

République Algérienne Démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieure et de la recherche scientifique
Université ABOUBAKR BELKAID - Tlemcen
Faculté des sciences de la nature et de la vie
Département de Biologie



Mémoire

Présenté par :

- **MARHOUM Mohammed Achref**
- **ELMERRE Ahmed**

En vue de l'obtention du diplôme de
Master en sciences alimentaires
Option : agroalimentaire contrôle de qualité

Thème :

ELABORATION D'UN YAOURT A LA POUDRE DE CAROUBE

Soutenu le 28 juin 2022 devant le jury composé de :

Président	Melle. GHANMI F. Z.	MCA	Université de Tlemcen
Encadrant	Mr. BENYOUB. N	MCA	Université de Tlemcen
Examineur	Mr. ZENASNI	MCA	Université de Tlemcen

Année universitaire 2021/2022

Remerciement

J'adresse en premier lieu mon reconnaissance à
notre.

DIEU le tout puissant, de m'avoir permis d'en.
Arriver là, car sans lui rien n'est possible.

J'adresse ma reconnaissance, ma gratitude à mon.
Professeur encadrant Mr **Benyoub Noureddine**, de
m'avoir. Fait bénéficiaire de ses compétences, ses
qualités.

Humaines et sa disponibilité.

Je n'oublie pas de dire un grand merci à toutes les.

Personnes, tous les professionnels, qui ont
contribués de.

Près ou de loin à l'enrichissement de

Ma formation et.

à mon épanouissement intellectuel

DEDICACE

**J'ai le grand plaisir de dédier ce travail
A la lumière de ma vie, mes très chers parents
A celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, ma
mère, la perle la plus chère
La source de tous mes espoirs pour son sacrifice, son aide,
ses conseils et sa patience.**

**A mon père, La base de toute ma carrière, le plus cher qui
existe sur terre, école de mon enfance, qui a été mon ombre
durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au
long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me
protéger.**

Que Dieu les garde et les protège.

A ma très chère sœur

**A mes chers frères pour leur soutien moral et leur
Sacrifice.**

A tous mes amis

Achraf, Ahmed

Liste des tableaux

Tableau 01 : Composition moyenne de la pulpe de caroube (**Puhan et Wielinga., 1996 ; cité dans Batlle et Tous., 1997**)

Tableau 02 : Superficie occupée par le caroubier (**FAOSTAT., 2010**)

Tableau 03 : Production de caroubes dans le monde et pour le bassin méditerranéen de 2000 à 2008 (**source : FAOSTAT**). Les nombres noirs constituent des données officielles, les nombres rouges des estimations FAO et les nombres bleus peuvent inclure des données officielles, semi-officielles ou estimées.

Tableau 4 : Résultats des analyses physicochimiques du yaourt préparé à 0.5% de la caroube :

Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques

Listes des figures

Figure 1. Illustration des feuilles de caroubier, de la caroube et de ses graines (THOME., 1885).

Figure 2. Coupe transversale d'une graine de caroube (DAKIA *et al.*, 2008). Les graines de caroube sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire pour leur contenu en gomme (AVALLONE *et al.*, 1997).

Figure 3 : Répartition du caroubier en Algérie (a) suivant les domaines bioclimatiques et à Tlemcen (b) (A.N.R.H, 2004)

Figure 04 : Les bactéries lactiques du yaourt

Figure 5 : Mode d'action sur les pathogènes des acides organiques produits par les lactobacilles.

Figure 06 : Schéma illustrant les interactions de *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (MAHAUT *et al.*, 2000).

Figure 07 : Schéma de fabrication des yaourts ferme et brassé (Bourlioux *et al.*, 2011)

Figure 08 : Observation microscopique à balayage des bactéries du Yaourt, (a) *Streptococcus thermophilus* et (b) : *Lactobacillus bulgaricus* (Marty-Teys Set *et al.*, 2000)

Figure 9 : les différentes étapes de la fabrication du yaourt

Figure 10 : Mesure de la matière grasse

Figure 11 : Mesure de l'humidité

Figure 12 : Mesure du l'extrait sec total

LISTES D'ABREVIATION

D° : degré dornic

C° : degré Celsius

% : Pourcentage

cm : centimètre

mm : millimètre

mg : milligramme

L : litre

St : *streptococcus thermophilus*

Lb : *lactobacillus bulgaricus*

MRS : Man Rogosa Sharpe

M17: Gélose de Terzaghi

NaCl : Chlorure de sodium

h : Heure

g : Gramme

UFC : Unité Formant Colonie

NaOH : hydroxyde de sodium.

K : atome de potassium

Ca : atome de calcium

Mg : atome de magnésium

Na : atome de sodium

Cu : atome de cuivre

Fe : atome de fer

Mn atome de: manganèse

Zn : atome de zinc

FPC : La farine de la gousse de caroube

Sommaire

REMERCIEMENT.....	II
DEDICACE.....	III
LISTE DES TABLEAUX.....	IV
LISTES DES FIGURES.....	V
LISTES D'ABREVIATION.....	VI
SOMMAIRE.....	VIII
INTRODUCTION GENERALE	02

Partie 1 : Bibliographique.....05

CHAPITRE I.....	05
1. La caroubier :.....	05
1.1. Description du caroubier.....	05
1.2. Description de la caroube.....	06
1.3. Origine du caroubier	07
2. Propriétés et Utilisations :	08
2.1. Propriétés :.....	08
2.2. Utilisation du caroubier	09
2.2.1. Arbre	09

2.2.2. Fruit	10
2.2.3. Les autres parties de l'arbre.....	11
3. Distribution géographique du caroubier :	11
3.1. Répartition géographique.....	11
4. Situation économique de la caroube.....	12
5. Intérêt et usages de la caroube.	14
CHAPITRE II	17
1. Le yaourt :.....	17
1.1 Historique	17
1.2. Définition et réglementation	17
2. Matières utilisées pour la production du yaourt :.....	17
2.1. Lait frais.....	17
2.2. La poudre de lait.	18
3. Les bactéries du yaourt :	19
3.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt.....	19
3.1.1. Streptococcus thermophilus	19
3.1.2. Lactobucillus bulgaricus.....	19
3.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt	20
3.2.1. Production d'acide lactique.....	20
3.2.2. Activité protéolytique	21
3.2.3. Activité aromatique.....	21
3.2.4. Activité texturant	22
3.2.5. Autres Activités de bactéries lactiques	22
3.2.5.1. Activité lipolytique.....	22

3.2.5.2. Activité antimicrobienne.....	22
a. Les acides organiques	23
b. Les diacétyles et d'autres produits	24
c. Le dioxyde de carbone	24
d. Le peroxyde d'hydrogène	24
e. La production d'antibiotiques	24
f. la production des bactériocines.....	25
3.2.5.3. Activité antifongique.....	25
4. Comportement associatif des deux souches.....	27
5. Types de yaourts.....	28
5.1. Selon la texture	28
5.1.1. Yaourt fermes	28
5.1.2. Yaourts brassés	28
2.1.3. Yaourts à boire	28
5.2. Selon leur composition	29
5.2.1. Yaourts écrémés	29
5.2.2. Yaourts partiellement écrémés.....	29
5.2.3. Yaourts entiers.....	29
5.3. Selon leur saveur et additifs	29
5.3.1. Yaourts sucrés.....	29
5.3.2. Yaourt aux fruits au miel à la confiture	29
5.3.3. Yaourts aromatisés	29
5.3.4. Yaourt light.....	30
6. Processus de fabrication du yaourt ferme.....	30

6.1. Réception du lait	30
6.2. Standardisation	30
6.3. Homogénéisation	30
6.3.1. Effet sur la matière grasse	30
6.3.2. Effet sur les protéines.....	31
6.4. Traitement thermique.....	31
6.5. Refroidissement.....	31
6.6. Ensemencement (fermentation lactique)	31
6.7. Conditionnement	32
6.8. Stockage	32
7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt.....	33

Partie 2 : Matériel et Méthodes.....36

1. Objectif.....	36
2. Matières premières.	36
3. Technologie de fabrication du yaourt :.....	36
3.1. Pasteurisation	36
3.2. Ensemencement des ferments	36
3.3. Etuvage	36
3.4. Refroidissement	36
3.5. Conditionnement	36
3.6. Conservation	36
4. Analyse physico-chimique du yaourt :	38
4.1. Mesure de Ph	38
4.2. Mesure d'acidité doronic	38

4.3. Mesure de la viscosité dynamique	38
4.4. Mesure de l'extrait sec total.....	38
4.5. Détermination de l'extrait sec total	38
5. Analyses microbiologiques du produit obtenu :	39
5.1. Préparation de l'échantillon pour analyse	40
5.2. Préparation des dilutions décimales	40
5.3. Recherche des salmonelles	40
5.4. Recherche et dénombrement des coliformes	41
5.5. Recherche des staphylocoques aureus.....	41
5.6. Recherche des levures et moisissures	41
6. Analyses sensorielles.....	41

Partie 3 : Résultats et Discussions.....43

1. Analyses physicochimiques du yaourt préparé :.....	43
1.1. Ph.....	43
1.2. L'acidité.....	43
1.3. Extrait sec total.....	43
1.4. Teneur en matière grasse.....	44
2. Analyses microbiologiques.....	44
3. Analyses sensorielles.....	45
Conclusion générale.....	47
Annexes.....	48
Bibliographie.....	53
Resumé.....	59

Introduction

Générale

INTRODUCTION GENERALE

Il est bien connu que les produits laitiers frais fermentés, comme le yaourt, sont des aliments de grande consommation dans tous les pays (Nakasaki et al., 2008).

Avec le progrès technologique réalisé, le yaourt apparait comme un produit laitier très digeste qui possède une grande valeur nutritionnelle et qui est apprécié pour son goût et sa texture (Rohmain, et al., 2010). C'est un produit consommé la plupart du temps comme un dessert, car il convient à toutes les tranches d'âge et même chez les sujets intolérants au lactose (Nagai et al., 2011).

Le yaourt est obtenu par incubation de lait avec un mélange de *Streptococcus salivarius* ssp. *Thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* (JORA, 1998), d'autres ingrédients peuvent être ajoutés au yaourt, comme les fibres de fruits et légumes, de fruits secs ou légumes comme les céréales.

Le fruit étudié dans notre présent travail est la caroube.

La Caroube est le fruit du Caroubier, le mot « caroubier » vient de l'arabe al-kharroube, الخروب, son nom générique *Ceratonia* vient du grec ancien κεράτια signifiant « petite corne » (en référence à ses caroubes, gousses en forme de cornes à maturité). Le nom d'espèce, *siliqua*, désigne-en latin une silique, ou gousse.

Ce travail rentre dans le cadre de la valorisation de la caroube en l'introduisant dans un yaourt afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel et thérapeutique.

Le choix de la pulpe de la caroube est justifié par la richesse de celle-ci :

- 40 % de sucres (glucose et du saccharose),
- 35 % d'amidon,
- 7 % de protéines,

Et, dans des proportions plus faibles, des graisses, des tannins et des sels minéraux.

La caroube est riche en calcium, phosphore, magnésium, silice, fer et pectine.

Ses propriétés épaississantes sont dues à la présence d'un sucre, le galactomannane.

Le travail consiste en la formulation de plusieurs recettes à différentes concentrations de poudre de Caroube.

Afin de traiter ce sujet, nous avons divisé notre travail en deux grandes parties :

Une synthèse bibliographique composée de deux chapitres :

le premier chapitre généralités sur la caroube et un deuxième chapitre qui consiste à donner des généralités sur le yaourt.

Tandis que dans la partie pratique, on retrouve un chapitre sur le matériel et méthodes

Mises en œuvre dans le cadre du travail expérimental.

Un autre chapitre qui englobera les résultats et discussion. Enfin on termine par une conclusion.

Partie 1 :
Bibliographique
Chapitre I

Partie 1 : Bibliographique

CHAPITRE I

1. La caroubier :

1.1. Description du caroubier

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est un arbre dioïque à feuilles persistantes de la famille des *Caesalpiniaceae* (BINER *et al.*, 2007 ; BOUZOUTA *et al.*, 2007). On le retrouve dans la région méditerranéenne principalement en Espagne, en Italie, en Grèce, au Portugal et au Maroc (BINER *et al.*, 2007 ; DAKIA *et al.*, 2008). Cependant, il est originaire des pays arabes (PETIT *et al.*, 1995).



Figure 1. Illustration des feuilles de caroubier, de la caroube et de ses graines (THOME., 1885).

Le caroubier présente une bonne résistance à la sécheresse mais est sensible au froid (BINER *et al.*, 2007). Il peut atteindre une taille allant de 8 à 15 m et vivre jusqu'à 500 ans. Il s'agit d'une essence thermophile retrouvée sur les pentes arides. Les caroubiers constituent un outil de lutte contre la déforestation et la désertification, en limitant l'érosion des sols (CORREIA *et al.*, 2005 ; BINER *et al.*, 2007).

Le caroubier est cultivé pour son fruit, la caroube et pour les graines contenues dans celle-ci.

1.2 Description de la caroube :

Le fruit du caroubier, nommée caroube, est une gousse indéhiscente de 10 à 30 cm de longueur sur quelques centimètres de largeur. A maturité, la caroube change de couleur et devient brune (figure 1). Ses composants majeurs sont la pulpe et les graines.

La composition de la pulpe de caroube dépend de la variété, du climat et des techniques de cultures. Toutefois, on peut avancer que la pulpe de caroube représente 90% de la masse du fruit. Elle est riche en tanins et en sucres, dont le saccharose représente 65 à 75% des sucres totaux. Quant aux taux de protéines et de lipides, ils sont faibles (**PETIT *et al.*, 1995**).

La caroube, dépourvue de ses graines, est un édulcorant naturel utilisé comme substitut du cacao et du chocolat. Elle présente l'avantage d'être exempte de théobromine et de caféine contrairement au cacao et au chocolat qui en contiennent des quantités importantes (**YOUSIF *et al.*, 2000**).

Les principales applications de la pulpe de caroube sont l'alimentation animale et humaine en tant que substitut du cacao (**BINER *et al.*, 2007**). Par exemple, dans de nombreux pays arabes, une boisson consommée lors du Ramadan est fabriquée à partir de caroube (**YOUSIF *et al.*, 2000**). La pulpe de caroube est souvent consommée sous forme de poudre (**DAKIA *et al.*, 2007**). Dans les pays occidentaux, celle-ci est produite par égrenage, concassage, broyage et torréfaction des gousses de caroube (**YOUSIF *et al.*, 2000**). La production de produits pharmaceutiques, d'éthanol et l'extraction de sucres sont d'autres applications industrielles de la caroube (**PETIT *et al.*, 1995**).

Quant aux graines, elles constituent environ 10% de sa masse (**PETIT *et al.*, 1995 ; BOUZOUITA *et al.*, 2007**). Leur nombre varie généralement entre 10 et 15. Les graines de caroube ont longtemps été employées comme unité de mesure des diamants et des pierres précieuses. Un carat correspond à la masse d'une graine de caroube soit environ 200 mg (**DAKIA *et al.*, 2003**). La graine de caroube est recouverte d'une enveloppe résistante de couleur brune : les téguments (**DAKIA *et al.*, 2007 ; DAKIA *et al.*, 2008**). En-dessous de ceux-ci se trouve l'endosperme (figure 2). Il est majoritairement constitué de galactomannanes (**DAAS *et al.*, 2000**). Après diverses étapes de purification de l'endosperme, la gomme de caroube est obtenue.

