

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**

**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE**

**UNIVERSITE MOHAMED BOUDIAF - M'SILA**

FACULTE DES SCIENCES

DEPARTEMENT DE MICROBIOLOGIE & BIOCHIMIE

N° :



DOMAINE : SCINCES DE LA NATURE ET DE LA VIE

FILIERE : SCIENCES ALIMENTAIRE

OPTION : QPSA

**Mémoire présenté pour l'obtention  
Du diplôme de Master Professionnelle**

Par : BEN NACEIR Chahinez

BAATOUCHE Chahinez

BOUABDALLAH Dounya

**Intitulé**

**La caroube en complément pour améliorer les  
propriétés du yaourt**

Soutenu devant le jury composé de :

Dr RAHALI Abdallah

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Président

Dr. BENSLMA Abderrahim

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Rapporteur

Dr. DRIF Seif Eddine

Université Mohamed Boudiaf M'sila

Examineur

**Année universitaire : 2022 /2023**

## Remerciement

*Au terme de ce travail les mots juste sont difficiles à trouver pour exprimer nos*

*Conseils, sa bienveillance et son soutien tout au long de la Remerciements*

*A « ALLAH », le tout puissant, qui nous à accordés le courage et la patience pour  
élaborer ce modeste travail.*

*Nous tenons à saisir cette aimable occasion pour adresser nos sincères et profond  
remerciements et gratitudes à nos chers parents pour les encouragements qui nous  
ont prodigués durant toutes ces années d'études.*

*Un très grand merci à notre promoteur **BENSLAMA Abderrahim** pour l'effort  
fournis, sa gentillesse, ses précieux réalisation de ce mémoire.*

*De même nous souhaitons exprimer notre profonde gratitude envers les membres  
du jury qui ont généreusement accepté d'évaluer notre travail :*

***Dr. RAHALI Abdallah** pour le grand honneur de présider le jury.*

***Dr. DRIF Seif Eddine** d'avoir bien voulu d'examiner ce travail.*

*Nous adressons également nos remerciements, à tous nos enseignants, qui nous  
ont données les bases de la science.*

*A toute personne qui participé de près ou de loin pour l'accomplissement de ce  
modeste travail*

## *Dédicaces*

*Avec tout mon amour, je dédie cet humble travail :*

*À ma grand-mère que dieu bénisse son ame et qu'elle repose en paix*

*À ma mère qui est toujours là pour moi, et qui m'a donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance et ma vie Maman DAHOUM laamria.*

*Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez témoigné depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction sera toujours avec moi, "dieu les garde pour moi. "*

*À mes frères, **Samy et Moussa***

*À mes sœurs, **Rayane. Yasmine***

*Pour leur conseils, aides et encouragement, Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.*

*A mon grand-père, mes oncles et mes tantes Chacun en son nom, spécialement mon grand oncle **Slimane**, pour m'avoir soutenu et ses encouragements.*

*À mes copines aux beaux jours **Djoher, Layla, Souhila, Manel. CHAHINEZ***

*À tous mes enseignants.*

*À tous ceux qui utilisent la science pour le bien et prospérité des gens.*

*Chahinez **BAATOUCHE***

## *Dédicaces*

*Avec tout mon amour, je dédie cet humble travail :*

*À mon très cher parent qui ont, toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance, à toi mon père **ELMAKI**, et ma*

*vie Maman **Malika***

*Merci pour tout le soutien et l'amour que vous m'avez témoigné depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction sera toujours avec moi, "dieu les garde pour moi. "*

*À mes frères, **ABD RAHMAN** et **ALAA EDDINE**.*

*À mes sœurs, **SOMAIYA** et **KHOULOUD***

*Pour leur conseils, aides, et encouragement, Vous vous êtes dépensés pour moi sans compter.*

*À mes copines aux beaux jours **DJOHER**, **LAYLA**, **CHAHINEZ**, **MANEL**  
**ILHAM***

*À tous mes enseignants.*

*À tous ceux qui utilisent la science pour le bien et prospérité des gens.*

***CHAHINEZ BENNACEUR***

## *Dédicaces*

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

*À mon père KAMEL, 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*

*À mes frères, LAHCEN, ZAKARYA, ABDOU*

*À mes sœurs, HANEN, CHAYMA, CHAHD*

*À mes copines aux beaux jours : MIMA, SAFA, ZAHRA.*

**BOUABDALLAH DOUNYA**

## Sommaire

Abstract.....	10
Résumé .....	i
Liste des abréviations .....	ii
Liste des Figure .....	i
Liste des Tableaux.....	i
Introduction.....	1
Généralités sur le caroubier .....	3
I.1. Terminologie et taxonomie.....	3
I.2. Description botanique de caroubier.....	3
I.3. Reproduction.....	5
I.3.1. Pollinisation .....	5
I.3.2. Fructification.....	6
I.4. Origine et distribution géographique.....	7
I.4.1. Origine de caroubier .....	7
I.4.2. Distribution géographique .....	7
I.5. Compositions chimique de la poudre de la caroube.....	9
I.5.1. Composition chimique brute et valeur calorique .....	9
I.5.2. Teneur en minéraux.....	9
I.5.3. Teneur en vitamines .....	10
I.5.4. Teneurs en composés phénoliques .....	11
I.6. Fabrication de la farine de la caroube.....	12
I.7. Propriétés et utilisation de la farine de caroubier.....	13
I.7.1. Propriétés .....	13
I.7.2. Utilisations .....	14
Chapitre II : Le yaourt .....	16

Le yaourt .....	17
I.8. Historique.....	17
I.9. Définition .....	17
I.10. Différents types de yaourt .....	17
I.11. Compositions du yaourt .....	19
I.12. Bactéries caractéristiques du yaourt .....	20
I.12.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt.....	20
I.12.2. Intérêts et fonction des bactéries du yaourt.....	22
I.13. Matières premières utilisées dans la production de yaourt .....	23
I.13.1. Le lait frais .....	23
I.13.2. Le lait en poudre .....	23
I.13.3. L'eau .....	23
I.13.4. Les additifs .....	23
I.14. La technologie de fabrication de yaourt.....	23
I.14.1. Standardisation du mélange .....	23
I.14.2. Traitement thermique.....	24
I.14.3. Ensemencement .....	24
I.14.4. Réchauffage.....	25
I.14.5. Etuvage.....	25
I.14.1. Consommation.....	27
I.15. Qualité du yaourt .....	27
I.15.1. Aspect physico-chimique .....	27
I.15.2. Aspects hygiéniques .....	27
I.15.3. Qualités organoleptiques.....	27
I.15.4. Qualités nutritives .....	28
I.16. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques .....	28
I.16.1. Amélioration de l'absorption de lactose .....	28

I.16.2.	Amélioration de la digestibilité des protéines .....	28
I.16.3.	Amélioration de la digestibilité des matières grasses .....	28
I.16.4.	Activité antimicrobienne .....	28
I.16.5.	Stimulation du système immunitaire .....	29
I.16.6.	Action préventive contre les cancers de la sphère digestive .....	29
I.16.7.	Activité hypocholestérolémiante .....	29
1.	La valeur nutritionnelle de la combinaison de caroube avec le yaourt .....	30
3.	Les maladies dans lesquelles le yaourt à base de poudre de caroube peut intervenir dans le traitement sont les suivantes .....	31
	Conclusion .....	32
	Références bibliographies.....	

## ملخص

يعتبر الياغورت أكثر مشتقات الحليب استهلاكًا في المجتمع العادي، ويرجع ذلك إلى مذاقه الجيد والمتنوع الذي يلبي احتياجات المستهلك، وقد وجدوا أن الأشخاص الذين أضافوا الخروب إلى نظامهم الغذائي قد حصلوا على العديد من الفوائد الصحية مثل إنقاص الوزن وتخفيف مشاكل المعدة والإسهال لأن الخروب يحتوي على الكثير من الألياف ومضادات الأكسدة. ويحتوي على نسبة منخفضة من السكر ولا يحتوي على الغلوتين وهو غذاء مثالي للأشخاص الذين يعانون من ارتفاع ضغط الدم. وكل هذا يجعل من الياغورت والخروب مزيجًا جيدًا للإعلان عن منتج في السوق الوطنية. كجزء من عملنا، قمنا بإجراء دراسة تفصيلية لكل منهما، من أجل التأكد من توافق وجودهم في طعام واحد، ألا وهو الياغورت.

**الكلمات المفتاحية:** الياغورت، الخروب، سكر طبيعي، تثمين.

## **Abstract**

Yoghurt is considered the most widely consumed milk derivative in ordinary society, and this is due to its good and varied taste that meets the needs of the consumer, and they found that people who added carob to their diet had many health benefits such as weight loss. and relieve stomach problems and diarrhea as carob contains lots of fiber and antioxidants. It is low in sugar and gluten-free, and is an ideal food for people with high blood pressure. All this makes yoghurt and carob a good combination for advertising a product on the national market. As part of our work, we carried out a detailed study of each of them, to ensure the compatibility of their presence in a food, namely yoghurt.

**Keywords:** Carob, yogurt, Natural sugar, valuation.

## **Résumé**

Le yaourt est considéré comme le dérivé du lait le plus consommé dans la société ordinaire, et ce en raison de son goût agréable et varié qui répond aux besoins du consommateur, et ils ont constaté que les personnes qui ajoutaient de la caroube à leur régime alimentaire bénéficiaient de nombreux avantages pour la santé, tels que la perte de poids et le soulagement des problèmes d'estomac et de diarrhée, car la caroube contient beaucoup de fibres et d'antioxydants. Elle est pauvre en sucre et sans gluten, et constitue un aliment idéal pour les personnes souffrant d'hypertension artérielle. Tout cela fait du yaourt et de la caroube une bonne combinaison pour la publicité d'un produit sur le marché national. Dans le cadre de notre travail, nous avons réalisé une étude détaillée de chacun d'entre eux, afin de nous assurer de la compatibilité de leur présence dans un aliment, en l'occurrence le yaourt.

