belle couleur et une odeur agréable avec des pourcentages de satisfaction respectifs de 70%, 80%, 78.5% et 69%.

Des essais supplémentaires doivent être réalisés afin de maîtriser d'avantage l'incorporation de ce type d'additifs dans le but de bénéficier au maximum de ces bien faits tout en ayant des produits avec des caractères organoleptiques qui répondent aux exigences réglementaires et aux goûts du consommateur.

Mots clés : yaourt, gomme de caroube, farine de caroube, qualité organoleptique.

Abstract :

Dairy products have always been viewed by consumers as healthy products and are an important part of the diet. Our work aims to manufacture a new yoghurt-type product based on locust bean gum and locust bean flour and to test their effects on the organoleptic quality of the products produced.

Four trials were performed using different concentrations of locust bean gum and flour.

The quality of the products produced was assessed by carrying out a taste test to judge their texture, taste, smell and color.

The results showed that the organoleptic quality of the products varied depending on the flour and gum concentrations tested. The product containing 1g of gum and 3g of flour was the most satisfactory with a shiny, smooth and uniform texture, a slightly chocolatey sweet acid taste, a beautiful color and a pleasant smell with respective satisfaction percentages of 70%, 80%, 78.5% and 69%.

Additional tests must be carried out in order to better control the incorporation of this type of additives in order to benefit as much as possible from these well-made products while having products with organoleptic characteristics that meet the regulatory requirements and the tastes of the product consumer.

Key words: yogurt, locust bean gum, locust bean flour, organoleptic quality.

الملخص

لطالما كان المستهلكون ينظرون إلى منتجات الألبان على أنها منتجات صحية وتشكل جزءًا مهمًا من النظام الغذائي. يهدف عملنا إلى تصنيع منتج جديد من الياورث يعتمد على صمغ الخروب ودقيق حبوب الخروب واختبار تأثيرهما على الجودة الحسية للمنتجات.

أجريت أربع تجارب باستخدام تراكيز مختلفة من صمغ ودقيق الخروب.

تم تقييم جودة المنتجات من خلال إجراء اختبار تذوق للحكم على ملمسها وطعمها ورائحتها ولونها.

أظهرت النتائج أن الجودة الحسية للمنتجات تختلف باختلاف تركيز الدقيق واللثة المختبرة. كان المنتج الذي يحتوي على 1 غرام من الصمغ و 3 غرام من الطحين هو الأكثر إرضاءً مع قوام لامع وناعم وموحد، وطعم حامض حلو قريب من الشوكولاتة، ولون جميل ورائحة لطيفة مع نسب إرضاء كل منها بالترتيب 70%، 80%، 78.5% و 69%.

يجب إجراء اختبارات إضافية من أجل التحكم بشكل أفضل في دمج هذا النوع من الإضافات من أجل الاستفادة قدر الإمكان من هذه المنتجات جيدة الصنع مع وجود منتجات ذات خصائص حسية تلبى المتطلبات التنظيمية وأنواع المنتج والمستهلك.

الكلمات المفتاحية: الياورث، صمغ الخروب، دقيق الخروب، الجودة الحسية.