On remarque également la présence d'une radicelle (figure 2). Celle-ci possède une valeur énergétique élevée due à son taux important de protéines principalement solubles dans l'eau et

de lipides majoritairement insaturés. Elle est employée pour la nutrition du bétail et comme aliment diététique (DAKIA *et al.*, 2007).

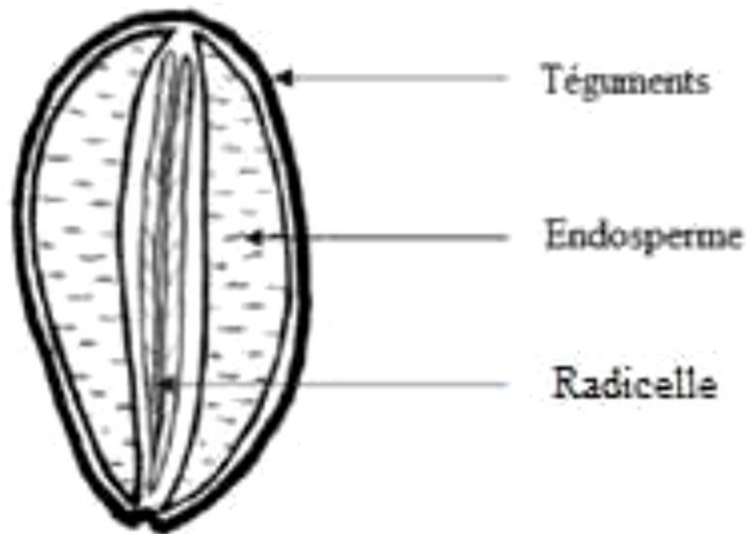


Figure 2. Coupe transversale d'une graine de caroube (DAKIA *et al.*, 2008).

Les graines de caroube sont utilisées dans l'industrie agroalimentaire pour leur contenu en gomme (AVALLONE *et al.*, 1997).

1.3. Origine du caroubier

Le nom scientifique du caroubier, *Ceratonia siliqua* est dérivé du mot grec "Keras" signifiant petite corne et le nom d'espèce "siliqua" désigne en latin une siliqua ou gousse, en allusion à la dureté et la forme de la gousse qui ressemble à la "corne" de bouc (Boudy, 1950 ; Bolonos, 1955).

La dénomination de l'espèce *Ceratonia siliqua* dans différents pays et langues découle d'une forme générale du nom arabe "Al kharroub" ou "kharroub", comme c'est le cas du "l'algarrobo" ou "garrofero" en espagnol (Albanell, 1990). Il est aussi appelé Carouge, pain de saint Jean-Baptist, figuier d'Egypte, fève de Pythagore (Batlle et Tous, 1991).

L'origine du caroubier demeure incertaine mais semble être l'Est de la méditerranée (Turquie et Syries). Cela a été reporté par Vavilov en 1951 et De Candolle en 1983. Une année après, Schweinfurth en a insinué qu'il est originaire des régions montagneuses du Sud de l'Arabie (Yémen). En 1973, Zohary a considéré le caroubier comme originaire de la flore d'Indo Malaisie, groupé avec *Olea*, *Laurus*, *Myrtus*. Pour certaines auteurs le caroubier est domestiqué depuis le néolithique 4000 ans avant J.C, et sa culture extensive date au moins de

200 ans avant J.C (**Battle et al., 1997 ; Gharnit, 2003 et Berrougui, 2007**). Il a été introduit très anciennement par les Grecs, puis par les Arabes et les Berbères de l'Afrique du Nord, en Grèce, en Italie, en Espagne et au Portugal (**Rejeb, 1994**). Il est également implanté dans plusieurs autres pays, ayant des régions à climat méditerranéen comme l'Australie, l'Afrique du Sud, les États-Unis (notamment l'Arizona et la Californie du Sud), les Philippines et l'Iran (**Benmahioul et al., 2011 ; Berrougui, 2007**).

2. PROPRIETES ET UTILISATIONS :

2.1. Propriétés :

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. Selon plusieurs auteurs, la composition chimique de la pulpe dépend, en générale, du cultivar, de l'origine et parfois de la période de récolte (**Orphanos et Papaconstantinou., 1969 ; Vardar et al., 1972 ; Calixto et Cañellas, 1982 ; Albanell et al., 1991**).

La pulpe est très utilisée soit comme aliment diététique, soit comme remplaçant du chocolat ou encore en alimentation animale. Elle est très riche en sucre (48-56%), en particulier, sucrose, glucose, fructose et maltose (**Tableau 01**), mais pauvre en protéines (2-6%) et en lipides (0.4-0.6%) dont les acides saturés et insaturés sont en proportions égales (**Leroy., 1929 ; Puhan et Wieling., 1996**). A partir d'extrait de gousses, cinq acides aminés, alanine, glycine, leucine, proline et valine, ont été isolés par (**Vardar et al., 1972**) et deux autres composés, tyrosine et phénylamine, ont été rapporté par (**Charalambous et paconstantinou., 1966**). En plus, la pulpe présente également une teneur très élevée en fibres (27-50%) et une quantité non négligeable en tanins (18-20%) (**Saura-Calixto., 1987 ; Puhan ; Wielinga., 1996**). Par ailleurs, l'analyse minéralogique faite, par (**Puhan et wielinga., 1996**), sur la pulpe, a révélé une composition (en mg/100g de pulpe) de : K= 1100, Ca= 307, Mg= 42, Na= 13, Cu= 0.23, Fe= 104, Mn= 0.4, Zn= 0.59.

Tableau 01: Composition moyenne de la pulpe de caroube (**Puhan et Wielinga., 1996; cité dans Batlle et Tous., 1997**)

La pulpe 90%	La graine 10%
Glucides 48 à 72	
Protéines 1 à 2	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30 à 33
Matière grasse 0.5 à 0.7	
Cellulose et hémicellulose 18%	
Minéraux (Ca, Mg, K, P)	L'endosperme (albumen) 42 à 46
Pectines et fibres 4.2 à 9.6	
Cendres 1.5 à 2.4	L'embryon (germe) 23 à 25
Polyphénols 16 à 20	

La farine de gousses est approuvée comme un ingrédient d'une valeur nutritionnelle marquée en raison de ses niveaux élevés de fibres alimentaires (DF) et de composés phénoliques (**Owen *et al.*, 2003, Haber et Galensa, 2004**). Elle est très riche en sucres (40-60%) en particulier, saccharose (27-40%), fructose (3-8%) et glucose (3-5%) mais pauvre en lipides (0,4-0,6%) et protéines (2-6%). (**Biner *et al.*, 2007 ; Leroy., 1929; Avallone *et al.*, 1997 ; Jean-Gabriel 2001**). Elle contient aussi des acides aminés essentiels, à savoir (par 100g de matière sèche) : Isoleucine 0.209 g, Leucine 0.442g, lysine 0.196g, Méthionine 0.081g, Phénylalanine 0.151g, Thréonine 0.271g, Tryptophane 0.048g, Valine 0.446g (**Owen *et al.*, 2003 ; Herber et Galensa, 2004**).

2.2. Utilisation du caroubier

Le caroubier se présente comme une essence à la fois forestière et arboricole. Il est d'une grande importance économique, écologique et sociale. Son utilisation est multiple.

2.2.1. Arbre :

Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (**Bergamaier, D. (2002); Abbasi, S., Azari, S. (2007)**). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins. (**Belguedj, N. (2014)**).

Actuellement, il 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. **Abbasi, S., Azari, S. (2007).**

2.2.2. Fruit

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (**Ait Chitt et al., 2007**). Selon les travaux de (**Lizardo et al., 2002**), il semblerait que la farine de caroube soit un produit parfaitement adapté à l'alimentation des porcelets. Son incorporation dans les régimes s'avère très utile dans le soutien de la consommation, de la croissance et de la santé en post-sevrage.

La farine, obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire (**Sbay et Abourouh., 2006**) dans la préparation de jus sucrés, de chocolat, de biscuits et comme remplaçant de cacao (**Berrougui., 2007**).

En Egypte, on extrait des fruits un sirop qui est employé pour confire les fruits ; les Arabes fabriquent avec la pulpe une boisson alcoolisée et les Kabyles fabriquent à partir du fruit un plat appelé tomina (**Bonnier., 1990**).

De nombreuses études cliniques ont souligné l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles • **Guichard, E., Genot, C., Voilley, A. (2012)**, ce qui a été confirmé par l'étude clinique menée par (**Loeb et al., 1989**) chez des enfants âgés de 3 à 21 mois, que le transit intestinal, la température et le poids de l'enfant s'amélioreraient plus vite après administration de la poudre de caroube par voie orale. Selon (**Rejeb., 1995**) la pulpe est recommandée contre la tuberculose pulmonaire et les infections des bronches. Étant riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, protéines, fibres, potassium et calcium, cette plante est connue en thérapeutique pour son effet hypocholestérolémiant, antiprolifératif, anti diarrhéique et troubles digestifs (**Berrougui., 2007**).

D'autres études expérimentales ont démontré les capacités bactéricides de la pulpe de caroube vis-à-vis de *staphylococcus aureus* ; la caroube adsorberait aussi les entéro-toxines produites par certaines souches d'*Escherichia colis* et de staphylocoques ainsi que par le vibriocholérique, ce mécanisme d'adsorption pourrait être expliqué par la présence de tanins dans la partie insoluble et active de la caroube (**Tolentino., 1950**).

En plus de son pouvoir nématocide démontré par les travaux de **(El Allagui et al., 2007)** qui est dû à sa teneur en composés phénoliques, la caroube possède aussi une activité antimicrobienne et antioxydant selon **(Ben Hsouna et al., 1986)**.

Selon l'étude récente de **(Sanchez et al., 2010)** la caroube est une source bon marché d'hydrates de carbone pour la production de bioéthanol.

Quant aux graines de caroube, vu leur uniformité, elles sont appelées 'carats' et ont servi pendant longtemps aux joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, les perles et d'autres pierres précieuses (1 carat = 205,3 mg) **(Rejeb., 1995)**.

2.2.3. Les autres parties de l'arbre :

Les autres parties de l'arbre sont aussi exploitées ; en effet, la fleur est utilisée par les apiculteurs pour la production du miel de caroube, alors que les feuilles sont utiles pour l'alimentation des animaux. L'écorce et les racines sont utilisées en tannerie grâce à leur teneur en tanins. Le bois du caroubier, dur, de couleur rouge, est estimé dans la charbonnerie et la menuiserie **(Hariri et al., 2009)**.

Dans les domaines forestiers, les pieds mâles sont souvent taillés pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation des feuilles associées avec le polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la qualité nutritive des tanins contenus dans les feuilles **(Priolo et al., 2000)**, ces derniers ont été utilisés en Turquie, dans la médecine traditionnelle pour traiter la diarrhée et dans l'alimentation diététique **(Baytop., 1984)**; ils ont été également désignés comme étant porteurs d'activités cytotoxiques et antimicrobiennes **(Kivçak et Mart., 2002)**.

3. Distribution géographique du caroubier :

3.1. Répartition géographique :

En Algérie, comme dans plusieurs pays méditerranéens, le caroubier croît dans les conditions naturelles à l'état sauvage sous des bioclimats de type subhumide, semi-aride et aride, avec une altitude allant de 100m à 1300m dans les vallons frais qui le protègent de la gelée ; avec une température de 5°C jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an **(Rebour., 1968)**. Il est généralement en association avec l'olivier et le lentisque **(Benmahioul et al., 2011)**. Suivant ces critères climatiques, **la figure (3a)** représente l'aire de répartition du caroubier établie en Algérie. Ses lieux de prédilection sont les collines bien ensoleillées des régions littorales ou sublittorales : Sahel algérois, Dahra, Grande-Kabylie et Petite-Kabylie, vallée de la Sommam (1074 ha) et de l'Oued-Isser, collines d'Oran et des coteaux Mostaganem à étage semi-aride chaud, plaines de Bône, Mitidja et les vallées intérieures

(1054 ha). Il descend jusqu'à Bou-Saâda, mais n'y porte pas de fruit, et dans la zone de Traras au Nord de Tlemcen (276 ha) (DSA de Tlemcen, 2009 ; Lavallée., 1962 ; Zitouni., 2010). Selon la FAO (2012), l'Algérie est le 6ème pays producteur de la caroube après l'Espagne, le Portugal, la Grèce, le Maroc et la Chypre.

À Tlemcen, on trouve le caroubier dans les régions suivantes : Sidi M' djahed, Sabra, Henaya, Tlemcen, AïnTellout, Sidi Abdli, Remchi, Ben Sekran, Aïn Youcef et de Beni Saf jusqu'à Marsat Ben M' hidi **Figure (3b)**.

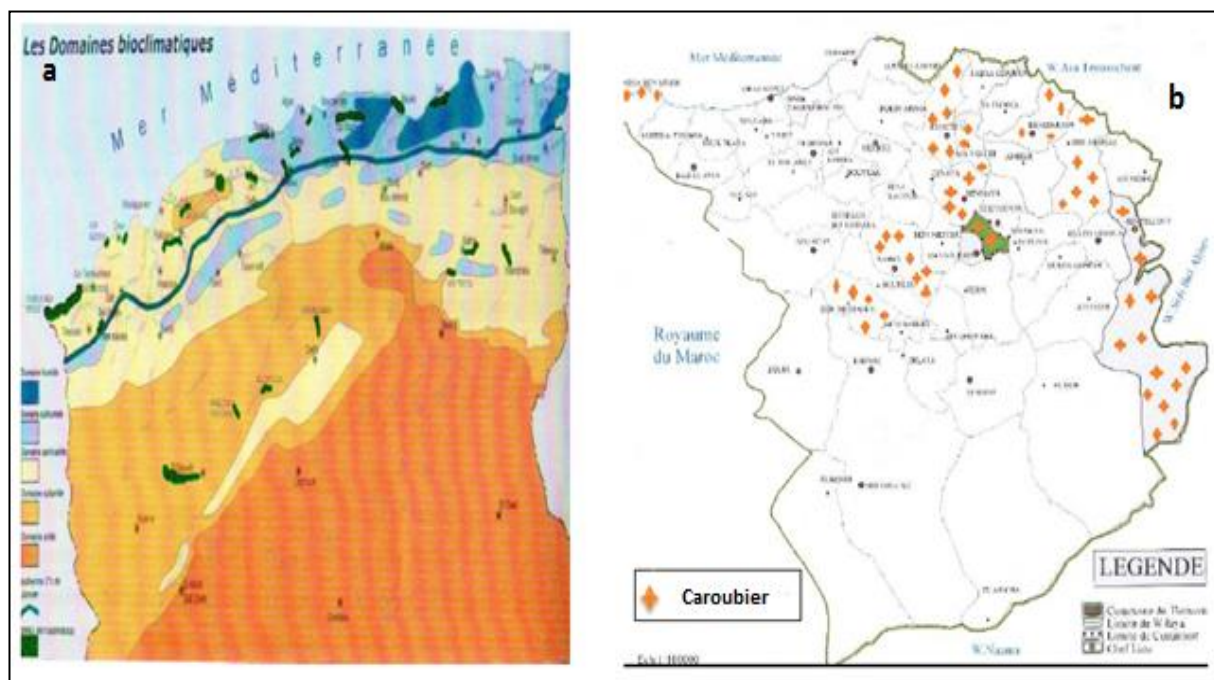


Figure 3 : Répartition du caroubier en Algérie (a) suivant les domaines bioclimatiques et à Tlemcen (b) (A.N.R.H, 2004)

4. Situation économique de la caroube :

Selon les données du FAOSTAT (2010), l'aire totale de la production mondiale du caroubier est estimée à 102939 ha (Tableau 02). La plus grande superficie, 83574 ha, est celle de l'Europe, contre une superficie estimée à 1000 ha pour l'Algérie et 13460 ha pour les pays d'Afrique du Nord.