**Mots clés :** Caroube, Yaourt, Sucre nature, Valorisation.

## Liste des abréviations

**Ca** : Calcium

**Mg** : Magnésium

**Cu** : Cuivre

**Fe** : Fer

**K** : Potassium

**CO<sub>2</sub>** : Dioxyde de carbone.

**FAO** : Food and agriculture organization

**UFC/g** : Unité Format Colonie par gramme

**Lb** : Lactobacillus.

**MPa** : Méga pascal.

**N** : Azote

**Na** : Sodium

**P** : Phosphorus

**PH** : Potentiel d'hydrogène

**Ppm** : La partie par million, désignant une concentration d'une substance

**S** : Sulfur

**Se** : Selenium

**St** : Streptococcus.

**Uv** : Ultra-violet

**Zn** : Zinc

## Liste des Figure

<b>Figure 1:</b> Le Caroubier .....	4
<b>Figure 2:</b> Fruit du caroubier (gousses vertes à gauche et mûrs adroite) .....	5
<b>Figure 3:</b> Maturation des fruits du caroubier .....	7
<b>Figure 4:</b> Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde.....	8
<b>Figure 5:</b> Diagramme de la production de la farine de caroube.....	13
<b>Figure 6:</b> La flore bactérienne de yaourt : A : Streptococcus B : Lactobacillus .....	21
<b>Figure 7:</b> Diagramme de procédé de fabrication du yaourt .....	26

## Liste des Tableaux

<b>Tableau 1:</b> Classification taxonomique de genre ceratonia .....	3
<b>Tableau 2:</b> Valeurs moyennes da la composition chimique brute et de la valeur calorique de la poudre de caroube .....	9
<b>Tableau 3 :</b> Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube .....	10
<b>Tableau 4:</b> Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube. ....	11
<b>Tableau 5 :</b> Teneur en composés phénoliques de la poudre de caroube (ppm) .....	12
<b>Tableau 6 :</b> Différents types du yaourt et leurs caractéristiques .....	18

# **Introduction**

## Introduction

La caroube (*Ceratonia siliqua* L.) est un arbre à feuilles persistantes qui appartient à la famille des légumineuses. Fabaceae (ubfamily Caesalpinioideae) originaire de la région méditerranéenne. Il a largement exploité depuis l'antiquité en raison de ses fruits comestibles (communément appelés gousses ou simplement caroube). Elle est encore actuellement utilisée dans les industries agro-alimentaires et pour la restauration des sols (Tous *et al.*, 2013). Au cours des dernières années, la production moyenne de gousses de caroube dans le monde a été réduite de 165 à 75 %, dans le monde est passée de 165 990 tonnes en 2013 à 136 612,75 tonnes en 2014 (Yatmaz & Turhan, 2018). 136 612,75 tonnes en 2018 (Borbely *et al.*, 2021).

Un lait fermenté est un produit laitier composé exclusivement de matières premières d'origine laitière (lait et constituants du lait), ayant subi une pasteurisation et une fermentation par des micro-organismes spécifiques et caractérisé par une teneur en acide lactique minimale de 0,6 %. Il peut être additionné de certains ingrédients lui conférant une saveur spécifique (sucre, arômes, préparations de fruits, additifs), à condition que cette addition n'excède pas 30 % du poids du produit fini

L'importance de ces produits, tant pour les consommateurs, qui les choisissent pour leur apport nutritionnel, leurs caractères sensoriels, leur facilité d'emploi et leur diversité, que sur les plans industriel et économique, justifie l'intérêt permanent qui leur est porté. La qualité des produits et la régularité des productions représentent en outre des sujets sur lesquels les efforts se poursuivent.

Les yaourts sont une source importante de nombreux nutriments, protéines, calcium, potassium, phosphore, magnésium, zinc, vitamine B2, niacine, vitamine B. Plusieurs études épidémiologiques ont montré que la consommation de yaourt était associée à un meilleur profil nutritionnel (Webb *et al.*, 2014). L'étude INFOGENE a montré que les consommateurs de yaourts avaient un meilleur score d'équilibre alimentaire et que les yaourts étaient un excellent contributeur du style alimentaire prude.

Compte tenu la valeur nutritionnelle de yaourt et caroube, en combinant ces deux aliments, la valeur nutritionnelle de notre alimentation est améliorée, offrant une source supplémentaire de calcium et de fibres pour la digestion. De plus, cette combinaison fournira également une option de nourriture saine, faible en calories et riche en antioxydants, qui peut aider à réguler le taux de sucre dans le sang et à favoriser une peau saine.

Dans ce travail a pour objectif de présenter les avantages nutritionnels de la caroube et de proposer une méthode pour la fabrication d'un yaourt à base de poudre des graines de caroube en Algérie.

Cette méthode nécessite l'utilisation de matières premières disponibles localement et la mise en place d'un procédé simple et économique.

# **Partie bibliographique**

## **Chapitre I : Généralité sur caroubier**

## Généralités sur le caroubier

### I.1. Terminologie et taxonomie

Le nom scientifique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dérive du grec keras, corne, et du latin siliqua, faisant allusion à la dureté et à la forme de la gousse. Le nom commun provient de l'hébreu kharuv, d'où sont dérivés l'arabe *kharrub* et plus tard *algarrobo* ou *garrofero* en espagnol, *carrubo* en italien, *caroubier* en français, *Karubenbaum* en allemand, *alfarrobeira* en portugais, *charaoupi* en grec, *charnup* en turc, et *garrofer* ou *garrover* en catalan. Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des Légumineuse (syn. Fabaceae) de l'ordre des Rosales. Les légumineuses sont des membres importants de la végétation tropicale, subtropicale et tempérée dans le monde entier. Il s'agit de l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs, qui comprend 650 genres et plus de 18 000 espèces (Kaderi *et al.*, 2015)

**Tableau 1:** Classification taxonomique de genre *ceratonia* (Spay, 2008).

Règne	<i>Vegetal</i>
Sous-règne	<i>Trecheobionta</i>
Division	<i>Magnoliophyta</i>
Classe	<i>Magnoliosida</i>
Sous-classe	<i>Rosidae</i>
Ordre	<i>Rosales</i>
Famille	<i>ÉLgumineuses</i>
Sous-Famille	<i>Caesalpinioidae</i>
Sous tiber	<i>Ceratoniiinae</i>
Gener	<i>Ceratonia</i>

### I.2. Description botanique de caroubier

Le caroubier est un arbuste ou un arbre sclérophylle à feuilles persistantes pouvant atteindre 10 m de haut, avec une large couronne semi-sphérique et un tronc épais à l'écorce brune et rugueuse et aux branches robustes (Fig. 1). Les feuilles sont longues de 10 à 20 cm, alternes, pennées, avec ou

sans foliole terminale. Les folioles sont longues de 3 à 7 cm, ovales à elliptiques, disposées en 4 à 10 paires normalement opposées, coriaces, vert foncé et brillantes sur le dessus, vert pâle en dessous et finement veinées avec des marges légèrement ondulées, et de minuscules stipules. Les feuilles sont sclérophylles et ont un épiderme supérieur très épais à une seule couche, dont les cellules contiennent des composés phénoliques dans les grandes vacuoles, et les stomates ne sont présents que dans l'épiderme inférieur et sont disposés en grappes (Berrabah, 2020).

La caroube ne perd pas ses feuilles en automne mais seulement en juillet tous les deux ans, et elle ne renouvelle que partiellement ses feuilles au printemps (avril et mai) (Benmahioul *et al.*, 2011).

Le fruit de la caroube est une gousse non cassante, longue et aplatie, droite ou incurvée, épaissie au niveau des sutures, longue de 10 à 30 cm, large de 1,5 à 3,5 cm, épaisse d'environ 1 cm (Battle & Tous, 1997).



**Figure 1:**Le Caroubier (Tous *et al.*, 2013)



**Figure 2:** Fruit du caroubier (gousses vertes à gauche et mûrs adroite) (**Battle, 1997a**).

### **I.3. Reproduction**

#### **I.3.1. Pollinisation**

Les caroubiers sont généralement dioïques avec des types hermaphrodites occasionnels. Ainsi, les fleurs femelles mâles et hermaphrodites sont portées par des arbres distincts. La nécessité de la pollinisation et de la fertilisation chez le caroubier a été clairement (**Dupérat & Polese, 2008**). Cela peut également être déduit du fait que toutes les gousses contiennent des graines. Le fait que toutes les gousses contiennent des graines permet également de déduire que les graines ne sont pas formées apomictique, et que lorsqu'il manque une graine, la gousse n'atteint pas sa pleine largeur (**Vissac et al., 2017**).

La disposition des arbres pollinisateurs dans les vergers de caroubiers a été traditionnellement négligée par les producteurs. Cela a pu entraîner un faible rendement ou même contribuer à l'abandon de la culture. Dans l'île de Crète, des mauvaises récoltes dues à l'absence de pollinisation. Au Maroc, un projet est en cours pour greffer des arbres mâles afin d'augmenter la production de gousses (S. Padulosi, comm. pers.). La pollinisation est traditionnellement réalisée soit en maintenant une branche mâle du porte-greffe au centre de l'arbre, si le porte-greffe est mâle, soit en greffant un mâle ou un hermaphrodite dans l'arbre si le porte-greffe est femelle. Des arbres spontanés (environ 50% de mâles) peuvent être trouvés dans le voisinage, près des chemins ou des pistes, mais généralement en nombre insuffisant. Si des arbres mâles ou hermaphrodites sont

plantés pour servir de pollinisateurs, ils doivent être répartis de manière régulière autour et à l'intérieur du verger. Il est important d'utiliser différents types de pollinisateurs mâles ou hermaphrodites pour chevaucher la floraison des cultivars femelles, car les principaux cultivars ont souvent une longue période de floraison (3-4 mois entre août et novembre). Et novembre). Les arbres mâles ayant une période de floraison plus courte que les que les hermaphrodites, ces derniers présentent généralement un meilleur chevauchement des floraisons (**Benmahioul et al., 2011**). Ni la densité optimale de pollinisateurs dans le verger ni les différences éventuelles entre l'utilisation de mâles ou d'hermaphrodites n'ont été déterminées. La proportion idéale d'arbres mâles ou hermaphrodites par rapport aux arbres femelles dépend vraisemblablement de l'activité des insectes et du vent dans le verger pendant la floraison, ainsi que de la germination du pollen. La fourchette proposée varie entre les 4 % (**Lagacé, 2015**), et les 20 % (**Bostanci & ŞEN, 2020**).

### I.3.2. Fructification

Les gousses se forment à partir de 6 à 7 ans et la période de fructification après la floraison se situe entre décembre et juillet de l'année suivante, selon la zone et le cultivar (**Kaderi et al., 2015**). Fruit est une gousse non déhiscente de grande taille : 10 à 30 cm de long et 1,5 à 3 cm de large. Chaque caroube pèse environ 15 à 30 g, est séparée intérieurement par des cloisons pulpeuses et renferme 12 à 16 graines brunes mesurant 8 à 10 mm de longueur et 7 à 8 mm de largeur (**Battle, 1997**). La couleur de la caroube est d'abord verte et vire au brun foncé à maturité (**Benmahioul et al., 2011**). Le caroubier est un arbre qui alterne une année de rendements élevés et une année de rendements faibles ou nuls, ce qui est un phénomène naturel mais peut aussi survenir suite à des accidents physiologiques. Cette alternance est contrôlée génétiquement, mais elle peut être accentuée par des facteurs climatiques, des stress ou de inadéquates (**Ilahi & Vardar, 1976**).

La caroube est une pratiques culturales gousse riche en sucre de tanins ; et grâce à ces deux composés, elle présente un aspect charnu en début de cycle et permet de différencier les variétés à ne autre (**Melgarejo et al., 2018**). On peut distinguer trois parties dans la gousse :

- a. **Epiocarpe ou peau** : de nature fibreuse colorée (brune).
- b. **Mésocarpe ou pulpe** : le nature charnu riche, en sucre, il représente environ 70% à 95% du fruit entier.
- c. **Endocarpe** : de nature fibreuse il recouvre l'intérieur du fruit en le divisant et segments ou loges carpellaires où se situent les graines (« garro fines » en Espagnol .(**Nicole & François, 2013**)



**Figure 3:** Maturation des fruits du caroubier (SONAIYA, 2004).

#### **I.4. Origine et distribution géographique**

##### **I.4.1. Origine de caroubier**

L'origine de *C. siliqua* n'est pas claire, est placée dans la région méditerranéenne orientale (Turquie et Syrie). Cependant, la caroube était originaire des hauts plateaux du sud de l'Arabie (Yémen). Plus récemment, originaire d'une flore xérotropicale indo-mésienne, la regroupant avec *Olea laurus*, *Myrtus*, *Chamaerops* et d'autres et plaçant l'origine de son genre également dans la péninsule arabique. *Ceratonia oreothauma*, la seule espèce connue liée à la caroube, est considérée comme ayant son centre d'origine dans le sud-est de l'Arabie (Oman) et autour de la corne africaine (au nord de la Somali). Le caroubier semble avoir évolué sous un climat autre que méditerranéen (Benmahioul *et al.*, 2011).

-La production mondiale annuelle de caroube (principalement dans la région méditerranéenne) est estimée à 310 000 tonnes. De grandes à petites. Elles sont principalement concentrées en Espagne, en Italie, au Maroc, au Portugal, en Grèce et en Turquie, petit producteur c'était Chypre, L'Algérie, le Liban et enfin la Tunisie (Haddarah, 2013).

##### **I.4.2. Distribution géographique**

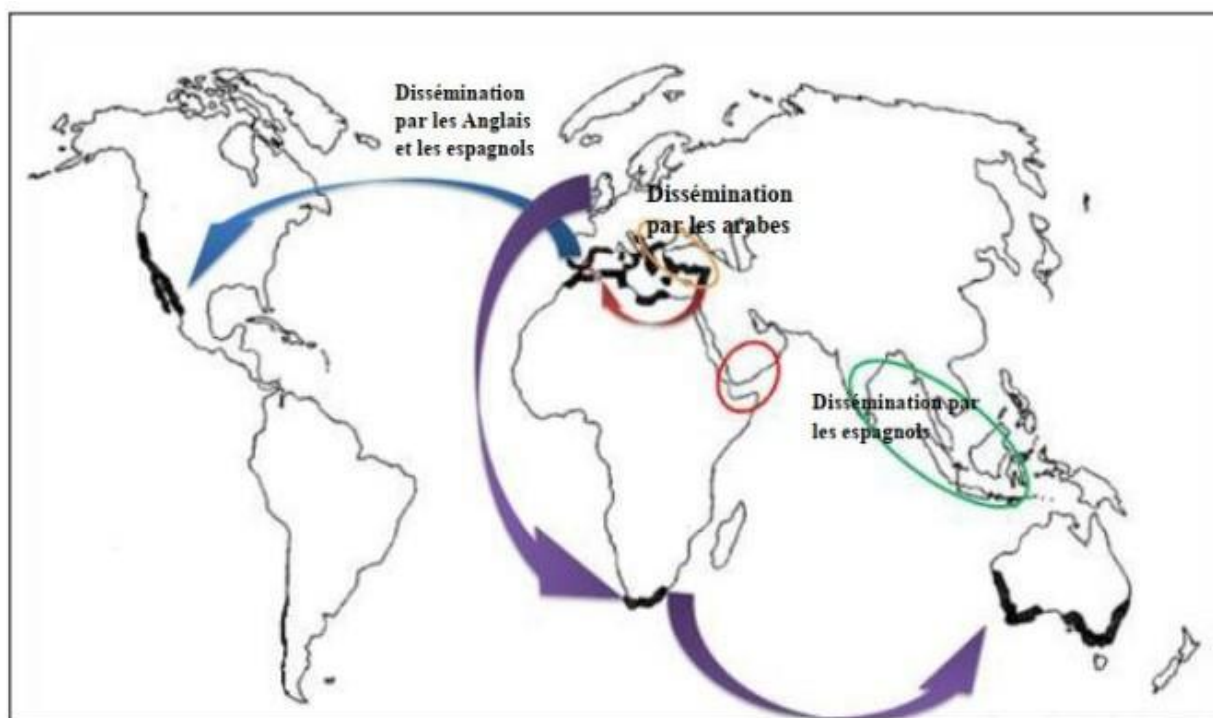
La répartition originelle de *C. siliqua* n'est pas claire car elle a fait l'objet d'une culture extensive depuis l'Antiquité, son aire de répartition à l'état sauvage comprenait la Turquie, Chypre, la Syrie, le Liban, Israël, le sud de la Jordanie, l'Égypte, l'Arabie, la Tunisie et la Libye et qu'elle s'est

déplacée vers l'ouest à un stade précoce (Albertini, 2017). On pense que le caroubier a été disséminé par les Grecs en Grèce et en Italie, puis par les Arabes le long de la côte de l'Afrique du Nord jusqu'au sud et à l'est de l'Espagne, d'où il a migré vers le sud du Portugal et le sud-est de la France. Sa présence sauvage en Méditerranée occidentale est douteuse (Melgarejo Moreno & Salazar Hernández, 2003).

Dans les pays méditerranéens, la répartition des espèces sclérophylles à feuilles persistantes comme *C. siliqua* est contrôlée par le stress du froid hivernal (MAHDAD, 2013). L'espèce étroitement apparentée *C. oreothauma* semble être encore plus sensible au froid (J.H. Brito de Carvalho, comm. pers.) et ses limites sont donc plus restreintes. Le caroubier est l'un des arbres les plus caractéristiques et les plus dominants de la zone inférieure (0-500 m et rarement jusqu'à 900 m d'altitude) du maquis méditerranéen à feuilles persistantes (Nouaim, 2005)

En Algérie, le caroubier est fréquemment cultivé dans le tell (Quézel & Santa, 1962).

Dans les étages semi-arides chaud, subhumide et humide, avec une altitude allant de 100 m à 1300 m avec une température de 5 °c jusqu'à 20°C et une pluviométrie de 80 mm à 600 mm/an (GAOUAR, 2011).



**Figure 4:** Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (MAHDAD, 2013).

## I.5. Compositions chimique de la poudre de la caroube

### I.5.1. Composition chimique brute et valeur calorique

La poudre de caroube a été considérée comme un complément alimentaire dans diverses cultures et elle est consommée pour sa comestibilité et sa délicatesse. La poudre de caroube se situe entre les meilleurs légumes et sources de protéines animales (Youssef *et al.*, 2013).

**Tableau 2:** Valeurs moyennes de la composition chimique brute et de la valeur calorique de la poudre de caroube (Youssef *et al.*, 2013).

Composition chimique	%
Humidité	5,29
Protéine	6,34
Cendre	3,16
Fibre brute	7,30
Glucides	75,92
Gras brute	1,99
<b>Valeur calorifique Kcal. /100 g.</b>	<b>346,95</b>

Moyenne de trois répétitions :

\*\* Calculé sur la base du poids sec :

(a) Protéines = % Azote  $\times$  6,25 (b) Glucides : calculés par différence.

(c) Calories : calculées sous forme de K cal/100 g de matière sèche.

### I.5.2. Teneur en minéraux

Les données des valeurs moyennes de la teneur en minéraux dans la poudre de caroube sont présentées dans le **tableau 3**.

**Tableau 3** : Valeurs moyennes de la teneur en minéraux de la poudre de caroube (Youssef et al., 2013).

Minéral	mg/kg
Mn	10,24
Zn	24,71
Fe	381,80
Cu	4,84
Se	9,79
Ca	2123
Na	505,97
K	8637,64
P	2255,21
S	17 577,80

Les données ont révélé que la poudre de caroube est considérée comme une source riche en Fe, Ca, Na, K, P et S. Les données sont en bon accord avec (El-Shatnawi & Ereifej, 2001).

Les oligo-éléments Cu, Zn et S agissent en tant que cofacteurs des enzymes antioxydantes pour protéger la santé, des enzymes antioxydantes qui protègent l'organisme des radicaux libres de l'oxygène radicaux libres de l'oxygène qui sont produits pendant le stress oxydatif (Barakat, 2009).

### I.5.3. Teneur en vitamines

Les données du tableau 4 représentent les valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube. de la teneur en vitamines de la poudre de caroube. Les données ont révélé que la poudre de caroube est une bonne source de vitamines E, D, C, de niacine, B6 et d'acide folique .En revanche, la poudre de caroube contient des niveaux inférieurs de vitamines A, B2 et B12 (Youssef et al., 2013).

**Tableau 4:** Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube (Youssef et al., 2013).

Vitamines	Unités
<b>Vitamine liposoluble</b>	<b>µg/100 g</b>
A	1 407
E	5 377
D	4,9
<b>Vitamine hydrosoluble</b>	<b>Mg/100 g</b>
C	830,08
B2	0,38
Niacin	185.68
B6	23,80
Acide folique	41,97
B12	1,30

#### I.5.4. Teneurs en composés phénoliques

La teneur en composés phénoliques de la poudre de caroube est présentée dans le tableau (4). Les données révèlent que les composés phénoliques de la poudre de caroube se composent de 11 composés. Le phrogallol, le catéchol, le chlorogène et le protocatéchuique ont enregistré les valeurs les plus élevées, tandis que la coumarine, le cinnamique, férulique, l'acide gallique et le vanillique ont enregistré les valeurs les plus faibles des composés phénoliques. Les données sont en accord avec (Smith, 2007). L'acide chlorogénique et l'acide caféique sont tous deux des antioxydants et inhibent la formation de composés N-nitroso mutagènes et cancérigènes in vitro, comme l'ont rapporté (Han et al., 2007). En outre, certains acides phénoliques (acide caféique, acide férulique, l'acide gallique et l'acide protocatéchinique) contribuent à la lutte contre différents types de cancer tels que le cancer du sein, du poumon et de l'estomac cancer du sein, du poumon et de l'estomac, comme le rapportent (Stagos et al., 2006).