Tableau 02 : Superficie occupée par le caroubier (FAOSTAT., 2010)

Pays	Superficie (ha) en 2004	Superficie (ha) en 2008
Algérie	1066	1000
Afrique du nord	13526	13460
Europe	92218	83574
Monde	112711	102939

On estime à plus de 15000 tonnes la production mondiale annuelle de gomme de caroube (DAKIA et al., 2008).

Les données reprises ci-après sont issues des statistiques de l'Organisation des Nations Unies pour l'Alimentation et l'Agriculture (FAO). Les statistiques comprennent les fruits mais également les graines de caroubes.

En termes de surface cultivée, la culture du caroubier représente un peu plus de 100000 hectares (102939 hectares en 2008) à travers le monde. L'Espagne, le Maroc et le Portugal possèdent les surfaces cultivées les plus importantes, de l'ordre de 60000, 12000 et 10000 hectares respectivement.

Enfin, le tableau 03 présente la production de caroubes dans le monde et pour le bassin méditerranéen de ces dernières années.

Tableau 03. Production de caroubes dans le monde et pour le bassin méditerranéen de 2000 à 2008 (source : FAOSTAT). Les nombres noirs constituent des données officielles, les nombres rouges des estimations FAO et les nombres bleus peuvent inclure des données officielles, semi-officielles ou estimées.

Le caroubier a été également, introduit avec succès dans plusieurs autres pays ayant un climat méditerranéen. C'est le cas en Australie, en Afrique du Sud, aux Etats Unis (Fig. 4) (Arizona, Californie du Sud), aux Philippines et en Iran (Evre inoff, 1947 ; dans Batlle et Tous., 1997). Généralement, la distribution des espèces arborescentes, telle que *C. siliqua* est limitée par des stress liés aux froids (Mitrakos., 1981). En effet, l'espèce *C. oreothauma* qui semble être plus sensible au froid a une répartition restreinte et limitée seulement à Omane et au Somalie (Hillcoat et al., 1980). Dans les zones basses méditerranéennes (0-500m, rarement 900m d'altitude), le caroubier constitue une dans l'ensemble du pays jusqu'à 1150m d'altitude à l'exception des zones très arides (Emberger et Maire., 1941 ; Metro et

Sauvage., 1955; Quezel et Santa., 1962/63; Guinochet et Vilmorin., 1984). Il est rencontré dans le Rif occidental et oriental, le pré-Rif, le Rharb, le Saïs, l'Anti Atlas, le Haut Atlas septentrional et le Plateau Central (**Aafi., 1996**). Les peuplements de caroubier s'intègrent dans l'ordre d'englobe des groupements de matorrals arborés claires ou arbustifs et qui sont soit naturels soit introduits en tant qu'essences régénératrices de forêts.

Tableau 03 : Production de caroubes dans le monde et pour le bassin méditerranéen de 2000 à 2008 (**source : FAOSTAT**). Les nombres noirs constituent des données officielles, les nombres rouges des estimations FAO et les nombres bleus peuvent inclure des données officielles, semi-officielles ou estimées.

Pays /années	Production (tonnes)								
	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Espagne	93863	73211	74736	67403	79200	64100	70000	72000	72000
Italie	38079	16282	24015	18637	19060	31665	26110	32784	31224
Grèce	20192	16464	15015	14789	14594	14815	14506	15000	15000
Maroc	23000	24000	24000	25000	25000	25000	25000	25000	25000
Portugal	20000	20000	20000	20000	20000	20000	22000	23000	23000
Turquie	14000	13500	13500	14000	14000	12000	12388	12161	12100
Chypre	7300	2850	7200	6550	6250	6942	5650	3839	3915
Monde	226829	177787	188070	174365	186595	181830	184115	193250	191167

5. Intérêt et usages de la caroube :

La farine, obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire comme additif (code E410) grâce à sa teneur élevée en sucres et en composés phénoliques ainsi pour ses vertus hypoallergéniques épaississantes, liantes, gélifiantes. Elle rentre dans la préparation de jus sucrés, des glaces, du chocolat, des biscuits et même dans les aliments diététiques car la farine de la caroube ne contient pas de gluten. Contrairement à son homologue le cacao, ce produit ne contient ni théobromine, ni caféine, deux alcaloïdes à l'action excitante sur l'organisme (**Berrougui., 2007 ; Sbay et Abourouh., 2006 ; Rejeb et al., 2006 ; Youssif et al., 2000 ; Makris et Kefalas, 2004 ; Dakia et al., 2007 ; Santos et al., 2015 ; Kumazawa et al, 2002; Ayaz, 2007; Bengoechea et al., 2008**).

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

Elle peut être consommée à raison d'une gousse par jour pour sa réputation de combattre efficacement les hémorroïdes jusqu'à les faire disparaître définitivement (**Rejeb et al., 2006**). La caroube peut être prise comme complément alimentaire pour traiter les troubles intestinaux. Celle-ci contient ce que l'on appelle les tanins qui sont des anti-diarrhéiques très efficaces (**Se rairi et al., 2000**). Sa prise est indiquée lors des irritations des intestins, de l'acidité gastrique et des vomissements. La caroube est également conseillée chez les enfants en cas de constipation ou diarrhée. C'est ainsi que la caroube constitue un complément alimentaire intéressant pour l'organisme. La caroube n'agit pas seulement au niveau de l'appareil digestif, mais est un complément alimentaire nécessaire pour lutter contre la perte de mémoire (**Makris et Kefalas, 2010**). Selon (**Rejeb., 1995**) la pulpe est recommandée contre la tuberculose pulmonaire et les infections des bronches.

CHAPITRE II

CHAPITRE II

1. Le yaourt :

1.1. Historique :

Le mot yaourt (yoghourt ou yogourt) originaire d'Asie, vient de « yoghurmark », mot turc signifiant « épaisir » (**Tamime et Deeth, 1980**). En 1902, deux médecins français, Ris et Khoury, ont isolé des bactéries présentes dans un lait fermenté égyptien. Elie Metchnikoff (1845-1916), élève de Louis Pasteur, a isolé 2 ans plus tard à partir d'un lait fermenté originaire de Bulgarie la bactérie spécifique du yaourt « Bacille bulgare » (*Lactobacillus bulgaricus*). Il a ensuite analysé l'action acidifiante du lait caillé et suggère une méthode de production sûre et régulière (**Rousseau, 2005**). En effet, c'est en 1919 qu'Isaac Carasso a commencé à produire du yaourt à Barcelone selon des procédés industriels (**Pelletier et al., 2007**). Le yaourt dit « nature » a constitué l'essentiel des productions de laits fermentés, mais à partir des années 1960-1970 les produits sucrés puis aromatisés et aux fruits sont apparus.

1.2. Définition et réglementation :

Selon le Codex Alimentarius, le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique grâce à *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* et *Streptococcus salivarius* sous espèce *thermophilus* à partir du lait (pasteurisé, concentré, partiellement écrémé enrichi en extrait sec) ». Les bactéries lactiques doivent êtreensemencées simultanément et trouvées vivantes dans le produit à raison d'au moins 10^7 bactéries/g. 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. Ces produits doivent être maintenus jusqu'à leur consommation à une température comprise entre 0 et 6 °C pour que les bactéries lactiques restent vivantes (**Mahaut et al., 2000 ; Anonyme, 1995**).

2. Matières utilisées pour la production du yaourt :

2.1. Lait frais :

Le lait est un produit de forte valeur nutritionnelle. C'est l'un des rares aliments à contenir une teneur équilibrée en nutriments de base (glucides, lipides et protéines). C'est aussi l'un des rares à convenir à toutes les tranches d'âge (nourrissons, enfants, adolescents,

adultes, personnes âgées) qui le consomment tel quel à l'état liquide (lait frais) ou sous forme de produits dérivés (fromages, yaourts, crèmes glacées...etc.). Avec une valeur énergétique de l'ordre de 700Kcal/l, le lait de plusieurs espèces animales constitue une source importante et relativement bon marché d'apport quotidien en acides aminés et acides gras essentiels ainsi qu'en calcium alimentaire. Le lait est aussi riche en d'autres sels minéraux (notamment phosphore et magnésium) et en vitamines du groupe B (B1, B2, B5 et B12) et en vitamine A.

Pour répondre à ces besoins, le lait bovin est le plus utilisé dans le monde et dans notre pays. Les espèces voisines (ovin, caprin, camelin) représentent un pourcentage de production relativement faibles, n'excédant pas 10%.

2.2. La poudre de lait :

Constitué essentiellement de matière sèche du lait et d'une très faible quantité d'eau (de 2 à 5%), la poudre de lait a l'avantage de pouvoir se stocker et se transporter aisément pour être utilisée via la recombinaison comme matière première pour la production de fromages, de laits fermentés, de crèmes glacées...etc.

Les poudres commercialisées sont en réalité de trois types, classées selon l'intensité du traitement de déshydratation (et le degré de dénaturation qu'il génère) opéré : poudre « low heat », medium heat et « high – heat ». Le degré de dénaturation est exprimé par l'indice d'azote protéique (IAP ou WPNI en anglais) en milligrammes de protéines sériques non dénaturées (psnd) par gramme de poudre considérée.

Les poudres ayant été préparées avec un traitement thermique bas (low heat, WPNI égal ou supérieur à 6) contiennent une faible quantité de protéines dénaturées et sont utilisées dans des produits où les propriétés de solubilité, de gélification et d'émulsion sont recherchées. Il s'agit des poudres de meilleure qualité convenant aussi bien à la préparation du lait de consommation que celui destiné à la fromagerie ainsi qu'à la fortification du yaourt (**NOZINCK, 1982 ; MODLER, 1985**).

Les poudres type « médium heat » (WPNI compris entre 1,5 et 5,9) possèdent une bonne capacité d'hydratation et d'activité de surface. Elles sont utilisées notamment dans les fabrications de crèmes glacées, desserts congelées...etc.

Enfin, les poudres « high – heat » (WPNI inférieur à 1,5) sont hautement dénaturées et peu solubles. Ce type de poudre trouve une utilisation dans les produits structurés (boulangerie, biscuiterie, et confiserie) (**MODLER, 1985 ; CAMPBELL et PAVLASEK, 1987**).

En plus de l'intensité du traitement thermique suivi, il y a lieu de signaler que la qualité de la poudre du lait peut varier aussi selon le type de séchage subi qui peut être fait sur cylindres (procédé Hatmaker) ou par atomisation. Le chauffage brutal qui se produit dans le premier cas entraîne des modifications de la structure physico-chimique du produit conduisant à une faible solubilité et générant un goût de cuit et des réactions de brunissement. Il est admis que la poudre préparée par atomisation (procédé Spray) présente de meilleures caractéristiques et aptitudes technologiques (ANONYME, 1995)

3. Les bactéries du yaourt

3.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt

3.1.1 Streptococcus thermophilus :

S. thermophilus est une cocci Gram positif, anaérobie facultative, non mobile. On le trouve dans les laits fermentés et les fromages (DELLAGLIO *et al*, 1993 ; ROUSSEL *et al*, 1994). C'est une bactérie dépourvue d'antigène du groupe D, thermorésistante, sensible au bleu de méthylène (0,1%) et aux antibiotiques. Elle est aussi résistante au chauffage à 60°C pendant 30 minutes (DELLAGLIO *et al*, 1994). Elle est isolée exclusivement du lait et des produits laitiers sous forme de coques disposées en chaînes de longueurs variables ou par paires. Sa température optimale de croissance varie entre 40 et 50°C. Son métabolisme est du type homofermentaire (LAMOUREUX, 2000).

Le rôle principal de *S. Thermophilus* est la fermentation du lactose du lait en acide lactique et en plus de son pouvoir acidifiant, elle est responsable de la texture dans les laits fermentés. Elle augmente la viscosité du lait par production de polysaccharides (composés de galactose, glucose, ainsi que de petites quantités de rhamnose, arabinose et de mannose) (BERGAMAIER, 2002).

3.1.2 Lactobacillus bulgaricus:

Lb. Bulgaricus est un bacille Gram positif, immobile, asporulé, micro-aérophile. Il est isolé sous forme de bâtonnets ou de chaînettes. Il possède un métabolisme strictement fermentaire avec production exclusive d'acide lactique comme principal produit final à partir des hexoses de sucres par voie d'Embden Meyerhof. Il est incapable de fermenter les pentoses.

Lb. Bulgaricus est une bactérie thermophile, très exigeante en calcium et en Magnésium et sa température optimale de croissance est d'environ de 42 °C. Cette bactérie a un rôle essentiel dans le développement des qualités organoleptiques et hygiéniques du yaourt (MARTY-TEYSSET *et al*, 2000).

Ces deux bactéries lactiques tolèrent de petites quantités d'oxygène. Ceci peut être probablement relié au peroxyde d'hydrogène (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 microaérophiles (DOLEYRES, 2003).

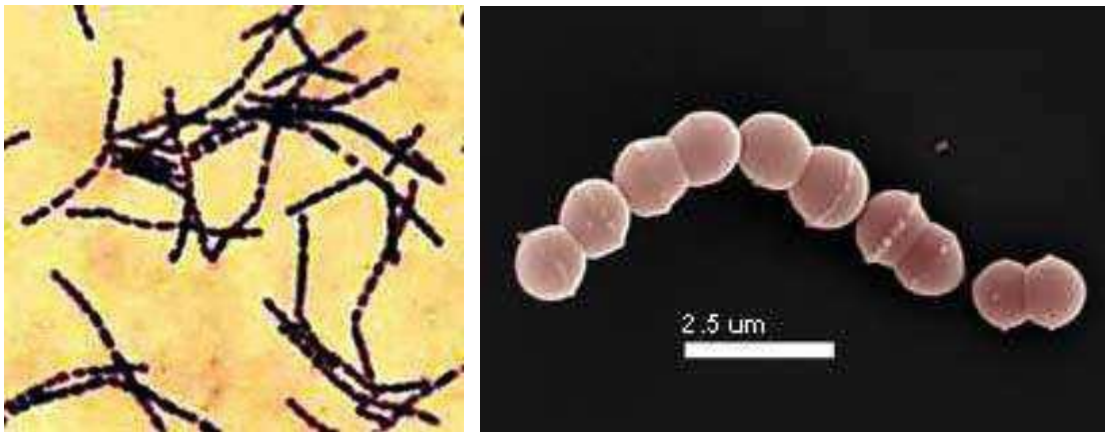


Figure 04 : Les bactéries lactiques du yaourt

3.2. Intérêt et fonctions des bactéries du yaourt :

3.2.1 Production d'acide lactique :

La production d'acide lactique est une des principales fonctions des bactéries lactiques en technologie laitière, car cet acide organique permet de concentrer et de conserver la matière sèche du lait, en intervenant comme coagulant et antimicrobien (SCHMIDT *et al*, 1994). Le métabolisme est du type homofermentaire (production exclusive de l'acide lactique).