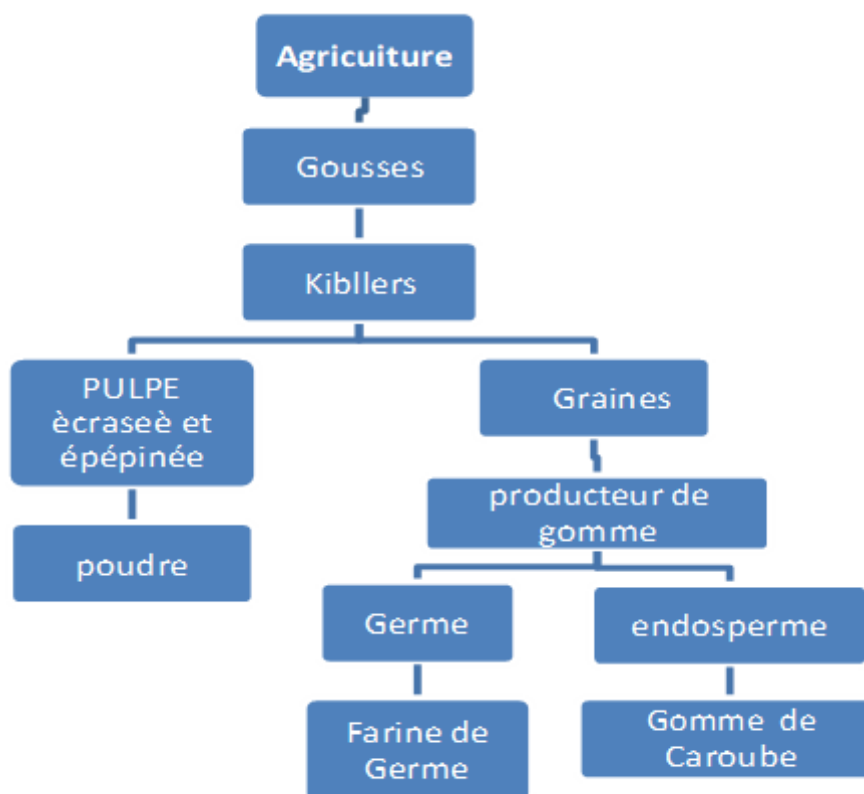
**Tableau 5** : Teneur en composés phénoliques de la poudre de caroube (ppm) (**Youssef et al., 2013**).

Composés phénoliques	Ppm
Acide gallique	10,21
Pyrogallol	4970,18
Protocatéchine	79,47
Chlorogéniqu	101,09
Catéchine	27,97
Catéchol	164,67
Cannelle	7,78
Caféine	48,23
Vanillique	13,92
Férulique	10,17
Coumarine	4,49

### I.6. Fabrication de la farine de la caroube

L'échantillon de caroube a été divisé en trois parties ; la première partie a été broyée puis moulue jusqu'à obtenir une taille de particule de 150  $\mu\text{m}$  (pour passer dans une passoire à 32 mailles). La deuxième portion a été décortiquée et torréfiée en utilisant différentes combinaisons de temps et de température. La troisième portion a été torréfiée sans croquettes en utilisant les mêmes combinaisons de temps et de température que celles utilisées pour la deuxième portion (**Lizardo et al., 2002**). La torréfaction a été effectuée à 150°C pendant 30, 60 et 90 minutes et à 200°C pendant 30, 60 et 75 minutes. La torréfaction à 150 et 200°C a été effectuée à l'aide d'un four à air (Fisher, Isotemp, USA). Les gousses de caroube entières et décortiquées ont également été torréfiées à 250°C pendant 10, 15 et 30 minutes, à 400°C pendant 10, 15 et 20 minutes et à 450°C pendant 5, 10 et 15 minutes. Les torréfactions à 250, 400 et 450°C ont été effectuées dans un four domestique. Les gousses entières torréfiées, après avoir été décortiquées, ainsi que les gousses

décortiquées torréfiées, ont été broyées jusqu'à une taille de particule de 150  $\mu\text{m}$ , puis re-broyées à 500  $\mu\text{m}$  (pour passer une passoire de 100 mailles). Les poudres de caroube préparées ont été conservées dans des sacs en polyéthylène et stockées dans un congélateur à  $-18^{\circ}\text{C}$  jusqu'à leur utilisation (Yousif & Alghzawi, 2000).



**Figure 5:** Diagramme de la production de la farine de caroube (Batlle, 1997a)

## I.7. Propriétés et utilisation de la farine de caroubier

### I.7.1. Propriétés

Les deux principaux constituants de la gousse de caroube sont (en poids) : la pulpe (90 %) et la graine (10 %). La composition chimique de la pulpe dépend du cultivar, de l'origine et du moment de la récolte (Kaderi *et al.*, 2015). La pulpe de caroube a une teneur élevée (48-56%) en sucres totaux (principalement le saccharose, le glucose, le fructose et le maltose) (tableau 1). En outre, elle contient environ 18 % de cellulose et d'hémicellulose. La composition minérale (en mg/ 100 g de pulpe) est la suivante: K=1100, Ca=307, Mg=42, Na=13, Cu=0,23, Fe=104, Mn=0,4, Zn=0,59

selon (El Hajaji et al., 2013). Les lipides étaient constitués de proportions à peu près égales d'acides saturés et insaturés ont trouvé par (Rendina et al., 1969). Les cinq acides aminés dans les extraits de gousses (alanine, glycine, leucine, proline et valine (Kaderi et al., 2014). Également trouvé de la tyrosine et de la phénylalanine par (Ndir et al., 2000) .

Les gousses de caroube mûres contiennent une grande quantité de tanins condensés (16-20% du poids sec) (Wursch et al., 1984). Des essais d'alimentation ont montré que la pulpe de caroube ne contient que 1 à 2 % de protéines digestibles et que sa teneur en énergie métabolisable est relativement faible (Lagacé, 2015) . En termes de valeur alimentaire, les gousses de caroube sont similaires à la plupart des céréales (Mustapha & Lahssini, 2015) . La protéine a une faible digestibilité parce qu'elle est liée aux tanins et aux fibres. Certains chercheurs ont suggéré que les tanins condensés expliquent les effets négatifs observés sur la croissance des animaux nourris avec un régime riche en farine de caroube (Lizardo et al., 2002) . tandis que d'autres pensent que cet effet est dû à sa faible teneur en énergie, que les animaux peuvent compenser en augmentant leur consommation (Louca & Papas, 1973). Les constituants de la graine sont (en poids) : l'enveloppe (30-33%), l'endosperme (42-46%) et l'embryon ou germe (23-25%) (Haddarah, 2013) . L'enveloppe de la graine contient des antioxydants (Haddarah, 2013).

Dans l'endosperme se trouve le galactomannane, la gomme de caroube (CBG). Il s'agit d'une molécule de polysaccharide composée d'unités de sucre de mannose et de galactose, assez semblable à la gomme de guar et à la gomme de tara (Gillet et al., 2014) . La principale propriété de ce polysaccharide naturel est la viscosité élevée de la solution dans l'eau, dans une large gamme de températures et de pH. Deux autres propriétés importantes de la CBG sont sa forte capacité à se lier à l'eau pour former des solutions stables très visqueuses à haute dilution (1 % et moins) et son interaction potentielle avec d'autres polysaccharides, ce qui entraîne un effet synergique. Les propriétés fonctionnelles de la CBG sont indiquées dans le tableau 2. La farine de germe, obtenue à partir des cotylédons et dont la teneur en protéines est de 50 %, convient à l'alimentation humaine et animale. (Feillet, 2000).

### I.7.2. Utilisations

Le caroubier est l'un des arbres méditerranéens indigènes les plus utiles. Dans les pays producteurs, les gousses de caroube ont été traditionnellement utilisées pour l'alimentation animale et humaine et, actuellement, la principale utilisation est la graine pour l'extraction de la gomme. Les gousses de caroube fournissent du fourrage pour les ruminants et les non-ruminants (Haddarah, 2013).

Dans la nature, les abris, le feuillage et les fèves de la caroube attirent les animaux brouteurs. Les gousses contiennent des graines indigestes et précieuses. Le bois de caroubier est dur et à grain serré, et a été utilisé pour fabriquer des ustensiles ainsi que du combustible. Le bois de caroube était également utilisé traditionnellement pour fabriquer du charbon de bois à combustion lente. *Ceratonia oreoethauma* est largement utilisé comme fourrage pour les chèvres dans ses régions d'origine. Les gousses sont utilisées après broyage pour séparer les graines et la pulpe (**Gillet *et al.*, 2014**). La pulpe peut être broyée en une fine poudre destinée à l'alimentation humaine. La poudre de caroube se compose de 46 % de sucre, de 7 % de protéines et de petites quantités de nombreux minéraux et vitamines, et est donc très nutritive (**Haddarah, 2013**). Après séchage au four, la poudre de caroube peut être ajoutée aux gâteaux, au pain, aux bonbons, aux glaces ou aux boissons en tant qu'arôme (**SALIH & JILAL, 2020**). La poudre de caroube "cacao" présente l'avantage, par rapport au chocolat, de contenir moins de calories et de ne pas contenir de caféine ni de théobromine (**Gillet *et al.*, 2014**). Son goût n'est pas aussi riche que celui du chocolat noir, mais ressemble à celui du chocolat au lait. En raison de la teneur élevée en sucre de la cabosse et de son coût relativement faible, la pulpe a été l'un des premiers produits horticoles à être cultivé, utilisées pour la production d'alcool industriel par fermentation dans plusieurs pays méditerranéens(**Sagnes, 2007**). Dans certains pays, comme l'Égypte, le sirop de caroube est une boisson populaire obtenue par la caroube avec de l'eau. Des organismes unicellulaires ont été utilisés pour convertir la pulpe de caroube en un aliment riche en protéines. Le mycélium séché est un aliment appétent et nutritif contenant jusqu'à 38% de protéines brutes en poids(**Haddarah, 2013**).Le marc de caroube broyé et haché, deux sous-produits de l'industrie de la mélasse de caroube, a été testé au Liban comme milieu de rempotage pour les plantes et s'est révélé prometteur pour remplacer les mélanges à base de tourbe dans les pépinières(**De Brouwer & Grégoire, 2014**).L'utilisation possible par l'industrie alimentaire des antioxydants naturels contenus dans les téguments des graines de caroube en tant que sous-produits de l'industrie des CBG a récemment suscité un certain intérêt (**Haddarah, 2013**).

Le caroubier est largement planté comme arbre d'ornement et d'ombrage dans les rues de Californie, d'Australie et d'ailleurs ; les arbres mâles sont préférés car ils ne produisent pas de litière lors de la chute des gousses. Cependant, la valeur du caroubier en tant qu'arbre tolérant à la sécheresse, à la pollution de l'air et nécessitant peu d'entretien pour les plantations dans les rues et les paysages pourrait être limitée par sa grande taille à maturité et ses racines fortes et envahissantes(**Musselman, 2003**). Le caroubier est maintenant utilisé dans les pays méditerranéens pour le xérojardinage. Et comme il ne nécessite que peu ou pas de culture, qu'il tolère les sols pauvres et qu'il vit longtemps, le caroubier est souvent recommandé pour le

reboisement des zones côtières dégradées menacées par l'érosion des sols et la désertification. Il a également été recommandé pour la plantation de brise-vent autour des vergers et pourrait même être utilisé pour atténuer le bruit des usines, des routes et des voies ferrées en raison de son feuillage dense (**Haddarah, 2013**).

# **Chapitre II : Le yaourt**

## Le yaourt

### I.8. Historique

Au début du 20<sup>e</sup> siècle, le bactériologiste russe Eli Metchnikoff (Institut Pasteur, France) a été le premier à donner une explication scientifique aux effets bénéfiques des bactéries lactiques. Les effets bénéfiques des bactéries lactiques présentes dans le lait fermenté (**Cavaillon, 2022**). Il a attribué la bonne santé et la longévité des Bulgares à leur consommation de grandes quantités de lait fermenté, appelé yhourth. En 1908, il a formulé sa théorie de la "longévité sans vieillissement". Le principe de sa théorie était que les bactéries d'acide lactique entraînaient de toxines normalement présentes dans l'intestin, ce qui prolonge la vie. Metchnikoff a expliqué qu'en raison de l'acide lactique et d'autres produits par les bactéries lactiques, la vie est prolongée, la croissance et la toxicité des bactéries anaérobies formant des spores dans le gros intestin sont inhibées. Presque au même moment, en 1899, Tissier (Institut Pasteur, France) a isolé des bifidobactéries dans les selles d'enfants nourris au sein et a constaté qu'elles constituaient un composant de la flore intestinale chez l'homme (**Mackowiak, 2013**). Tissier a recommandé l'administration de bifidobactéries aux nourrissons souffrant de diarrhée. Nourrissons souffrant de diarrhée, "croyant" que les bifidobactéries déplaceraient les bactéries putréfactives responsables des troubles gastriques, tout en se rétablissant comme micro-organismes intestinaux dominants (**Van de Water & Naiyanetr, 2003**).

### I.9. Définition

Selon la définition de 1977 établie par la FAO et OMS, le yaourt est un lait coagulé obtenu par la fermentation lactique acide due à 2 ferments spécifiques : *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce *bulgaricus* (anciennement appelé *Lactobacillus bulgaricus*) et *Streptococcus salivarius*, *subsp. Thermophilus* (anciennement appelé *Streptococcus Thermophilus*)ensemencés simultanément (**Sallm et al., 2010**).

La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le produit mis en vente. Certains pays néanmoins admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation, le produit ne contienne plus de bactéries vivantes (**SAWADOGO & MOUMOUNI, 2010**).

### I.10. Différents types de yaourt

Il existe une très grande variété de yaourt qui diffère par leur composition chimique. Leur technologie de fabrication ainsi que leur saveur. Le tableau n° résume les différentes catégories de yaourt. La législation de nombreux pays exige que les bactéries du yaourt soient vivantes dans le

produit mis en vente. Certains pays néanmoins admettent qu'à la suite d'un traitement thermique destiné à améliorer la durée de conservation, le produit ne contienne plus de bactéries vivantes (Bourlioux et al., 2011).

**Tableau 6 : Différents types du yaourt et leurs caractéristiques (Lapointe-Vignola, 2002).**

Les différents types		Caractéristique
Selon la teneur en matière grasse :	Yaourt entier	MG minimum 3%
	Yaourt partiellement écrémé	MG moins de 3% et plus de 0,5%
	Yaourt écrémé	MG maximale 0,5%
Selon la technologie de fabrication	Yaourt étuvé ou ferme	Ce sont des yaourt nature ou aromatisé, qui ont une texture à surface lisse incubé et refroidi en pote
	Yaourt brassé	IL présent une texture presque fluide, amené à Une consistance crémeuse après coagulation Conditionnement
	Yaourt à boire	Similaire au type brassé mais dont le coagulum est réduit à l'état liquide avant conditionnement.
Selon les additifs alimentaires	Yaourt aromatisé	Addition de l'arome
	Yaourt fruit	Addition de fruit
	Yaourt light	Addition d'édulcorant

## **I.11. Compositions du yaourt**

La plupart des yaourts et produits laitiers fermentés commercialisés sont fabriqués à partir de lait enrichi en lait en poudre. Cela les rend plus riches en protéines, en calcium, etc. et en lactose par rapport au lait. Ces produits peuvent être plus ou moins sucrés. Leur teneur en saccharose varie donc entre 7 et 12 %. La fermentation du lait entraîne des changements dans sa composition comme indiqué ci-dessous (**Béal & Helinck, 2019**).

### **I.11.1.1. Les protéines**

La teneur en protéines du yaourt commercial est généralement plus élevée que celle du lait en raison de l'ajout de lait sec non gras pendant le traitement et la concentration, ce qui augmente la teneur en protéines du produit final. Il a été avancé que les protéines du yaourt sont plus faciles à digérer que les protéines du lait, car une prédigestion bactérienne des protéines du lait dans le yaourt peut se produire. Cet argument est soutenu par la preuve d'une teneur plus élevée en acides aminés libres, en particulier la proline et la glycine, dans le yaourt que dans le lait (**Dupont & Tomé, 2020**).

### **I.11.1.2. Les Glucides**

Le changement le plus important est la réduction de la teneur en lactose de 20 à 30 %. Issu d'un lait enrichi à 2% de poudre de lait écrémé, la teneur en lactose résiduel du yaourt est d'environ 4,5 g pour 100 g à 1%, dont 50 à 100% d'acide lactique, selon le ferment. Les quantités finales de galactose sont d'environ 1 à 1,5 %. Les concentrations de glucose et d'oligosaccharides sont très faibles (**Jedidi, 2007**). L'acide lactique est présent sous les formes L- et D-racémiques dans des proportions différentes selon les conditions de production et de conservation (**Bourlioux et al., 2011**). Chez l'homme, ces deux formes se produisent naturellement dans l'urine. La forme D est métabolisée plus lentement que la forme L. Leur débit urinaire est plus important (**Admassie, 2018**). On suppose qu'un adulte peut consommer les deux formes sans les inconvénients d'un refus. Petites quantités d'autres oligosaccharides dans le lait et le lait fermenté (**ALIMENTARIUS, 2007**).

### **I.11.1.3. Les lipides**

L'hydrolyse des triglycérides est très douce sans impact nutritionnel apparent (**GBOGUE et al., 2018**).

### **I.11.1.4. Vitamines**

La teneur en vitamines du yaourt dépend principalement de la composition du lait utilisé. De plus, elle est régulée lors de la fermentation, qui dépend également de la souche utilisée composition en

vitamines liposolubles A et D varie selon la quantité dans le lait utilisé (entier ou partiellement écrémé)(Béal & Helinck, 2019).

#### **I.11.1.5. Les minéraux**

Plus important encore, il convient de prêter attention à l'abondance de calcium dans le yogourt et le lait fermenté. Le yaourt et les autres laits fermentés contiennent en fait plus de calcium dans le lait en poudre qui est ajouté au lait lors de la fabrication par rapport au lait de vache. Une boîte de yaourt de 125 g apporte 180 à 200 mg de calcium. L'apport recommandé en calcium pour l'adulte français est d'environ 900 mg/jour (Martin, 2001).

#### **Autres aspects**

Il y a 1 gramme de bactéries dans 125 grammes de yaourt ou de lait fermenté. La production de yaourt nécessite des conditions strictes de pureté bactériologique et chimique (absence d'antibiotiques, etc.). De plus, la flore lactique du yaourt est capable de métaboliser certaines toxines : par exemple, il a été démontré expérimentalement qu'elle dégrade l'aflatoxine (Mameri, 2020)

### **I.12. Bactéries caractéristiques du yaourt**

#### **I.12.1. Caractéristiques générales des bactéries du yaourt**

Deux bactéries lactiques thermophiles *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii subsp. Bulgaricus*.(Béal & Helinck, 2019).

##### **I.12.1.1. Streptococcus thermophilus**

*Les streptocoques* sont des Cocci à Gram positif non mobiles appartenant à la famille des streptocoques. Actuellement, les membres les membres du genre *Streptococcus* (Comprennent 66 espèces et 12 sous-espèces. *Streptococcus thermophilus* est considéré comme une bactérie alimentaire récente qui a évolué à partir d'un ancêtre symbiotique par perte et gain de fonction (Delorme et al., 2010).

*Streptococcus thermophilus* est une bactérie lactique économiquement importante dérivée des produits laitiers. Cette espèce. Reconnu comme sûr pour les aliments et accordé le statut de présomption d'innocence reconnu en Europe. Historiquement, il a été largement utilisé avec d'autres bactéries lactiques telles que *Lactobacillus delbrueckii* sous-espèce pour fabriquer du yaourt et du fromage. *Bulgaricus* et *Lactococcus lactis* (Hols et al., 2005).