L'acidité du yaourt est communément exprimée en degré Dornic (1D° = 0,1g/l d'acide lactique). Elle se situe entre 100 et 130 °D (LOONES, 1994).

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

- il aide à déstabiliser les micelles de caséines, ce qui conduit à la formation du gel ;
- il donne au yaourt son goût distinct et caractéristique, comme il contribue à la saveur et l'aromatisation du yaourt (**TAMIME et ROBINSON, 1999 ; SINGH *et al*, 2006**) ;
- intervient comme inhibiteur vis-à-vis des micro-organismes indésirables (**LEORY *et al*, 2002**).

3.2.2 Activité protéolytique :

Pour satisfaire leurs besoins en acides aminés, les bactéries du yaourt doivent dégrader la fraction protéique du lait constituée de caséine et de protéines sériques, leur système protéolytique est constitué de deux types d'enzymes distinctes : les protéases et les peptidases. *Lb. Bulgaricus* possède des protéases localisées, pour l'essentiel, au niveau de la paroi cellulaire. Cette activité protéasique permet d'hydrolyser la caséine en polypeptide.

St. Thermophilus est considérée comme ayant une faible activité endopeptidasique. Elle dégrade les polypeptides par son activité exopeptidasique en acides aminés libres.

3.2.3 Activité aromatique :

Divers composés volatiles et aromatiques interviennent dans la saveur et l'appétence du yaourt. C'est principalement le lactose qui intervient dans la formation de ces composés dans une fermentation de type hétérofermentaire. Parmi ceux-ci, l'acide lactique confère au yaourt son goût acidulé. L'acétaldéhyde, qui provient en grande partie de la thréonine, joue un rôle essentiel dans ces caractéristiques organoleptiques recherchées. La concentration optimale de ce métabolite est estimée à environ 10 ppm. Sa production, due principalement au lactobacille, est augmentée lorsque ce dernier est en association avec le streptocoque qui en élabore de faibles quantités.

L'acétaldéhyde peut provenir :

- du pyruvate, soit par action de la pyruvate décarboxylase ou par action de la pyruvate déshydrogénase (appelée aussi pyruvate formate lyase) ;
- de la Thréonine par l'action de la Thréonine aldolase.

Le diacétyl contribue à donner un goût délicat qui est dû à la transformation de l'acide citrique et, secondairement, du lactose par certaines souches de streptocoques. D'autres composés (acétone, acétoïne, etc.) contribuent à l'équilibre et à la finesse de la saveur. Ceci résulte d'un choix avisé des souches, de leur capacité à produire dans un juste rapport les

composés aromatiques et du maintien de ce rapport au cours de la conservation des levains et de la fabrication (ANONYME, 1995).

Notons que la saveur caractéristique du yaourt, due à la production du diacétyle et de l'acétaldéhyde et qui est recherchée dans les produits type «nature», est en partie masquée dans les yaourts aromatisés.

3.2.4 Activité texturant :

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

L'augmentation de la viscosité du yaourt est en général attribuée à la production d'exopolysaccharide (EPS) qui, selon une étude portant sur plusieurs souches serait essentiellement composé de rhamnose, arabinose, et mannose (SCHMIDT *et al.*, 1994).

Il est couramment admis que la production des EPS est le résultat de l'action exercée par *St. thermophilus*. Mais d'après TAMIME (1999), *Lb. Bulgaricus* possède une aptitude à produire des EPS composés de galactose, glucose, rhamnose à des rapports de 4/1/1.

3.2.5. Autres activités des bactéries lactiques :

3.2.5.1. Activité lipolytique :

Le genre *Lactobacillus* est faiblement lipolytique (Papamanoli *et al.*, 2003). C'est à travers des publications scientifiques, que les connaissances des activités estérasiques et lipolytiques des bactéries lactiques restent encore fragmentaires. L'activité estéarique des lactocoques est plus importante que celle des lactobacilles. Cependant on trouve que dans le groupe des lactobacilles thermophiles, les activités lipolytiques de *Lb. delbrueckii* ssp. *lactis* et *Lb. acidophilus* sont supérieures à celles de *Lb. Delbrueckii* ssp. *Bulgaricus* et *Lb. helveticus*. Et dans le groupe des lactobacilles hétérofermentaires facultatifs : *Lb. Casei* et *Lb. plantarum*, possèdent un système estérasique plus actif que les hétérofermentaires strictes : *Lb. brevis* et *Lb. fermentum* (Talon *et al.*, 2006).

3.2.5.2. Activité antimicrobienne :

Ce sont essentiellement les bactéries lactiques (*Lactobacillus* , *Leuconostoc*, *Pediococcus* et *Lactococcus*) et des Bifidobactéries qui sont connus pour posséder de telles activités grâce à leur capacité à produire lors de leur croissance des composés actifs ; à

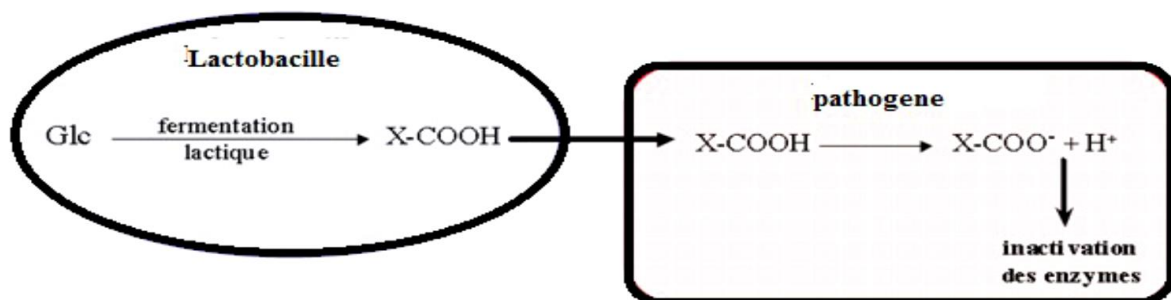
savoir, les acides organiques qui acidifient le milieu (lactate ,acétate ..), des dérivés du métabolisme de l'oxygène (H₂O₂), et des substances naturelles de nature protéique; douées d'une activité antagoniste à l'encontre d'un grand nombre de germes d'altération, leur permettant de se développer préférentiellement dans divers écosystèmes (**Vandervoorde et al., 1991; Annika et Marc, 2004 ; Herreros et al., 2005; Belal et al ., 2011**).

Plusieurs études ont été réalisées dans ce contexte. On cite une étude faite mesurant l'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Lb. Bulgaricus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Streptococcus thermophilus*) vis à vis aux trois souches *Helicobacter pylori* responsables des maladies gastroduodénales, isolées à partir des biopsies gastriques des malades. Qui nous ont démontré le pouvoir inhibiteur de ces bactéries lactiques contre les bactéries pathogènes ; un but qui compte un pat de développement dans le domaine thérapeutique (**Tabak, 2012**).

a. Les acides organiques :

Parmi lesquels l'acide lactique et l'acide acétique et tous ceux causant la diminution du pH qui induit à une acidification du cytoplasme cellulaire (**Figure 05**) ; en conséquence les flores acido-sensibles (exemple : *Pseudomonas*) sont inhibées. Cependant, un grand nombre de *Lactobacillus* produisent ces acides organiques (**Annika.M.M et Marc.B, 2004**).

On a observé que le mécanisme inclus dans l'invasion de cellules Caco-2 par *Salmonella enterica serovar Typhimurium* sans modification de la viabilité des pathogènes, s'est arrêté après neutralisation des cultures de *Lb. Casei rhamnosus GG* a pH7. La croissance de *E. coli*O157 :H7 était réduite sous l'effet de l'acide lactique et la diminution de pH causées par *Lb. lactis*, *Lb. Casei Shirota* ou *Lb. acidophilus* YIT0070. Comme on a découvert l'inhibition de *H. pylori in-vitro*, effet apparemment du a la production de l'acide lactique et l'acide acétique et l'acide hydrochlorique par les souches *L. acidophilus*, *L. casei subsp. rhamnosus*, *L. bulgaricus* et *B. bifidus* (**Alain, 2004**) et l'inhibition de l'espèce *S. aureus* ATCC 25923, *Escherichia coli* ATCC 25921 et *Bacillus sp* , par des souches de : *Lb. plantarum* (**Mami. A et al, 2011**).



X-COOH = CH₃-CHOH-COOH dans le cas de l'acide lactique

Figure 5 : Mode d'action sur les pathogènes des acides organiques produits par les lactobacilles.

b. Le diacétyl et d'autres produits :

Le diacétyl ($C_4H_6O_2$) un des composants aromatiques essentiels du beurre synthétisé par différents genres de bactéries lactiques comme *Lactococcus*, *Leuconostoc*, *Lactobacillus* et *Pediococcus* ; est produit suite à la dégradation du citrate, un composé inhibiteur à pH 5 plus actif contre les bactéries à Gram négatif, les levures et les champignons (200 mg/ml) que contre les bactéries à Gram positif non lactiques (300 mg/ml) pour les non lactiques (Jay, 1982; Smaoui, 2010) .Cependant, A pH 7 ce produit est très inefficace. *Pseudomonas* présente la plus grande sensibilité à ce produit. Outre, il est à noter que les quantités produites sont en général trop faibles pour être inhibitrices (Annika. M.M et Marc.B., 2004).

c. Le dioxyde de carbone :

Le dioxyde de carbone est produit par des bactéries lactiques hétéro-fermentaires. Le véritable mécanisme de son action antibactérienne reste indéterminé. Cependant, il peut jouer un rôle dans la création d'un environnement anaérobie qui inhibe la décarboxylation enzymatique, alors que son accumulation dans la bicouche lipidique de la membrane peut causer un dysfonctionnement de la perméabilité de celle-ci (Smaoui., 2010).il peut effectivement inhiber la croissance de nombreux germes d'altération et essentiellement les germes psychrotrophes à Gram négatif.

d. Le peroxyde d'hydrogène :

Il est depuis longtemps, reconnu comme un agent majeur de l'activité antimicrobienne des bactéries lactiques en particulier celle des Lactobacilles qui peuvent le générer par plusieurs mécanismes. Vu qu'elles soient catalase négative et certaines souches peuvent accumuler du peroxyde d'hydrogène lorsqu'elles sont cultivées en aérobiose ou en micro-aérobiose ce qui induit l'oxydation des lipides membranaires et la destruction des structures des protéines des cellules des différents microorganismes parmi en on cite *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas. spp.* Sa production peut avoir lieu selon plusieurs modes mettant enjeu des NADH peroxydases ou des flavoprotéines oxydases (Ammor., 2004, Annika.M.M et Marc.B., 2004 ; Smaoui., 2010 ; Boumehira.Z., 2010).

e. La production d'antibiotiques :

Il existe aussi les antibactériens non peptidiques, parmi lesquels la reuterine produite par *Lactobacillus reuteri* : un antibiotique à large spectre, actif vis-à-vis des bactéries Gram-positives et Gram-négatives, des levures, des moisissures et des protozoaires. Il s'agit d'un dérivé du glycérol, le 3-hydroxypropionaldéhyde produit lors de la fermentation anaérobie de ce dernier (**Piard and Desmazeaud., 1991**).

f. La production des bactériocines :

Les bactériocines : un groupe hétérogène de molécules de nature protéique produites par synthèse ribosomique dotées d'un site actif et qui ont un pouvoir antimicrobien ;elles présentent une activité bactéricide ou bactériostatique contre les souches bactériennes phylogénétiquement proches à la souche productrice (**Piard et Desmazeaud., 1991; Muriane et Klaenhammer., 1991; Tomomi et al., 2009**): *Lactococcus*, *Streptococcus*, *Staphylococcus*, *Listeria* et *Mycobacterium* (**Alain.,2004**) ; avec un large spectre d'activité contre les germes pathogènes grampositif et gramnégatif (**Paulraj et al ., 2011**).

Il est établi que le point d'entrée de plusieurs bactériocines est les pores formés dans la membrane cytoplasmique des bactéries sensibles relatif à l'efflux des ions et des composés accumulés à cause de la dissipation du potentiel membranaire résultat de la déplétion en ATP (selon la figure ci-dessous) (**Alain., 2004**). D'autres bactériocines ne forment pas de pores mais interfèrent avec l'activité de certains enzymes des bactéries suspects.

Contrairement à la théorie qui dit que les bactériocines des *Lactobacillus* sont inactives sur les organismes gram négatif, on a rapporté l'efficacité contre *H.pylori* des lactocins A164 et BH5 (**Alain., 2004**)

Plusieurs genres de bactéries lactiques y compris *Lactobacillus* (**klaenhammer., 1998**) *Enterococcus*, *Streptococcus*, *Pediococcus*, *Lactococcus*, *Leuconostoc* et *Carnobacterium* produisent ces molécules. On a même caractérisé les bactériocines de plusieurs espèces comme : *Lb. fermentum*, *Lb. helveticus*, *Lb. acidophilus*, et *Lb. plantarum*.

Klaenhammer a défini trois classes majoritaires de bactériocines. Récemment on en a ajouté une quatrième classe (**Alain ,2004 ; Paulraj et al., 2011, Stoyanova et al., 2012**).

3.2.5.3 Activité antifongique :

On a pu isoler de différents environnements : levains, Maïs (**Doguiet et Denis, 2010**), fromages, laits, fruits, ensilages et de plusieurs produits fermentés (**Belal et al, 2011**) ; des

bactéries lactiques surtout du genre *Lactobacillus* qui avaient une activité antifongique efficace en produisant des substances comme l'acide phényllactique (en quantités inférieures à 7.5 mg/ml et l'acide 4-hydroxy-phényllactique isolés des souches de *Lb. plantarum* 21B. Ces substances ont montré une activité inhibitrice contre : *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Penicillium crylophilium*, *Penicillium requeforti*, *Penicillium expansum*, *Fusarium graminearum* (Doguiet et Denis,2010). On a même noté l'effet des mêmes substances produite cette fois par la souche *Lb. plantarum* 20B contre *Aspergillus*, *Penicillium* et *Monilia* (Kouakou et Philippe, 2011).

Par ailleurs, une gamme d'acides organiques tels que les acides : acétique, formique, caproïque, propionique, butyrique et valérique libérées par *Lb. sanfranciscensis* CB1 et *Lb. plantarum*, possèdent le même effet contre *Aspergillus*, *Fusarium*, *Penicillium* et *Monilia*. Ces acides agissent d'une manière synergique (Kouakou et Philippe, 2011). D'autre part, des souches de *Lb. fermentum* 007, *Lb. Paracasei* D5, *Lb. pentosus* G004, *Pediococcus pentosus* Te010 ont été caractérisées pour posséder la capacité de produire des substances antifongiques efficaces de nature protéique vis-à-vis *Aspergillus niger*, *Aspergillus orizea* (Belal et al, 2011 et Meanwhile et Schnurer 2001) ont attribué la production d'une bactériocine (la reuterine) à spectre d'activité antimicrobienne limité à *Lb. coryniformis*, l'étude a été renforcé par la publication de Adebayo et Aderiye, (2010) sur les bactériocines produite surtout par *Lb. plantarum* EK1, *Lb. plantarum* EK4 et *Lb. fermentum* SG10, inhibant les champignons d'altération *Penicillium citrinum* EK1, *Aspergillus niger* FF2 et *Aspergillus flavus* EB3 isolés de produits alimentaires Nigériens fermentées (Adebayo et Aderiye., 2010).