### I.12.1.2. *Lactobacillus bulgaricus*

*Lactococcus* a une longue histoire d'utilisation dans la fermentation du lait, des petites opérations traditionnelles à la ferme ou à la maison aux processus à l'échelle industrielle. Cela a conduit à un besoin de pratiques de fabrication plus robustes, efficaces et raffinées, conduisant à une augmentation de la recherche fondamentale et appliquée sur les espèces bactériennes impliquées, dans ce cas *Lactococcus lactis*. Des progrès considérables ont été réalisés dans le déchiffrement de la génétique et de la biologie moléculaire de ces micro-organismes économiquement importants. Un certain nombre d'outils et de techniques ont été développés pour disséquer génétiquement *L. lactis*, tels que des méthodes de clonage et de transformation de plasmides vecteurs, des vecteurs d'expression différentielle (inductible) de gènes et des méthodes d'introduction de mutations dans des régions spécifiques du génome de *L. lactis*. En tant que tel, cet organisme est devenu la bactérie lactique paradigmatique (LAB) et la deuxième bactérie Gram positive la mieux étudiée après *Bacillus subtilis*. Une connaissance accrue de la génétique, de la physiologie et de la biologie moléculaire de *Lactococcus lactis* a permis de mieux comprendre les traits essentiels aux processus industriels utilisant cet organisme. Par exemple, sa voie d'absorption et de métabolisation du lactose, qui provoque une chute rapide du pH pendant la fermentation du lait, et sa capacité à décomposer les protéines et les peptides. Ces deux substances nécessaires au bon développement de la saveur du fromage ou leur capacité à générer du diacétyle ont été largement étudiées. Elle permet également de mieux connaître les phages de l'organisme et de prévenir les méfaits de ces virus sur les procédés industriels. (Savado & Traore, 2011)

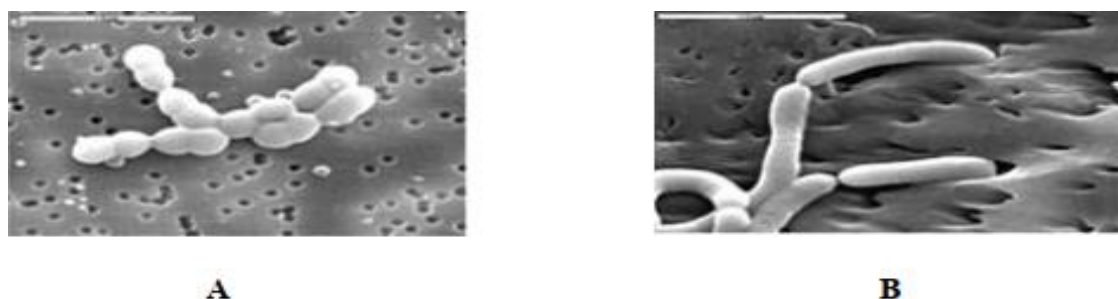


Figure 6: La flore bactérienne de yaourt : A : Streptococcus B : Lactobacillus (Antoine, 2011).

### I.12.1.3. Comportement associatif des deux souches

*L. bulgaricus*. Comme les deux bactéries peuvent se développer seules dans le lait, cette interaction positive indirecte est appelée "interaction positive indirecte", dans le lait, cette interaction positive indirecte est appelée protocoopération (Courtin & Rul, 2004).

## I.12.2. Intérêts et fonction des bactéries du yaourt

### I.12.2.1. Production d'acide lactique

La fermentation lactique est une étape centrale dans la production de lait fermenté. Elle correspond Le lactose est converti en acide lactique sous l'action de micro-organismes spécifiques appelées bactéries lactiques. Elle s'accompagne d'effets biochimiques, physico-chimiques et Le sens du produit.(Béal & Helinck, 2019).

Le principal résultat de la fermentation lactique est :

- Augmenter la stabilité du produit en inhibant Altérations microbiologiques et enzymatiques possibles.
- Prolongeant ainsi sa durée de conservation.
- Elle Confère également des propriétés nutritionnelles et organoleptiques spécifiques (saveur, texture, arôme).(Béal & Helinck, 2019).

### I.12.2.2. Activité protéolytique

L'activité protéolytique des 2 bactéries du yaourt est :

*Lb. Bulgaricus* possède des protéases principalement localisées dans la paroi cellulaire Cette Activité poétique hydrolyse la caséine en polypeptide (Metlef, 2008).

*St. Thermophilus* est considéré comme ayant une faible activité endopeptidique, qui dégrade les polypeptides en acides aminés libres grâce à son activité exopeptidase(Pavlova et al., 2019).

### I.12.2.3. Activité texturant

La texture et l'onctuosité sont des facteurs importants permettant aux consommateurs de juger de la qualité du yaourt. Certaines souches bactériennes produisent à partir du glucose des polysaccharides qui, en 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 souvent attribuée à la production d'exopolysaccharides (EPS). Selon des études sur plusieurs souches, l'exopolysaccharides est principalement constitué de rhamnose, d'arabinose et de mannose(Béal & Helinck, 2019)

### **I.13. Matières premières utilisées dans la production de yaourt**

#### **I.13.1. Le lait frais**

La principale matière première pour la fabrication du yaourt est le lait. Il est Composé d'environ 88% d'eau et 12% de matière sèche contenant des glucides, Protéines, Lipides et Minéraux. (Giles, 2010).

#### **I.13.2. Le lait en poudre**

L'industrie laitière algérienne est largement basée sur les matières premières, à savoir lait en poudre et matière grasse laitière anhydre. Techniquement, il s'agit essentiellement d'un "processus de restructuration" Consiste en la réhydratation de la poudre de lait associée à des matières grasses (Chuayana *et al.*, 2003).

#### **I.13.3. L'eau**

L'eau est l'une des matières premières de divers produits laitiers Réorganiser et restructurer. Il doit être potable, de bonne qualité et exempt de Micro-organismes et niveaux de dureté acceptables (Béal & Helinck, 2019).

#### **I.13.4. Les additifs**

L'ajout du sucre et des arômes se fait suite à l'ensemencement pour les yaourts fermes alors que l'addition de fruits se fait juste après le refroidissement pour les yaourts brassés. Les additifs plus utilisés sont : la gélatine, les alginates, les celluloses, les amidons, et les pectines. (Béal & Helinck, 2019).

### **I.14. La technologie de fabrication de yaourt**

Le yaourt est fabriqué à partir de divers ingrédients, notamment du lait, des édulcorants, des stabilisants, des fruits, des arômes et des cultures bactériennes.

#### **I.14.1. Standardisation du mélange**

La teneur en solides du lait du yaourt semble varier de 14 à 15 % dans les produits commerciaux à base de yaourt et la teneur minimale en solides du lait n'est pas atteinte de 8,2 à 8,6 % selon les normes et les critères d'évaluation selon la Commission du Codex Alimentarius, le yaourt doit avoir une teneur minimale en protéines de 2,7 % et une teneur maximale en matières grasses de 15 % Pour ce faire, les normes FAO/OMS précisent que le lait doit être standardisé avec le minimum de FNS et de matières grasses du lait de 8,2 % et de 3 % respectivement pour la fabrication du yaourt. La composition moyenne du lait bovin est de 4,5 % de lactose, 3,3 % de protéines, 3,3 % de matières grasses et 0,7 % de matières minérales. Il est donc évident que la

composition du yaourt varie en fonction de la variété, selon la variété, et le mélange de yaourt devrait donc être normalisé en conséquence de manière à produire un produit final contenant au moins 2,7 % de protéines et moins de 15 % de matières grasses laitières et une acidité titrable d'au moins 0,3 % exprimée en pourcentage d'acide lactique. Des stabilisateurs tels que la pectine et la gélatine sont ajoutés au mélange de yaourt afin d'obtenir un résultat optimal. Gélatine sont ajoutés au mélange de yogourt afin d'obtenir les Cependant, la sur-stabilisation et la sous-stabilisation peuvent toutes deux entraîner des défauts de qualité, car la sur-stabilisation donne au yaourt un corps élastique ressemblant à de la gelée, tandis que la sous-stabilisation provoque un corps liquide ou une séparation du lactosérum (**Giridhar Kumar et al., 2014**).

### **I.14.2. Traitement thermique**

Enrichi l'Est traité thermiquement pour :

- détruit toutes les bactéries pathogènes et indésirables (bactéries, levures, moisissures), ce qui facilitera le développement ultérieur de la fermentation.
- d inactive la 7-globuline et de nombreuses enzymes (phosphatases, peroxydases) et favorise le développement d'une flore lactique spécifique par la formation d'acide formique et d'autres facteurs de croissance.
- d induit des modifications physico-chimiques du taux de fraction protéique du lait, notamment par le sérum Dénaturation des protéines (  $\beta$  lactoglobuline) et interaction avec la  $\kappa$ -caséine à l'intérieur et à l'extérieur de la structure micellaire ; le complexes protéiques formés à un pH plus élevé (pH 5,2) que la caséine native lors du traitement thermique du gel : Cela conduit à une augmentation très sensible de la fermeté du coagulum , limitant la synérèse (améliorant la rétention d'eau) et améliorant la texture du yaourt et sa stabilité (**Jeantet et al., 2007**).

### **I.14.3. Ensemencement**

Après le traitement thermique, le mélange de yaourt est refroidi à 43-46 °C avant l'ajout de bactéries de culture de démarrage de yaourt à une concentration d'environ 2 % (v/v). Cette plage de température est optimale pour les micro-organismes thermophiles utilisés dans la culture starter yogourt. La culture standard typique du yaourt se compose de *S. thermophilus* et de *L. delbrueckii* subsp. *Bulgaricus* dans un rapport 1 :1. de *S.* L'ensemencement des cultures de départ se fait généralement dans un récipient en acier inoxydable hygiénique et scellé. Cependant, le lieu de fermentation est différent d'un fabricant de yaourt à la fois fixe et brassé. Il est généralement produit dans des récipients individuels et dans de grandes cuves hygiéniques en acier inoxydable respectivement dans les processus de fabrication de yaourts. La température d'incubation est

maintenue et surveillée à un niveau optimal tout au long du processus de fermentation pendant quelques heures (2,5-3 h) jusqu'à ce que le pH et l'acidité atteignent les niveaux souhaités avant d'interrompre le processus de fermentation par un refroidissement rapide (**Giridhar Kumar et al., 2014**).

#### **I.14.4. Réchauffage**

Le lait reconstitué ainsiensemencé est amené à une température généralement voisine de 45°C par passage à travers des réchauffeurs à plaques. La température optimale de développement de Streptocoque est de 42-45°C, celle du Lactobacille de 47-50°C. Selon les régions, les consommateurs préfèrent des yaourts plus ou moins acides et plus ou moins aromatiques. Les caractères recherchés dépendent des souches utilisées et de la température d'incubation. En abaissant celle-ci de 1 à 3°C (42-44°C), on favorise le développement du streptocoque et donc la production d'arôme. En l'augmentant légèrement (45-46°C), on favorise le lactobacille et donc la production d'acide(**BOSSA et al., 2016**).