Comme on a prouvé l'effet antifongique de la bactériocine Nizine Z produite par *Lactococcus lactis ssp. lactis biovar. Diacetylactis* UL719 envers certaines souches de *Candida* (dont parmi *Candida albicans*) responsables des infections buccales qui occupent une place importante en pathologie ORL (Oto-RhinoLaryngologie) (Lay., 2009).

(Vanne et al.,2000) a démontré que la croissance de champignons toxigenes était limitée *in vitro* par des bactéries lactiques par l'effet combine entre l'acide lactique et des bactériocines (Adebayo et Aderiye., 2010). Sur le même contexte, on a prouvé l'inhibition d'organismes gram négatif *Pantoea agglomerans* VTT-E-90396 et de *Fusarium avenaceum* VTT-D-8014 par des composés a potentiel antimicrobien secrétés par *L. plantarum* VTT-E-78076, dont : l'acide benzoïque, 5-méthyle -2, 4-imidazolidinedione, tetrahydro-4-hydroxy-

4-methyl-2H-pyran-2-one et 3- (2-methylpropyl)-2,5-piperazinedione ;avec une activité de ces derniers marquée optimale a la présence de l'acide lactique ce qui s'est avéré conscient avec l'observation disant que le lactate rend la membrane des organismes gram négatif perméable aux contenus extracellulaires permettant la pénétration et augmentant la fonction de ces composés antimicrobiens produits par l'hôte (Alain., 2004).

Récemment, Laref et Guessas, (2013), ont prouvé l'effet antifongique des espèces de *Lb. plantarum* et *Lb. fragiminis* vis-à-vis *Aspergillus* spp., *Fusarium roseum*, *Trichoderma* spp., *Penicillium* spp et *Stemphylium* spp.

4. Comportement associatif des deux souches :

St. thermophilus et *Lb. Bulgaricus* se développent en association (appelée protocoopération) dans des cultures mixtes (Figure 06) ayant un intérêt à la fois d'ordre technologique et nutritionnel.

Ces bactéries, par leur activité acidifiante, ont un effet bénéfique du point de vue qualité hygiénique du produit. En parallèle, elles engendrent des produits secondaires qui contribuent à la qualité 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 ; NGOUNOU *et al.*, 2003).

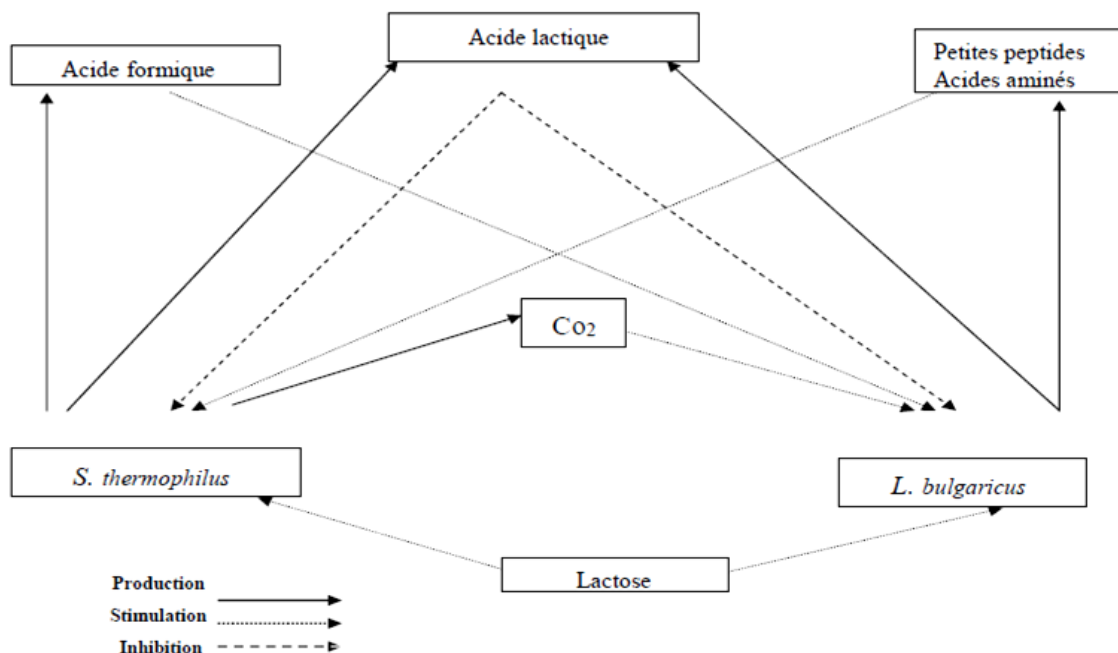


Figure 06 : Schéma illustrant les interactions de *Sreptococcus thermopholus* et *lactobacillus bulgaricus* en culture mixte dans le lait (MAHAUT et al., 2000).

5. Types de yaourts :

5.1. Selon la texture : en fonction de la technologie de fabrication, les yaourts sont divisés en deux groupes. La fabrication de ces deux types de yaourts peut être réalisée soit à partir de lait entier, soit à partir de lait partiellement ou totalement écrémé (3.5% ; 1.0% ; 0.0% de Mg) (Belkadi et Belmaaziz, 2015 ; Beal et al., 2008) dont la différence est schématisée dans la figure 07 .

5.1.1. Yaourts fermes : la fermentation pour ce type de yaourt a lieu en pots à une température comprise entre 42 et 44°C. Ce sont généralement des Yaourts nature ou aromatisés (Keddar et Koubiche, 2009).

5.1.2. Yaourts brassés : contrairement aux yaourts fermes, la fermentation des yaourts brassés a lieu en cuves avant le conditionnement. Ce sont généralement des yaourts brassés nature ou aux fruits. Ils présentent une texture presque fluide amenée à une consistance crémeuse après la coagulation (Luquet et Carrieu, 2005).

5.1.3. Yaourt à boire : ils sont similaires au type brassé mais le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement donc leur texture est liquide (Vignola, 2002).

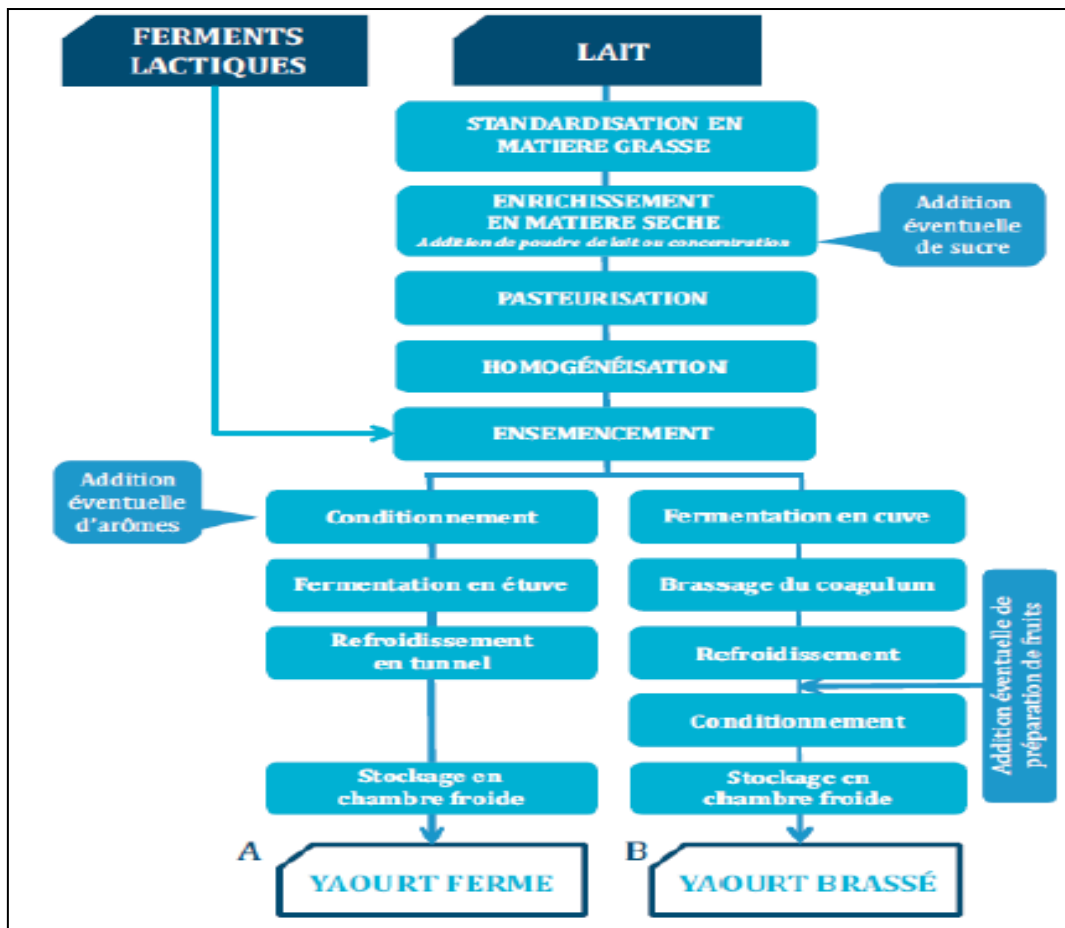


Figure 07 : Schéma de fabrication des yaourts ferme et brassé (Bourlioux *et al.*, 2011)

5.2. Selon leur composition :

Il existe plusieurs variétés de yaourt qui diffèrent par leur teneur en matière grasse (Vignola, 2002 ; Gosta, 1995) :

5.2.1. Yaourts écrémés : ces yaourts renferment des teneurs en matières grasses maximales de 0.5%.

5.2.2. Yaourts partiellement écrémés : ces yaourts renferment des teneurs en matières grasses comprises entre 0.5 et 3%.

5.2.3. Yaourts entiers : les teneurs maximales en matières grasses de ces yaourts est de 3.5% (en pratique de 3 à 4.5%).

5.3. Selon leur saveur et additifs (Mahaut *et al.*, 2000) :

5.3.1. Yaourts sucrés : ils sont additionnés de saccharose à un taux variable.

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

5.3.3. Yaourts aromatisés : ces produits contiennent des arômes naturels renforcés par un produit de synthèse.

5.3.4. Yaourt light : ces produits subissent l'addition d'édulcorant sans sucre.

6. Processus de fabrication du yaourt ferme :

La fabrication du yaourt, même si elle est connue depuis des temps très lointains, demeure un procédé assez complexe et en perpétuelle évolution car, il intègre à chaque fois les connaissances et les progrès réalisés dans des domaines variés.

Le procédé de fabrication diffère d'un type de yaourt à un autre, et les principales étapes de fabrication du yaourt ferme sont les suivantes (la figure 3) :

6.1. Réception du lait : le lait destiné à la production de yaourt doit être d'une qualité bactériologique très élevée. Il doit avoir une faible teneur en bactéries et substances susceptibles d'empêcher le développement du levain du yaourt. Le lait ne doit pas contenir des antibiotiques et des bactériophages (**Sodini et Béal, 2012**). Il est primordial de mettre en place dès la réception du lait ou toutes autres matières premières, des méthodes et des procédures rapides et simples permettant de détecter les anomalies et les pertes possibles de contrôle (**Amellal-Chibane, 2008**).

6.2. Standardisation : pour remédier aux variations naturelles de sa composition, le lait est standardisé au taux de matière grasse désiré (écrémage total ou partiel) et peut être enrichi en extrait sec laitier par addition de la poudre de lait à raison de 2 à 3% pour accroître la croissance et obtenir des yaourts bien fermes ou les protéines lactiques ou addition d'autres ingrédients comme le sucre et les arômes. Ceci afin de répondre aux spécifications nutritionnelles et organoleptiques du produit (**Christine, 2010 ; Pelletier et al., 2007 ; Pernoud et al., 2005**).

6.3. Homogénéisation : l'homogénéisation a principalement des effets sur deux composantes du lait soit, les matières grasses ou les protéines :

6.3.1. Effet sur la matière grasse : l'homogénéisation réduit la taille des globules gras et empêche la séparation entre le gras et le reste du mélange évitant ainsi la remontée de la crème à la surface durant la fermentation (**Lamontagne, 2002**).

6.3.2. Effet sur les protéines : cette opération augmente également la viscosité du lait et par conséquent, celle du yaourt en lui conférant une meilleure stabilité des protéines et réduisant l'exsudation du sérum lors du stockage.

Enfin, l'homogénéisation confère un aspect plus blanc au produit fini (**Pernoud et al., 2005**). Pour des raisons hygiéniques et pour éviter une recontamination du lait, l'étape d'homogénéisation est généralement positionnée avant le traitement thermique du mix ou au cours de sa montée en température vers 64°-70°C (**Lamontagne, 2002 ; Sodini et Béal, 2012**).

6.4. Traitement thermique : c'est une étape cruciale dans le processus de fabrication. Une fois la préparation du lait terminée, celui-ci est soumis à une pasteurisation de 90 à 95°C pendant 3 à 5 min (**Patrick et al., 2010, Mahaut et al., 2000**). Ce traitement permet de :

- Créer des conditions favorables au développement des bactéries lactiques, détruire les bactéries pathogènes et indésirables et inactiver les inhibiteurs de croissance (**Pacikora, 2004 ; Jeantet et al., 2008 ; Sava et al., 2005**) ;
- Induire une modification des propriétés fonctionnelles des protéines car il a un effet sur leur conformation tridimensionnelle, dénaturer la majorité des protéines du lactosérum (85%) qui se fixent sur les molécules de caséines.
- Modifier les équilibres salins en entraînant une augmentation de la taille des micelles de caséines, de leur stabilité et de la qualité de l'eau liée (**Mahaut et al., 2000**).

6.5. Refroidissement : après le chauffage, le lait est refroidi à une température de 45°C. Cette température est maintenue lors de la fermentation car elle correspond à l'optimum de développement symbiotique des bactéries lactiques (**Loones, 1994 ; Mechtoun, 2010**).

6.6. Ensemencement (Fermentation lactique) : c'est l'inoculation dans le lait qui se fait à un taux assez élevé, variant de 1 à 7% des deux germes spécifiques du yaourt (**figure 8**), *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* à des rapports 2/1 pour le yaourt nature et jusqu'à 10/1 pour les yaourts fruités pour un ensemencement indirect à partir du levain. L'ensemencement direct à partir de bactéries lactiques concentrées congelées se fait à des taux de l'ordre de 0,03% (**Mahaut et al., 2000 ; Luquet, 1990**). En outre, la répartition des germes doit être bonne et régulière dans le lait et l'activité du levain doit atteindre en fin d'incubation 85 à 90°D (**Guyot, 1992**). Le lait ainsiensemencé est amené à une température

généralement voisine de 45°C par un passage à travers des réchauffeurs à plaques. La température optimale de développement du streptocoque est de 42-45°C, celle du lactobacille de 47-50°C (Enkelejda, 2004).