#### **I.14.5. Etuvage**

Durant l'incubation, les ferments transforment le lactose du lait en acide lactique. Les protéines du lait coagulent naturellement. On recherche une acidité finale en fin d'étuvage de 80 à 90 °Dornic pour les yaourts en pots. Jusqu'à 90 °Dornic, le yaourt est doux, au-delà de 95 °Dornic, il est acide. Pour développer les caractéristiques aromatiques du yaourt, on a intérêt à travailler entre + 42 et + 45 °C ce qui favorise le développement des arômes par les lactobacilles. Cela suppose une durée d'incubation allongée(**Simon et al., 2002**)

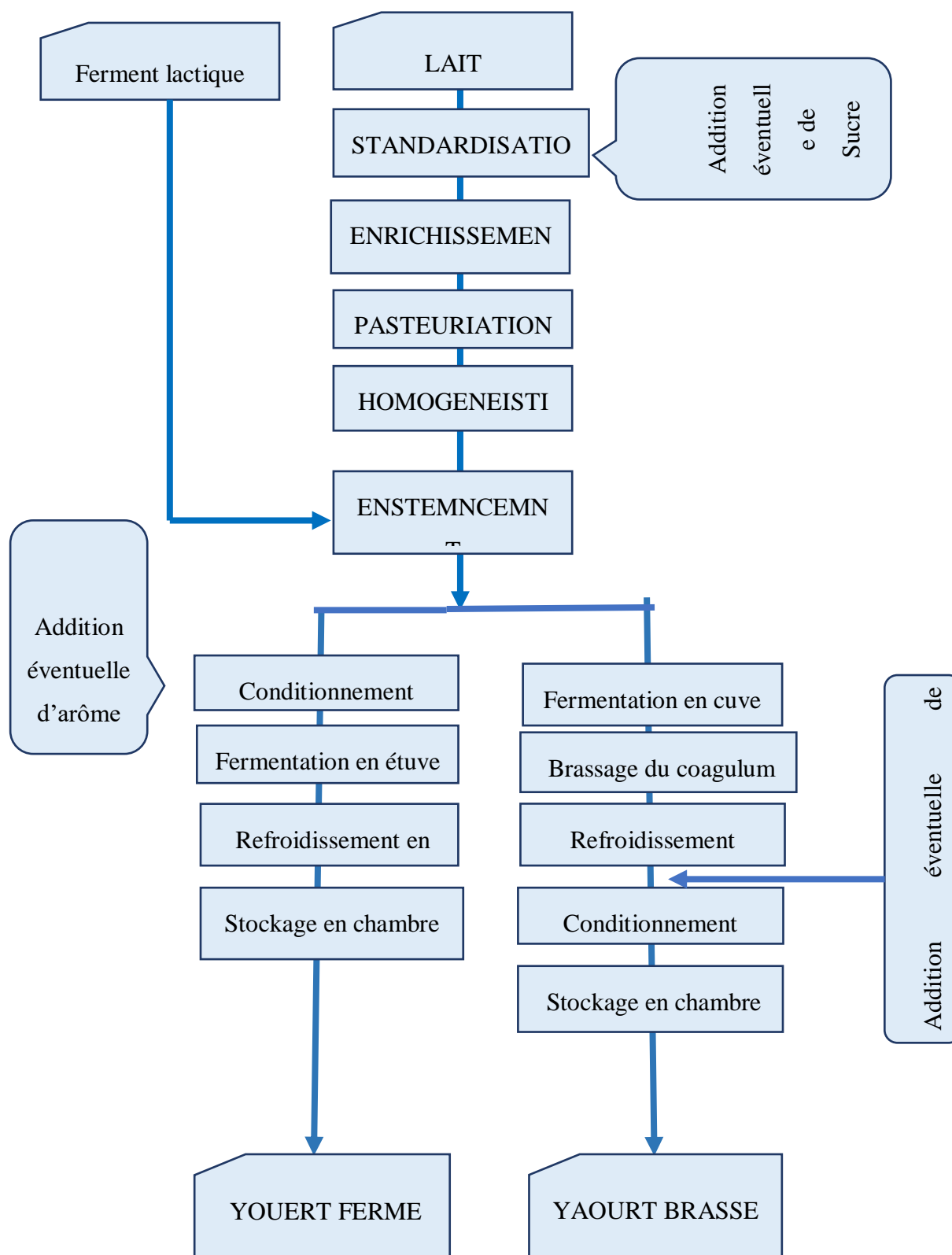


Figure 7: Diagramme de procédé de fabrication du yaourt (Bourlioux et al., 2011).

### **I.14.1. Consommation**

L'augmentation de la demande explique l'augmentation de la production de yaourt

La consommation moyenne annuelle de l'algérien en yaourt oscille entre 5 et 6 Kg/an contre 10 Kg/an au Maroc et en Tunisie (**Boubchir et al., 2011**).

### **I.15. Qualité du yaourt**

#### **I.15.1. Aspect physico-chimique**

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

- Couleur blanche et uniforme.
- Gout franc et parfum caractéristique.

Texture homogène (pour le yaourt brassé) et ferme (yaourt étuvé).(**Libouga et al., 2005**).

#### **I.15.2. Aspects hygiéniques**

Selon la norme nationale n ° 35 de 1998 dans la publication officielle, le yaourt ne doit contenir aucune bactérie pathogène. Le traitement thermique du lait Savant la fabrication du yaourt est suffisant pour détruire ou non les micro- organismes pathogènes non sporulés leur présence dans le yaourt est purement accidentelle. Le PH acide du yaourt le rend plus sensible aux bactéries pathogènes que la plupart des autres bactéries indésirables. La valeur et la moisissure peuvent se développer dans le yaourt. Ceux-ci proviennent principalement de l'air ambiant sa contamination se situe au stade du conditionnement. (**Zagorec et al., 2012**).

#### **I.15.3. Qualités organoleptiques**

Aujourd'hui, L'analyse sensorielle reste une méthode indispensable pour évaluer la qualité des aliments. El étroitement liée à la caractérisation de propriétés physico-chimique. Il peut être utilisé comme outil de contrôle qualité et comme recette de produits transformés :

-L'arôme du yaourt est formé par la fermentation et / ou la dégradation thermique des composants volatiles à travers certains composant du lait. L'un des composés aromatiques les plus important dans le yaourt est l'acétaldéhyde. Entre 23et 41 mg/kg de yaourt (**Sahan et al., 2008**).

Pour l'arôme du « yaourt », l'acétaldéhyde a été identifié comme le principal composé aromatique, mais le piège à mouches 2,3 pentane, le sulfure de diméthyle, le limonène et le décanal ont également eu un impact. De plus, de nombreux arômes supplémentaires peuvent être ajoutés au yaourt en ajoutant des composés aromatiques et des produits à base de fruits. La texture est définie

comme un ensemble de propriétés mécaniques, géométriques et de surface d'un produit qui peuvent être détectées par des mécanorécepteurs (Saint-Eve *et al.*, 2004).

#### **I.15.4. Qualités nutritives**

Les meilleures valeurs nutritionnelles du yaourt proviennent la composition modifiée du lait, donc le yaourt est :

- Bonne source de Protéine
- Bonne source de calcium et autres minéraux
- Bonne source de biomolécules telles que vitamines (vitamines B et vitamines D) ou facteur de croissance (acides gras essentiels, acides aminés)(Florence *et al.*, 2012).

#### **I.16. Intérêts nutritionnels et thérapeutiques**

Au cours de la fermentation, la composition du lait subit un certain nombre de modifications. Certaines de ces modifications en font un produit de meilleure valeur nutritionnelle que le lait(Jeantet *et al.*, 2007).

##### **I.16.1. Amélioration de l'absorption de lactose**

Le lactose est l'élément le plus concerné par ces modifications puisque 30 % du lactose est transformé en galactose et acide lactique par action des bactéries lactiques. La présence de bactéries lactiques vivantes dans le yaourt permet une meilleure assimilation du lactose chez les personnes déficientes en lactase (Jeantet *et al.*, 2007).

##### **I.16.2. Amélioration de la digestibilité des protéines**

Le yaourt est plus digeste que le lait non fermenté et contient deux fois plus d'acides aminés libres, cette propriété résulte du traitement thermique, de l'acidification, et de l'activité protéolytique des bactéries(Jeantet *et al.*, 2007).

##### **I.16.3. Amélioration de la digestibilité des matières grasses**

Bien que l'activité lipolytique des bactéries lactiques soit peu élevée, il y a une augmentation significative de la teneur en acides gras libres dans le yaourt. De plus, l'homogénéisation améliore la digestibilité en augmentant la surface des globules(Jeantet *et al.*, 2007).

##### **I.16.4. Activité antimicrobienne**

Le yaourt a un rôle préventif contre les infections gastro-intestinales. L'intérêt du yaourt dans le traitement des diarrhées infantiles a été démontré par de nombreux auteurs. En dehors de l'acide

lactique, les bactéries du yaourt produisent des substances antimicrobiennes et des prébiotiques, notamment des oligosaccharides(Jeantet *et al.*, 2007).

#### **I.16.5. Stimulation du système immunitaire**

L'effet immunorégulateur du yaourt a été démontré. Son rôle dans l'augmentation de la production d'interférons et d'immunoglobulines et dans l'activation des lymphocytes B est attribué à *Lb. Bulgaricus*(Jeantet *et al.*, 2007).

#### **I.16.6. Action préventive contre les cancers de la sphère digestive**

Les lactobacilles modifieraient les enzymes bactériennes à l'origine des carcinogènes (inducteurs de tumeurs cancéreuses) dans le tube digestif, inhibant ainsi la formation de ces substances précancéreuses. Cet effet serait notamment attribué à la production de polysaccharides par les ferments(Jeantet *et al.*, 2007).

#### **I.16.7. Activité hypocholestérolémiant**

Un certain nombre d'études ont montré que la consommation de yaourt a un effet hypocholestérolémiant. Cet effet, bien que non totalement élucidé, serait dû à une synergie entre des composés du lait (acides orotique et urique) et un produit issu du métabolisme bactérien (acide 3-hydroxy-3-methylglutarique).

Ces différentes observations montrent que le yaourt possède des propriétés nutritionnelles et physiologiques particulièrement intéressantes(Jeantet *et al.*, 2007).

# **Chapitre III : Combinaison de caroube avec le yaourt**

## 1. La valeur nutritionnelle de la combinaison de caroube avec le yaourt

La valeur nutritionnelle de la combinaison de caroube avec le yaourt dépendra des quantités utilisées et du type de yaourt (entier, écrémé, végétal, etc.) choisi. Cependant, voici une estimation générale de la valeur nutritionnelle de cette combinaison (**Bechri née Tarmoul & Barkat, 2017**).

- **Calories** : La caroube est relativement faible en calories, avec environ 24 calories par cuillère à soupe (10g). Les calories du yaourt dépendront du type et de la quantité utilisée.

- **Glucides** : La caroube contient environ 6 g de glucides par cuillère à soupe (10g), principalement sous forme de fibres. Le yaourt contiendra également des glucides, principalement du lactose dans les yaourts traditionnels et des glucides provenant de sources végétales dans les yaourts végétaux.