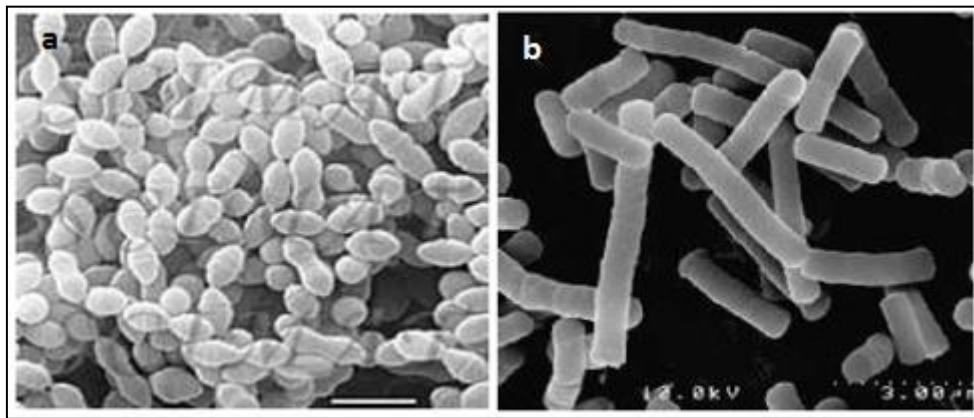


Figure 08 : Observation microscopique à balayage des bactéries du Yaourt, (a) : *Streptococcus thermophilus* et (b) : *Lactobacillus bulgaricus* (Marty-Teys Set et al., 2000)

6.7. Conditionnement : le conditionnement des yaourts s'effectue dans deux types d'emballage, en verre ou en plastique. L'ajout éventuel des fruits intervient avant le conditionnement. Afin que l'opération suivante d'étuvage puisse démarrer dans les meilleures conditions, il est nécessaire de maintenir la température du lait en pots à 45°C (Luquet, 1990). Durant cette étape d'incubation, on assiste au développement de l'acidité du yaourt. Celle-ci est sous la dépendance de la température et la durée de fermentation des germesensemencés. Ainsi, il est préférable d'appliquer une température proche de celle optimale de développement de *Streptococcus thermophilus* soit (42 à 45°C), plutôt que celle proche de l'optimum du *Lactobacillus bulgaricus* (47 à 50°C). En générale, les Streptocoques assurent le départ de la fermentation lactique. Cette température voisine de (42 à 45°C), est considérée comme étant la température symbiotique optimum entre les *Streptocoques thermophilus* et *Lactobacilles bulgaricus* (Luquet, 1990 ; Bourlioux et al., 2011).

6.8. Stockage : Lorsque le pH atteint une valeur comprise entre 4,3 et 4,7 et l'acidité titrable est de plus de 70°Dornic, un refroidissement en deux temps (rapide jusqu'à 25°C, puis plus lent jusqu'à 5°C) est appliqué afin de stopper la fermentation. En effet, l'activité des bactéries lactiques est limitée pour des températures inférieures à 10°C. Le refroidissement est réalisé au moyen d'échangeurs à plaques ou tubulaires (Mahaut et al., 2000). Le respect du pH final est primordial puisque cette caractéristique influence les propriétés sensorielles telles

que l'acidité, la flaveur et la texture du produit fini (**Sodini et al, 2004 ; Keddar et Koubich, 2009**). Les pots de yaourt sont stockés par la suite en chambre froide à 4°C. À ce stade, ils sont prêts à être consommés. La durée limite de leur consommation est de 28 jours (**Pacikora, 2004 ; Luquet et Carrieu, 2005 ; Dupin et al., 1992**). Pendant le stockage, les bactéries lactiques maintiennent une activité réduite. Cette évolution, appelée post-acidification, se traduit par une légère baisse du pH, surtout pendant les 2 premiers jours de stockage (**Amellal-Chibane, 2008**).

7. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques du yaourt :

Les produits laitiers fermentés sont largement consommés et présentent des caractéristiques nutritionnelles et probiotiques bien spécifiques (**Serra et al., 2009 ; Sodini et Béal, 2012**). Un pot de yaourt nature possède la même valeur nutritive qu'un verre de lait (**Jeantet et al., 2008**). Du coup, le yogourt est une bonne source de nutriments avec des propriétés bénéfiques pour la santé, telles que la stimulation immunologique, la protection contre le cancer et la réduction du cholestérol (**Haug et al., 2007 ; Wolf, Venica et Perotti, 2015**).

Le yaourt participe dans l'amélioration de l'absorption du lactose car les bactéries lactiques présentes à l'état vivant dans le yaourt permettent une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (**Wolf et al., 2015 ; Jeantet et al., 2008**). L'acide lactique et les autres acides organiques produits au cours du processus de fermentation permettent l'augmentation de l'absorption de fer à partir d'autres types d'aliments (**Branca et Rossi, 2002**). Il a également un effet sur la digestibilité de la matière grasse et des protéines. Bien que l'activité lipolytique soit faible, une augmentation significative en acides gras libres dans un yaourt est constatée. Ce produit est deux fois plus digeste que le lait et contient deux fois plus d'acides aminés libres. Cette propriété résulte du traitement thermique et de l'activité protéolytique des bactéries (**Jeantet et al., 2008**).

Ce produit a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales surtout le traitement des diarrhées infantiles (**Lucas et al., 2004**). L'acide lactique est légèrement antiseptique. Cette acidité inhibe surtout le développement des germes pathogènes dans le tube digestif du consommateur. De plus, l'acidité stimule les mouvements péristaltiques du tube digestif, facilitant l'élimination des micro-organismes pathogènes. En dehors de l'acide lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des

probiotiques, notamment des oligosaccharides. Leur pouvoir antagoniste résulte aussi de la production du peroxyde d'hydrogène et de bactériocines, limitant la croissance de certains germes pathogènes (**Tabak et Bensoltane, 2011 ; Jeantet *et al.*, 2008**). Le yaourt est donc un aliment vivant qui, d'une façon générale, diminue les symptômes de dérangement intestinal (**Fredot, 2005**).

Partie 2 :
Matériel et
méthodes

Partie 2 : Matériel et méthodes

1. Objectif :

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

2. Matière premières :

Les matières utilisées pour élaborer le yaourt sont d'abord le lait cru analysé et pasteurisé au sein de l'entreprise. La poudre de lait à 0% et les ferments lactiques. Alors que la poudre de la caroube à 30% de sucre est fournie par l'entreprise BOUBLENZA.

3. Technologie de fabrication du yaourt :

3.1 Pasteurisation : le lait préalablement préparé subit une pasteurisation à 90°C pendant 5 minutes pour détruire les germes pathogènes tout en réduisant sa charge microbienne, ensuite refroidi à 45°C, c'est la température favorable pour la croissance des bactéries lactiques.

3.2. Ensemencement des ferments : Les ferments lactiques sontensemencés à raison de 3% dans des conditions aseptiques dans des pots contenant 100ml de lait expérimental chauffé à 95°C pendant 5min et refroidit au préalable à 45°C. Au même temps, une incorporation de farine de caroube à des taux variables 0%, 0.5%, 1% et 1.5% (p/v) est faite.

3.3. Étuvage : Pour favoriser la croissance des bactéries lactiques durant la période de fermentation, les pots sont placés à l'étuve réglée à 45°C pendant 4 heures.

3.4. Refroidissement : Pour arrêter la fermentation, le lait étuvé est immédiatement mis au réfrigérateur à une température de 4°C.

3.5. Conditionnement : Le laitensemencé est réparti dans des pots stériles de capacité de 100 ml.

3.6. Conservation : Les yaourts obtenus sont stockés en frigo à température de 4 °C pour une éventuelle analyse.

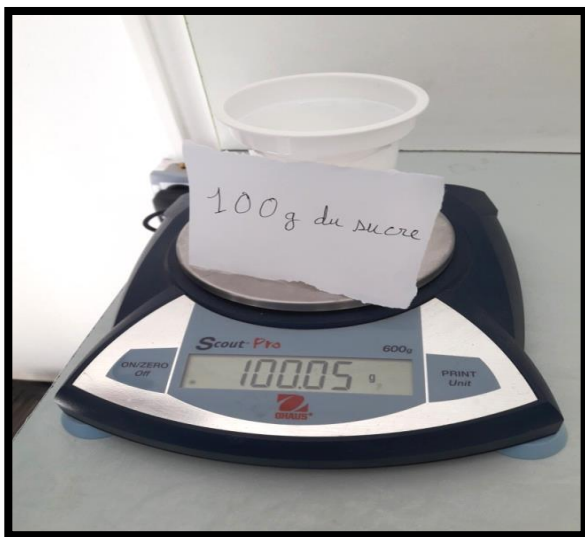
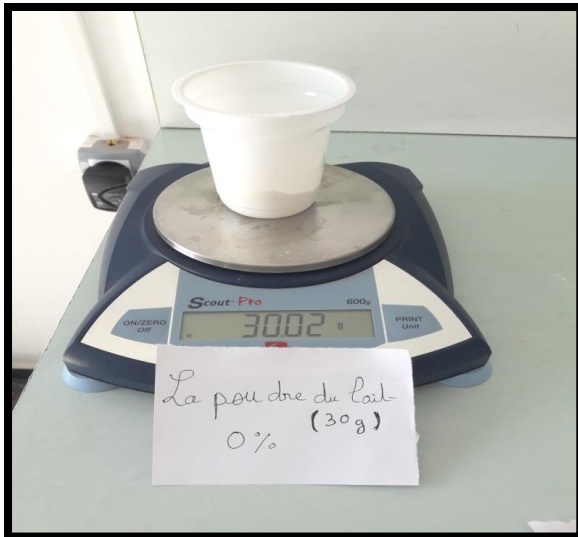


Figure 9 : les différentes étapes de la fabrication du yaourt

4. Analyse physico chimique du yaourt :

Tous les analyses ont été répétées trois en fois et la moyenne des valeurs obtenus a été considérée.

4.1. Mesure de pH :

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

4.2. Mesure d'acidité Dornic :

Cette analyse a pour but de dose l'acide lactique du yaourt avec la soude NaOH en présence d'un indicateur coloré du PH.

L'acidité normale du yaourt est comprise entre 75 et 100°D.

*** Mode opératoire :**

Bien homogénéisé le contenu du pot du yaourt, on prélève avec une pipette, 10 ml du yaourt déjà préparé, on y ajoute d'abord quelques gouttes de phénolphtaléine, puis petit à petit, une solution de NaOH à 0,9 g/L et on effectue ainsi le dosage en surveillant le virage de la couleur. Au virage, on note le volume de NaOH versé qui lui fait correspondre de degré Dornic (Annexe 1).

4.3. Mesure de la viscosité dynamique :

La viscosité est établie par l'utilisation d'un tube en verre de diamètre égale à 18 mm et de longueur de 15 cm (viscosimètre) équipé d'un chronomètre et d'une bille normalisé (Annexe1).

4.4. Mesure de l'extrait sec total : La matière sèche des échantillons étudiés est déterminée par évaporation au moyen d'un appareil balance dessiccateur. L'extrait sec total (EST) est la quantité ou le pourcentage du contenu anhydre de l'aliment, obtenue après dessiccation à une température de 105°C jusqu'à obtention d'une valeur constante. La lecture se fait directement en lisant la valeur de la matière sèche sur l'appareil en pourcentage (%).

4.5. Détermination de la teneur en matière grasse : La teneur en matière grasse est déterminée selon la méthode de Gerber ou la méthode acido-butyrométrique décrite par NF

V04.210. Les protéines sont dégradées par l'acide sulfurique et la chaleur produite fait fondre la matière grasse. L'alcool iso-amylique aide à la séparation de la matière grasse. La centrifugation permet la séparation de la phase grasse et la phase aqueuse. La teneur en matière grasse est exprimée selon la formule suivante :

$$T=B-A$$

- **A:** lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de matière grasse.
- **B:** lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de matière grasse.

La teneur en matière grasse est exprimée, soit en gramme pour 100g de lait, soit en grammes pour 100ml.



Figure 10 : Mesure de la matière grasse



Figure 11 : Mesure de l'humidité



Figure 12 : Mesure du l'extrait sec total

5. Analyses microbiologiques du produit obtenu :

Le contrôle microbiologique concerne la recherche de micro-organismes susceptible de

contaminer le yaourt. Les analyses microbiologiques reposent sur la recherche et le dénombrement des germes les plus significatifs. À cet effet les germes recherchés sont :

- Les coliformes totaux et fécaux ;
- Staphylococcus aureus ;
- Salmonella ;
- Levures et moisissures.

5.1. Préparation de l'échantillon pour analyse :

Avant d'ouvrir le pot de yaourt préparé, et afin d'éliminer toute source de contamination, prendre soin de nettoyer soigneusement la surface extérieure du récipient autour de la zone d'où sera prélevé l'échantillon. Le nettoyage peut être effectué avec de l'eau de javel ou l'alcool, afin d'éviter toute contamination supplémentaire, ouvrir le pot aseptiquement (JO, 2004).

5.2. Préparation des dilutions décimales :

La préparation de la dilution décimale sert à réduire le nombre de micro-organismes par unité de volume, pour faciliter l'examen microbiologique. Un volume de 1 ml de yaourt bien homogénéisé est prélevé pour essai à l'aide d'une pipette stérile et rajouté à 9 ml de diluant. Cette dilution primaire est agitée, on obtient alors la dilution 10⁻¹. Les dilutions suivantes sont Préparées selon la méthode de dilution décimale (JO, 2004).

5.3. Recherche des salmonelles :

La recherche des salmonelles s'effectue en 3 étapes. D'abord, un pré-enrichissement est réalisé. 25 g de yaourt est ajouté à un flacon contenant 225 ml de bouillon d'eau peptonée tamponnée (milieu d'enrichissement). L'incubation est faite à 37 °C pendant 24 à 48 h. Ensuite, un enrichissement est effectué. À partir de la culture de pré-enrichissement, 1 ml est transféré dans un tube contenant 10 ml de bouillon SFB (milieu d'enrichissement). L'incubation est faite à 37 °C pendant 24 à 48 h. À partir du tube SFB, la boîte de pétrie contenant le milieu SS (salmonella-shigela) estensemencée en stériles et incubée à 37 °C pendant 24 h. Les colonies suspectes de Salmonella sur SS apparaissent incolores avec ou sans centre noir.

5.4. Recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux :

À partir des dilutions décimales, 1 ml est transféré dans des boîtes de pétri auxquelles 15 ml de la gélose VRBL est ajouté. Après solidification une deuxième couche du même milieu est ajoutée afin de favoriser l'anaérobiose et empêcher le développement des colonies superficielles envahissantes. L'incubation est faite à 30 °C pour les coliformes totaux et à 44 °C pour les coliformes fécaux pendant 24 h.

5.5. Recherche des Staphylocoques aureus :

Pour 200 ml du milieu Baird Parker, 10 ml de solution de jaune d'œuf et de tellurite de potassium sont ajoutés. La gélose estensemencée par stries et incubée à 37°C pendant 48. Les Staphylococcus aureus apparaissent en couleur noire entourées d'une zone claire.

5.6. Recherche des levures et moisissures :

L'isolement des levures et des moisissures nécessite des milieux sélectifs contenant des substances antibactériennes (ISO 7954 ; Guiraud, 2003). Le milieu Oxytétracycline-Glucose Yeast Extract agar (OGYE) est le milieu utilisé dans cette étude, auquel un antibactérien est ajouté afin d'inhiber tout développement bactérien. 5 ml de l'oxytétracycline ont été ajoutés à 250 ml de l'OGYE (250 ml) préalablement fondue et l'ensemble est homogénéisé avant utilisation. Le mode opératoire consiste à prélever 1 ml de la dilution et l'introduire dans une boîte de pétrie stérile ; ajouter environ 15ml de la gélose OGYE additionné de 5ml de l'oxytétracycline pour 250ml du milieu (ensemencement en masse) puis incubé à 22°C pendant 5 jours. Les colonies blanches représentent les levures par contre les moisissures apparaissent sous forme de poile de chat.

6. Analyses sensorielles :

Un total de 4 paramètres ont été choisis pour être évalués par 15 personnes professionnelles et non professionnelles qui goûteront et donneront des notes de 1 à 5. Le produit élaboré est présenté simultanément aux sujets avec comme accompagnement de l'eau. L'analyse s'est déroulée comme suit : on demande à chaque sujet de remplir une fiche d'analyse sensorielle, contenant toutes les informations relatives aux paramètres de dégustation (Annexe 08).

Partie 3 :

Résultats et

discussion

Partie 3 : Résultats et discussion

Les résultats présentés dans cette partie concernent le yaourt étuvé additionnée de la poudre de la caroube à 0.5% seulement car les autres concentrations ont donné naissance à des yaourts inconsommables avec une couleur très foncé, un gout très prononcé et une texture très épaisse.

1. Analyses physicochimiques du yaourt préparé : L'ensemble des résultats sont présentés dans le tableau 4.

Tableau 4 : Résultats des analyses physicochimiques du yaourt préparé à 0.5% de la caroube :

Paramètres	pH	Acidité	Humidité	Taux MG	Extrait sec total
Yaourt à 0.5% de caroube	4.4	90 D°	20 %	18 %	1.025
Yaourt témoin à 0% de caroube					
Journal Officiel		80	100-EST		

1.2 pH : Le pH est un facteur crucial et critique dans la technologie de fabrication du yaourt et joue un rôle important dans les propriétés sensorielles du produit fini. La valeur du pH du produit analysé est de l'ordre de 4,4. Ces résultats s'accordent bien avec ceux présentés par **Jimoh et Kolapo (2007)** qui varient entre 3,39 et 5,68. Notre valeur est similaire à celle mentionnée par **Sanful (2009)** pour des yaourts enrichis de noix de coco avec des valeurs de 4,20 et 4,40. Par ailleurs elle est inférieure à celles signalées (4,82) par **Amellal et al., (2012)** pour des yaourts enrichis de poudre d'écorces de grenade.

1.3. L'acidité : La valeur de l'acidité titrable pour le yaourt à base de la poudre de Caroube 0.5% est de 90 °D. Cette valeur est légèrement supérieure à la norme recommandée par le JORA (1998) et la FIL qui préconisent respectivement des teneurs de 80°D et 70°D. Ce résultat est comparable à ceux cités par **Amellal et al., (2012)** qui ont mentionné des valeurs comprises entre 80 °D et 90 °D pour des yaourts contenant la poudre d'écorces de grenade. Notre valeur est inférieure à celles indiquées par **Ghalem et Zouaoui (2013)** et qui sont de 99 D° et 102 D° pour des yaourts enrichis par les huiles essentielles de romarin officinal.

1.4. Extrait sec total : Le résultat de l'extrait sec total du yaourt élaboré est de 1.025. Néanmoins, la valeur de l'extrait sec obtenue pour le yaourt à base de la poudre de caroube est supérieure à celle du yaourt nature. Nos valeurs sont similaires à celles signalées (15 et 20,69) par Amellal et al., (2012) pour des yaourts enrichis de poudre d'écorces de grenade. Nos données sont inférieures à ceux signalées par Amellal-Chibane (2008) pour les yaourts à base de la poudre de dattes qui sont entre 20,64 et 21,39%.

1.5. Teneur en matière grasse : Les valeurs de la matière grasse pour les yaourts analysés sont YN (2,83), YB2 (2,13) YB4 (2,03), YB8 (1,96) et YB 12 (1,93). On constate que les valeurs de la matière grasse dans le yaourt enrichi par la poudre de caroube est inférieure à celle du yaourt nature. En outre Kiros et al., (2016) ont remarqué la diminution de la matière grasse dans des yaourts enrichis par le jus de carotte. Nos résultats sont supérieurs à ceux mentionnés par Sanful (2009) dans les yaourts enrichis par la noix de coco qui a signalé des valeurs comprises entre 1.5 et 2 g. La teneur en matière grasse dans les yaourts dépend de la matière grasse de lait utilisé lors de la formulation (Ihemeje et al., 2015).

2. Analyses microbiologiques :

Tableau 5 : Résultats des analyses microbiologiques :

Germes recherchés	Résultats		Normes
	Témoin	0.5%	
Coliformes Totaux	0		10/g
Coliformes fécaux	0		1/g
Staphylocoques aureus	0		10/g
Salmonella	0		Absence dans 25 g
Levures	0		10 ² /g
Moisissures	Absence		Absence/g

On constate d'après la comparaison aux normes, que tous les résultats obtenus sont Conformés (absence totale de tous les germes pathogènes).

3. Analyses sensorielles :

L'analyse est menée en suivant la procédure décrite par MEILGAARD et al (1999).

Les qualités organoleptiques évaluées concernent le goût, la texture, et l'odeur.

L'aspect visuel qui consiste à examiner la surface des yaourts (présence de lactosérum), texture (Épaisseur « Thickness », Granulosité « lumpiness », et saveur (goût de cuit, goût de lactosérum, goût d'étable, aigre, salé, sucré, l'astringence, et l'arrière-goût). Chaque attribut est mesuré selon une échelle d'intensité universelle de 1 à 5.

Les résultats obtenus sont présentés dans le **tableau 6** :

Paramètres Personnes	TEXTURE	GOUT	ODEUR
1	3/5	4/5	4/5
2	3/5	4/5	5/5
3	4/5	3/5	4/5
4	3/5	3/5	3/5
5	3/5	4/5	4/5
6	4/5	5/5	5/5
7	4/5	3/5	4/5
8	3/5	5/5	5/5
9	3/5	4/5	4/5
10	4/5	4/5	4/5

Tableau 6 : Résultats des tests de dégustation

Concernant la texture, l'ajout de la poudre de caroube n'a pas modifié d'une manière significative l'aspect épais du yaourt.

Concernant le goût et d'après le tableau 6, l'addition de la poudre de caroube à eu un impact sur la sensation du goût.

L'odeur de la poudre de caroube ajoutée au yaourt étuvé reste insignifiante.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

L'objectif du travail présenté dans ce mémoire est la valorisation de la poudre de caroube en l'introduisant dans un yaourt afin d'obtenir un aliment fonctionnel à caractère nutritionnel et thérapeutique.

Les résultats de l'évaluation des paramètres physico-chimiques de la poudre de caroube indique un pH presque neutre, une faible acidité titrable, un extrait sec soluble de 75,6 °Brix et un taux important en cendres (10,54%) et en polyphénols (253,62 mg EAG/100g).

A l'issue de la formulation du yaourt et les tests de dégustation, le yaourt à base de 0.5 g de la poudre de caroube s'est révélé très satisfaisant. En effet, celui-ci présente un faible taux de matière grasse, une force de gel élevée, une légère synérèse. De plus, il se caractérise par une teneur en polyphénols très appréciable lui attribuant une activité anti-oxydante considérable. L'évolution du pH et de l'acidité titrable pendant la période de stockage de 28 jours a montré sa stabilité.

Les résultats des analyses microbiologiques du yaourt préparé avec de la poudre de caroube, montrent clairement leurs parfaites conformités aux normes, ce qui offre aux yaourts élaborés une meilleure stabilité et une bonne qualité hygiénique.

Au terme de ce travail, il ressort qu'il est possible de valoriser la poudre de caroube afin de produire un yaourt aromatisé (Gout chocolaté), sucré, par son utilisation sous forme de poudre. De plus, ce yaourt est enrichi en minéraux, polyphénols et est doté d'un pouvoir antioxydant intéressant faisant de lui, un aliment bénéfique pour l'organisme et donc fonctionnel.

ANNEXES

Annexe I : Composition des solutions de titrage

• **Solution de NaOH 0,1N :**

Eau distillé1000ml
NaOH40g

• **Solution de HCL 1n**

Eau distillé100ml
HCL.....4ml

Annexe II : Composition des diluants (g/l)

• **Eau physiologie 9 /ml:**

NaCl 9g
Eau distillée1000 ml

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

• **Milieux solides**

• **Gélose nutritive standard Plate Count Agar (P.C.A)**

Hydrolysate tryptique de caséine 2,5g
Extrait de viande 5g
Glucose 1g
Extrait de la levure 2,5g
Agar15g
Eau distillé q.s.p1000 ml
pH=7±0.2 à 37°C

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

Extrait de levure5g
Extrait de viande 5g
Peptone10g
Acétate de sodium.....5g
Citrate de sodium2g
Glucose20g
KH₂PO₄2g
MgSO₄.....0.1 g
MnSO₄.....0.05 g
Agar12g
Tween801ml
Eau distillée q.s.p1000 ml
pH=6.5±0.2 à 37°C
Autoclavage : 121°C /15min.

• **Milieu M-17**

Extrait de levure2,5g

Extrait de viande	5g
Peptone de caséine	2,5g
Peptone de viande	2,5g
Peptone de soja	5g
Peptone de soja	5g
Acide ascorbique	0,5g
B-glycérophosphate de sodium	19g
Agar	12,75g
Sulfate de magnésium	0.25g
Eau distillée q.s.p	1000ml

pH=7.1±0.2 à 37°C

Autoclavage : 121°C pendant 15min.

Annexe VI:

Analyses physicochimique:

Mesure du PH:

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

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

Mesure de l'acidité Dornic:

Réactif et appareillage:

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

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

Expression des résultats :

Acidité Dornic = $V_{\text{NaOH}} \times 10$

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

Mesure de la viscosité :

Appareillage :

- o Bille : -16,46g de poids et 16mm de diamètre

-Masse volumique = 7,68 g/cm³

- o Tube cylindrique (L=15cm et d=18mm)

- o Chronomètre pour mesurer le temps de chute de la bille.

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

Expression des résultats :

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

- o μ : la viscosité dynamique (m/s)

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

$$K = 2.r^2 .g / 9.X$$

r : rayon de la bille (m)

x : distance parcouru par la bille (m)

g : la fore de pasteur tel que g=9,81m/s²

o ξ_1 : la masse volumique de la bille (kg.m⁻³)

o ξ_2 : la masse volumique du yaourt (kg.m⁻³)

o t : temps parcouru par la bille entre la point de départ et point de l'arrive (s)

Analyses microbiologiques :

Dénombrement des *streptococcus thermophilus* :

Inoculation : Introduire dans chaque boîte pétrie 1ml de l'échantillon de dilution préparé (10⁻⁴), suite couler la gélose M17 (Gélose de Terzaghi) préalablement fondu.

On mit les boites de pétrie dans l'étuve à 37 c° pendant 24 à 48 heures

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

Dénombrement des *latobacillus bulgaricus* :

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

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

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

BIBLIOGRAPHIE

BIBLIOGRAPHIE

- .abak.S et Bensoltane.A. 2012 ; L'activité antagoniste des bactéries lactiques (*Streptococcus thermophilus*, *Bifidobacterium bifidum* et *Lactobacillus bulgaricus*) vis-à-vis de la souche *Helicobacter pylori* responsable des maladies gastroduodénales. *Nature & Technologie*.6:79.
- AAFI, A. (1996) NOTE TECHNIQUE SUR LE CAROUBIER (*CERATONIA SILIQUA* L.). CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE FORESTIÈRE, RABAT (MAROC), 10 P.
- **Abbasi, S., Azari, S. (2007)**. Novel freeze-drying of onion slices using microwaves. In Evangelos Lasos (Ed), proceeding of the 5th international congress on food technology, volume I, Alexander Technological Educational Institution of Thessaloniki (Sindos), Faculty of Food Technology and Nutrition, Thessaloniki, Greece. 54-61.
- **Adebayo .C.O and Aderiye. B.I. 2010:** Antifungal activity of bacteriocins of lactic acid bacteria from some Nigerian fermented foods. *Research journal of microbiology* .5(11).1070-1082.
- **AFNOR. (1999)** : lait et produits laitiers. Volume 1, 5^{ème} édition. Paris. pp117-341.
- AIT CHITT, M., BELMIR, H. AND LAZRAK, A. (2007) PRODUCTION DE PLANTS SELECTIONNES ET GREFFES DE CAROUBIER. BULLETIN MENSUEL D'INFORMATION ET DE LIAISON DU PNTTA, TRANSFERT DE TECHNOLOGIE EN AGRICULTURE N°153. ROYAUME DU MAROC, MINISTERE DE L'AGRICULTURE ET DE LA PECHE MARITIME, 4 P.
- **Alain LS. 2004:** Antagonistic activities of *lactobacilli* and *bifidobacteria* against microbial pathogens. *FEMS Microbiology Reviews* .28.405-440;
- AMELLAL, H., BENAMARA, S., HALLADJ, F., CHIBANE, M. (2012) .CHARACTERISTICS AND ACCEPTANCE OF YOGURT CONTAINING POMEGRANATE (*PUNICA GRANATUM*) PEEL POWDER .ARCHIVES DES SCIENCES VOL 65, NO. 11;PP 289-300.
- **Ammor MS. 2004** : Ecosystème microbien d'un atelier fermier de salaison : Identification et propriétés des bactéries lactiques, école doctorale vie-agro-santé, 177 Balice V.
- **Angelov M, Kostov G, Simova E, Beshkova D & Petia Koprinkova-Hristova P. (2009)** Proto-coopération factors in yogurt starter cultures. *Revue de Génie Industriel* 3, 5- 12.
- **Annika.M.M et Marc.B.2004**. Industrial Use and Production of Lactic Acid Bacteria. Ed Marcel Dekker,
- **Anonyme, 1995**. Laits et les produits laitiers dans la nutrition humaine ; collection FAO alimentation et nutrition, 28.

- **AVALLONE R., PLESSI M., BARALDI M. & MONZANI A., 1997.** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. *Journal of food composition and analysis*, **10**, 166-172.
- BALKADI. F, BELMAAZIZ. S, 2015. EFFET DES EXTRAITS DE THYM (THYMUS VULGARIS) SUR LA QUALITE
- BAYTOP, T. (1984) TORKIYE'DE BITKILER ILE TEDAVI. (GEGMIFLTE VE BUGON). ISTANBUL, 40 P.
- BÉAL : Professeur à AgroParisTech, UMR SayFood, AgroParisTech INRAE, Université Paris-Saclay, Thiverval-Grignon, France
- BELAL, N. G.; ABDELATI, K. A.; ALBALA, S.; ELAWAD, S., 2011. EFFECT OF DIETARY PROCESSED COWPEA (VIGNA UNGUICULATA) SEEDS ON BROILER PERFORMANCE AND INTERNAL ORGAN WEIGHTS. RES. J. ANIM. VET. SC., 6: 6-11
- **Belal.J.M, Zaiton.H,and Sajaa .K.S. 2011.**Antifungal activity of *Lactobacillus fermentum* TE007,*Pediococcus pentosaceus* Te010, *Lactobacillus pentosus* G004 and *L.paracasei* D5 on selected foods .Journal of food science .V76.N7.M493-M499.
- **BERGAMAIER D. (2002).** Production d'exopolysaccharides par fermentation avec des cellules immobilisées de *lactobacillus rhamnosus* RW-959M dans un milieu à base de permeat de lactosérum. Thèse de Doctorat, Université de Laval, Canada.
- Berrougui H., 2007. Le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), une richesse nationale aux vertus médicinales. Maghreb Canada Express (<http://www.maghreb-canada.ca>) Vol. N° 9 (SEPTEMBRE 2007). P.20.
- **BINER B. et al., 2007.** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry*, **100**, 1453-1455.
- **Boumehira.A.Z. 2010** : Identification et caractérisation technologique et fonctionnelle des souches *Lactobacillus plantarum* isolées du lait cru de chèvre et de chamelle. Thèse de doctorat. Faculté des Sciences ES-Senia.
- **BOUZOUITA N. et al., 2007.** The analysis of crude and purified locust bean gum: a comparaison of samples from different carob tree populations in Tunisia. *Food Chemistry*, **101**, 1508-1515.
- **CAMPBELL L.B. and PAVLASEK S.J. (1987).** Dairy products as ingredients in chocolate and confections. *Food Technology*, 41 (10), 78-85.
- **Codex alimentaire ;1981** : « Général principals for the établissement and application of microbial criteria for food ». P (43).

- **CORREIA P. J. & MARTINS-LOUCAO M. A., 2005.** The use of macronutrients and water in marginal Mediterranean areas: the case of carob tree. *Field Crops Research*, **91**, 1-6.
- **COURTIN P., MONNET M. and RUL F. (2002).** Cell- wall proteinases PrtS and Prt B have a different role in *streptococcus thermophilus* / *Lactobacillus bulgaricus* mixed cultures in milk. *Microbiology*, 148, 3413 -3421.
- D'UN LAIT FERMENTE ALICAMENT TYPE YAOURT ETUVE AU COURS DE LA CONSERVATION.
- **DAAS P. J. H., SCHOLS H.A. & DE JONGH H. H. J., 2000.** On the galactosyl distribution of commercial galactomannans. *Carbohydrate research*, **329**, 609-619.
- **DAKIA P. A. et al., 2008.** Composition and physiochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid and water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, **22**, 807-818
- **DAKIA P. A., 2003.** *Extraction et caractérisation de la gomme de caroube (Ceratoniasiliqua L.)*. Mémoire : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique).
- **DAKIA P. A., WATHELET B. & PAQUOT M., 2007.** Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratoniasiliqua L.*) seed germ. *Food Chemistry*, **102**, 1368-1374.
- **DELLAGLIO F., DE ROSSART H., TORRIANIS S., CURK M. et JANSSENS D. (1994).** Caractérisation générale des bactéries lactiques. Tec&Doc (Eds), Loriga, 1, 25-116.
- **Denis, L.F.(2010).** La culture biologique des légumes .Edition Berger A.C .inc. Pp525.
- **DoguetKDenis D. 2010 :** Biocontrôle des moisissures du genre *Fusarium* productrices de fumonisines par sélection de bactéries lactiques autochtones de maïs. Thèse de doctorat université Bordereaux école doctorale science de la vie et de la sante.
- **DOLEYRES Y. (2003).** Production en conteneur du ferment lactique probiotique par la technologie des cellules immobilisées. Thèse Doctorat. Université de Laval. Quebec. 167 pages.
- Dupin h, cup j.l., Maleviak m.i, leynoud-rouaud c. Et berthier a.m., 1992. Alimentation et nutrition humaine. Ed : esf, Paris. 1515
- EMBERGER ET MAIRE, 1941; METRO ET SAUVAGE, 1955; QUEZEL ET SANTA, 1962/63; GUINOCHET ET VILMORIN, 1984
- **FAOSTAT**, <http://faostat.fao.org/>, (13/03/10).
- **GHARNIT N., (2003).** CARACTERISATION ET ESSAI DE REGENERATION IN VIVO DU CAROUBIER
- Gosta, B. (1995). Manuel de transformation du lait. Ed Etat pack processing systems AB. Sweden.

- GUYOT P, 1992. LES YAOURTS D.LG. FOODS.TEC.8-10-11
- Hariri AR, Gorka A, Hyde LW, Kimak M, Halder I, Ducci F, Ferrell RE, Goldman D, Manuck SB. Divergent effects of genetic variation in endocannabinoid signaling on human threat-and reward-related brain function. *Biological Psychiatry*. 2009;66:9–16.
- **Hassan, A., Amjad, I. (2010).** Nutritional evaluation of yoghurt prepared by different starter cultures and their physiochemical analysis during storage. *African Journal of Biotechnology*. 9:2913-2917.
- **JayJM.1982:** Anyimicrobial properties of diacetyl *Appl.Environ.Microbiol.*44.525-532.
- KEDDAR. F, KOUBICH. S, 2009. ETUDE DE L'EFFET ANTAGONISTE ENTRE LES DEUX BACTERIES DU YAOURT
- **Kouakou P, Philippe T. 2011 :** Action des cultures protectrices : cas des germes lactiques sur la flore alimentaire indésirable .*Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 15(2), 339-348.
- LAMONTAGNE M., CHAMPAGNE C.P ? REITZ-ASSEUR J., MOINEAU S., GARDNER N.,
- **LAMOUREUX L. (2000).** Exploitation de l'activité β - galactosidase de culture de bifidobacteries en vue d'enrichir des produits laitiers en galacto-oligosaccharides. Mémoire de maîtrise, Université de Laval, Canada.
- **LEORY F., DEGEEST B. and DE VUYST L. (2002).** A novel area of predictive modeling: describing the functionality of beneficial micro-organisms in foods. *International Journal of Food Microbiology*, 73, 251-259.
- LIZARDO ET AL., 2002. JOURNEES RECH. PORCINE EN FRANCE, 34: 97-101
SBAY, H., & ABOUROUH, M. (2006). APPORT DES ESPE CES A USAGES MULTIPLES POUR LE DE VELOPPEMENT DURABLE : CAS DU PIN PIGNON ET DU CAROUBIER. CENTRE DE RECHERCHE FORESTIE RE HAUT-COMMISSARIAT AUX EAUX ET FORE TS ET A LA LUTTE CONTRE LA DE SERTIFICATION, RABAT, 1-9.
- **LOONES A. (1994).** Lait fermenté par des bactéries lactiques. In « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, Paris. 37-151.
- Luquet F. M., Carrieu G. (2005) Bactéries lactiques et probiotiques. Collection sciences et
- MAHAUT M., JEANTET R., SCHAK P. et BRUL G. (2000). Les produits industriels laitiers. Ed, techniques et documentation, Lavoisier, Paris. 26-40.
- MAKRIS, D.P. AND KEFALAS, P. (2004) CAROB PODS (CERATONIA SILIQUA L.) AS A SOURCE OF POLYPHENOLIC ANTIOXIDANTS. *FOOD TECHNOLOGY AND*

BIOTECHNOLOGY, 42, 105-108.

- MARTY-TEYSSET C. DE LA TORRE F. and GAREL J-R. (2000). Increased production of hydrogen peroxide by *Lactobacillus delbrueckii* ssp *bulgaricus* upon aeration: involvement. *Applied and Environmental Microbiology*, 66(1), 262-267.
- Mechtoun. A, 2014. Essai de fabrication d'un yaourt naturel aromatisé par un sirop de
- MODLER H.W. (1985). Functional properties of nonfat dairy ingredients. A review. Modification of products containing casein. *Journal of Dairy Science*, 68, 2195-2205.
- Muriana.P.M and Klaenhammer.T.R. 1991: Purification and Partial Characterization of Lactacin F, a Bacteriocin Produced by *Lactobacillus acidophilus* 11088. *Appli and Enviro Microbio* 57: 114-121.
- **NGOUNOU C., NDJOUENKEU R., MBOFUNG F. et NOUBI I. (2003).** Mise en évidence de la biodisponibilité de calcium et du magnésium au cours de la fermentation du lait par des bactéries lactiques isolées du lait caillé du Zébu. *Journal of Food Engineering*, 57, 301-307.
- **NOZNICK P.P. (1982).** Dairy Ingredients in food. *Bulletin de la Fédération Internationale de Laiterie*, 142, 60-66.
- **PACI KORA E. (2004).** Interactions physico-chimiques et sensorielles dans le yaourt brassé aromatisé : quels impacts respectifs sur la perception et de la texture et de la saveur ? Thèse de Doctorat présentée à l'Institut National Agronomique. Paris Grignon.
- **Papamanoli E, Kotzekidou P, Tzanetakis N and Litopoulou-Tzanetaki E.** 2002. Characterisation of Micrococcaceae isolated from dry fermented sausage. *Food Microbiol.* 19:441-449.
- **Paulraj.K, Ramraj.S, Neelakandan.Y, KupusamyAlagesan .P, Vellaiyan .P, and Venkatesan.A. 2011:** The role of environmental factors and medium composition on bacteriocin production by an aquaculture probiotic *Enterococcus faecium* MC13 isolated from fish intestine. *Korean J. Chem. Eng.*, 28(3), 860-866.
- **PETIT M. D. & PINILLA J. M., 1995.** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *Lebensmittel-Wissenschaft und Technologie*, 28, 145-152.
- **Piard. J.Cand Desmazeaud. M. 1991:** Inhibiting factors produced by lactic acid bacteria. 2. Bacteriocins and other antibacterial substances. *Le Lait*. 71, 525.
- Priolo, A. ; Waghorn, G. C. ; Lanza, M. ; Biondi, L. ; Pennisi, P., 2000. Polyethylene glycol as a means for reducing the impact of condensed tannins in carob pulp: effects on lamb growth performance and meat quality. *J. Anim. Sci.*, 78 (4): 810-816
- REJEB, M.N. (1995) LE CAROUBIER EN TUNISIE: SITUATIONS ET PERSPECTIVES D'AMELIORATION-QUEL AVENIR POUR L'AMELIORATION DES PLANTES? AUPELF-UREF ED., JOHN LIBBEY EUROTTEXT, PARIS, 79-85.
- **ROUSSEAU M. (2005).** La fabrication du yaourt, les connaissances. INRA. 9 pages.

- **ROUSSEL Y., PEBAY M., GUEDON G., SIMONET J.P. and DECARISN B. (1994).** Physical and genetic map of streptococcus thermophilus A054. *Journal of Bacteriology*, 176(24), 7413- 7422.
- **Sachdeva A, Nagpal J, 2009.** Effect of fermented milk-based probiotic preparations on *Helicobacter pylori* eradication: a systematic review and meta-analysis of randomized-controlled trials. *Eur J Gastroenterol Hepatol*; 21(1):45—53.
- SANCHEZ ET AL., 2010, *J. BIOL. CHEM.* 285(33): 25841—25849
- SÁNCHEZ, J., TALAMILLO, A., LOPITZ-OTSOA, F., PÉREZ, C., HJERPE, R., SUTHERLAND, J.D., HERBOSO, L., RODRÍGUEZ, M.S., BARRIO, R. (2010). SUMOYLATION MODULATES THE ACTIVITY OF SPALT-LIKE PROTEINS DURING WING DEVELOPMENT IN DROSOPHILA.
- **SCHMIDT J.L., TOURNEUR C. et LENOIR J. (1994).** Fonction et choix des bactéries lactiques laitières in « bactéries lactiques ». Vol II. DE ROISSART H. et LUQUET F.M. Ed. Loriga, paris. 37- 46.
- **SINGH SUDHEER K., AHMED SYED U. and ASHOK P. (2006).** *Yogurt science and technology*. 2nd Ed. Cambridge : woodhead Publishing.
- **Smaoui. .2010.** Purification et Caractérisation de Biomolécules à partir de microorganismes nouvellement isolés et identifiés. Doctorat de l'université de Toulouse.
- **Stoyanova.L.G, Ustyugova.e.A, Netrusov.A.I. 2012:** antibacterialmetabolites of LAB /their diversity and properties. *Applied Biochemistry and Microbiology*. 48:229-243.
- Talon,R, Leroy. S, Lebert. I.2007. Microbial ecosystems of traditional fermented meat products: The importance of indigenous starters. *Meat Science*.77.p 55–62.
- TAMIME A.Y. and DEETH H.C. (1980). *Yogurt: technology and biochemistry*. *Journal of Food Protection*, 43, 12, 939-977.
- TAMIME A.Y. and ROBINSON R.K. (1999). *Yogurt science and technology*. 2nd Ed. Cambridge woodhead Publishing.
- **THOMÉ O.W., 1885.** *Flora von Deutschland, Österreich und der Schweiz*. 1 éd. Kölher : Gera (Allemagne).
- **Vandervoorde.L, Chritians.H et Verstraete.W .1991** .In vitro appraisal of the probiotic value of intestinal *lactobacilli*. *World journal of microbiology and Biotechnology*, 7, 587_592.
- **YOUSIF A. K. & ALGHZAWI H. M., 2000.** Processing and characterization of carob powder. *Food chemistry*, **69**, 283-287

RÉSUMÉ

Le yaourt est considéré comme le produit laitier le plus largement consommé dans la société, en raison de son bon goût et de sa variété qui répond aux besoins du consommateur. Il a été constaté que les personnes qui ont ajouté la poudre de caroube à leur régime ont eu plusieurs avantages sur le plan de leur santé, comme la perte de poids, l'atténuation des problèmes d'estomac et les diarrhées, du fait que la caroube contient beaucoup de fibres, des anti-Oxydants, des protéines, une faible quantité de sucre, et ne contient pas de gluten, elle constitue également un régime idéal pour les personnes souffrant d'hypertension artérielle et de calculs rénaux. La caroube a été déclarée comme aliment approuvé par la Food and Drug Administration des États-Unis, ce qui fait du mélange de la caroube au yaourt, une bonne combinaison, qui peut être présenté comme un produit sur le marché national.

Dans le cadre de notre travail, nous avons préparé un Yaourt à la poudre de caroube et effectué des analyses microbiologiques, physico-chimiques et des tests sensoriels d'un échantillon du produit afin de déterminer sa qualité.

ABSTRACT

Yoghurt is considered to be the most widely consumed dairy product in the middle of the society. This is due to its good taste and variety that meets the needs of the consumer. It is found that the people who added the cherubs to their diet have achieved several health benefits such as weight loss and alleviation of stomach problems and diarrhea where the carob contains a lot of fiber, Oxidation, protein and low amounts of sugar, while not containing gluten. It is also an ideal diet for those suffering from high blood pressure and kidney stones. It has been declared as a food approved by the US Food and Drug Administration. All this makes yogurt and carob a good combination. It was introduced as a product in the national market.

As part of our work, we prepared Yagurt Khroub and conducted microbiological and physiochemical analyzes of a sample of the product to determine its quality.

ملخص

يعتبر الياغورت أكثر مشتقات الحليب استهلاكا في اواسط المجتمع وهذا راجع لمذاقه الجيد و المتنوع الذي يلبي حاجيات المستهلك، وجد ان الاشخاص الذين قاموا بإضافة الخروب الى غذائهم حققوا عدة فوائد صحية كانهخفاض الوزن والتخفيف من مشاكل المعدة و الاسهال حيث يحتوي الخروب على الكثير من الالياف كالبكتين ومضادات الاكسدة و البروتين وكميات قليلة من السكر بينما لا يحتوي على الغلوتين، كما يعد غذاء مثالي للذين يعانون من ارتفاع ضغط الدم وحصى الكلى وقد تم

التصريح باستخدامه كغذاء مضمون من قبل مؤسسة الغذاء والدواء الامريكية كل هذا يجعل من الياغورت و الخروب مزيج جيد لعرضه كمنتوج في السوق الوطنية.

كجزء من عملنا قمنا بتحضير يا غورت بالخروب واجرينا تحاليل حسية مكروبيولوجية وفزيوكيميائية لعينة من المنتج وذلك لتحديد جودته