- **Protéines** : La caroube contient environ 0,5 g de protéines par cuillère à soupe (10g). Le yaourt contient également des protéines, en fonction de la quantité utilisée.

- **Lipides** : La caroube est très faible en matières grasses, avec seulement environ 0,2 g de lipides par cuillère à soupe (10g). La quantité de lipides dans le yaourt dépendra du type utilisé.

- **Fibres** : La caroube est riche en fibres, avec environ 2,5 g de fibres par cuillère à soupe (10g). Le yaourt peut également contenir des fibres, en fonction du type utilisé et des éventuels ajoutés de fruits ou de céréales.

Il est important de noter que ces valeurs nutritionnelles sont générales et peuvent varier en fonction des marques et des types de produits utilisés. Pour obtenir une estimation précise de la valeur nutritionnelle, vous pouvez consulter l'étiquette des produits spécifiques que vous utilisez.

## 2. Effets bénéfiques

Le yaourt fabriqué à partir de la caroube peut avoir plusieurs effets bénéfiques sur le corps humain (**Rinaldi, 2013**).

**1. Digestion** : La caroube est riche en fibres solubles qui contribuent à la régularité intestinale et peuvent aider à soulager la constipation. Elle favorise également une bonne santé intestinale en stimulant la croissance des bactéries bénéfiques dans l'intestin.

**2. Contrôle du poids** : Les fibres de la caroube permettent de se sentir rassasié plus longtemps, ce qui peut contribuer à la diminution de l'appétit et à un meilleur contrôle du poids.

**3. Gestion de la glycémie :** La caroube a un faible indice glycémique, ce qui signifie qu'elle ne provoque pas de pic de glycémie importante après sa consommation. Cela peut être bénéfique pour les personnes atteintes de diabète ou pour maintenir des niveaux de sucre sanguin stables.

**4. Santé cardiovasculaire :** Les fibres solubles de la caroube peuvent aider à réduire le taux de cholestérol dans le sang, ce qui peut contribuer à maintenir une bonne santé cardiovasculaire.

**5. Apport nutritionnel :** La caroube contient également des minéraux essentiels tels que le calcium, le magnésium, le potassium et le fer, ainsi que des vitamines B

Cependant, il est important de noter que les effets spécifiques du yaourt à base de caroube peuvent varier d'une personne à l'autre et il est toujours recommandé de consulter un professionnel de la santé avant d'apporter des modifications significatives à votre alimentation.

### **3. Les maladies dans lesquelles le yaourt à base de poudre de caroube peut intervenir dans le traitement sont les suivantes**

1. Les troubles digestifs tels que la diarrhée, la constipation et le syndrome du côlon irritable(Quigley *et al.*, 2009).

2. Les troubles du système immunitaire tels que les allergies et l'asthme(Aubier *et al.*, 2005).

3. Les problèmes intestinaux tels que la colite ulcéreuse et la colite bactérienne(Bernstein *et al.*, 2009).

4. Les troubles urologiques et rénaux tels que la cystite et les calculs rénaux(Dervaux, 2012).

5. Les problèmes liés au diabète et à l'insulinorésistance(Petit *et al.*, 2009).

6. L'hypertension artérielle(Fernandez *et al.*, 2017).

7. La réduction du taux de cholestérol sanguin(DJEZZAR *et al.*, 2014).

Cependant, il convient de noter que les recherches scientifiques sur les bienfaits et les effets du yaourt à base de poudre de caroube sont encore limitées et nécessitent des études supplémentaires pour confirmer ces avantages. Il est donc préférable de consulter un médecin avant de l'utiliser comme traitement pour une condition médicale spécifique(Lagacé, 2016).

# **Conclusion**

## **Conclusion**

En conclusion, l'évaluation de yaourt à base de poudre de grains de caroube présente plusieurs avantages. Tout d'abord, l'ajout de la poudre de caroube donne une saveur unique au yaourt, apportant une note légèrement sucrée et chocolatée. De plus, la caroube est naturellement sans caféine, ce qui en fait une alternative saine pour ceux qui cherchent à limiter leur consommation de caféine.

En outre, la poudre de caroube apporte aussi des bienfaits nutritionnels en étant riche en fibres alimentaires, en antioxydants et en minéraux tels que le calcium, le magnésium et le potassium. Cela peut être particulièrement bénéfique pour maintenir une bonne santé digestive et renforcer le système immunitaire.

Cependant, il convient de noter que l'évaluation de yaourt à base de poudre de grains de caroube peut également présenter quelques inconvénients. Par exemple, le goût de la caroube peut ne pas plaire à tout le monde, et certaines personnes peuvent trouver la saveur trop prononcée.

En fin de compte, l'évaluation de yaourt à base de poudre de grains de caroube offre une alternative intéressante et nutritive aux yaourts traditionnels. Il convient de l'essayer pour profiter de ses bienfaits pour la santé et de son goût unique.

**Références**

**Bibliographiques**

**Références bibliographies**

- Admassie, M. (2018). A review on food fermentation and the biotechnology of lactic acid bacteria. *World Journal of Food Science and Technology*, 2(1), 19-24.
- Albertini, L. (2017). Apogée des jardins et maraichages en al-Andalus, Ibérie arabe, Xe-XIVe siècle: nouveaux légumes, fruits et épices: essor de la cuisine arabo-andalouse. *Apogée des jardins et maraichages en al-Andalus, Ibérie arabe, Xe-XIVe siècle*, 1-275.
- ALIMENTARIUS, C. D. C. (2007). Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires. *Projet*, 120, 129.
- Aubier, M., Annesi-Maesano, I., & Neukirch, F. (2005). Épidémiologie de l'asthme et des allergies. La fréquence des allergies augmente partout dans le monde, l'asthme a atteint sa prévalence maximale en Europe: quelles explications? *Bulletin de l'Académie nationale de médecine*, 189(7), 1419-1434.
- Barakat, H. (2009). *Efficiency of licorice and mustard extracts as anticancer, antimicrobial and antioxidant agents* Ph. D. Thesis. Faculty of Agriculture-Cairo university].
- Battle, I. (1997). Current situation and possibilities of development of the carob tree (*Ceratoniasiliqua* L.) in the Mediterranean region. *NUCIS Newsletter*(6), 33-38.
- Béal, C., & Helinck, S. (2019). Fabrication des yaourts et des laits fermentés. In
- Bechri née Tarmoul, H., & Barkat, M. (2017). *Effet de l'incorporation de deux extraits (extrait polyphénolique et jus frais) de la caroube verte sur la coagulation du lait (cas du yaourt)*
- Benmahioul, B., Harche, M. K., & Daguin, F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. *Forêt méditerranéenne*, 32(1), 51-58.
- Bernstein, C. N., Fried, M., & Krabshuis, J. (2009). Maladies inflammatoires chroniques intestinales: une approche globale. *World Gastroenterology Organisation Global Guidelines*, 7-8.
- Berrabah, L. (2020). *Étude de la variabilité intra-spécifique de la gousse de Ceratoniasiliqua L. dans le village de Sahel, région de Bouzeguène, Tizi-ouzou* Université Mouloud Mammeri].
- Borbely, C., György, Z., Szathmary, E., & Marko, V. (2021). Apricot aphid, *Myzus mumecola* (Matsumura), a new and important pest of apricot in Hungary. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 128(3), 781-787.
- BOSSA, H. C., ADJOU, E., DEGNON, R., KONFO, C., & KINSOUDE, E. (2016). *Production du yaourt par substitution Partielle du lait de vache par le lait de soja*.
- Bostanci, Ö. Ü. Ş., & ŞEN, B. B. (2020). BÖLÜM 3 GASTRONOMİDE KEÇİBOYNUZU VE YAN ÜRÜNLERİNİN YERİ. *GASTRONOMİ ARAŞTIRMALARI*, 73.
- Boubchir, L., Durning, B., & Petit, E. (2011). EM algorithm-based hyperparameters estimator for Bayesian image denoising using BKF prior. *Image Processing: Algorithms and Systems IX*,
- Bourlioux, P., Braesco, V., & Mater, D. D. (2011). Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 46(6), 305-314.
- Cavaillon, J.-M. (2022). 8. Les vaccins. In *Le mauvais air* (pp. 293-392). EDP Sciences.
- Chuayana, J. E., Ponce, C. V., Rivera, M. R. B., & Cabrera, E. C. (2003). Antimicrobial activity of probiotics from milk products. *Phil J. Microbiol. Infect. Dis*, 32(2), 71-74.
- Courtin, P., & Rul, F. (2004). Interactions between microorganisms in a simple ecosystem: yogurt bacteria as a study model. *Le Lait*, 84(1-2), 125-134.
- De Brouwer, D., & Grégoire, P. (2014). *Les 5 piliers de l'alimentation vive: Pour bien manger et gagner en vitalité!* Primento.
- Delorme, C., Bartholini, C., Bolotine, A., Ehrlich, S. D., & Renault, P. (2010). Emergence of a cell wall protease in the *Streptococcus thermophilus* population. *Applied and environmental microbiology*, 76(2), 451-460.

- Dervaux, J.-L. (2012). Les troubles urinaires.
- DJEZZAR, R., SAHRAOUI, N., KISARLI, L., BRAHIM ERRAHMANI, M., HORNICK, J., & GUETARNI, D. (2014). Effet du *pedicoccus acidilactici* sur le bilan lipidique sanguin du poulet de chair.
- Dupérat, M., & Polese, J.-M. (2008). *Encyclopédie visuelle des arbres & arbustes*. Editions Artemis.
- Dupont, D., & Tomé, D. (2020). Milk proteins: Digestion and absorption in the gastrointestinal tract. In *Milk proteins* (pp. 701-714). Elsevier.
- El-Shatnawi, M., & Ereifej, K. I. (2001). Chemical composition and livestock ingestion of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seeds. *Rangeland Ecology & Management/Journal of Range Management Archives*, 54(6), 669-673.
- El Hajaji, H., Farah, A., Ennabili, A., Boustia, D., Greche, H., El Bali, B., & Lachkar, M. (2013). Etude comparative de la composition minérale des constituants de trois catégories de *Ceratonia siliqua* L. (Comparative study of the mineral composition of the constituents of three varieties of *Ceratonia siliqua* L.). *J. Mater. Environ. Sci*, 4(2), 165-170.
- Feillet, P. (2000). *Le grain de blé: composition et utilisation*. Editions Quae.
- Fernandez, M. A., Picard-Deland, É., Daniel, N., & Marette, A. (2017). Yaourt et santé: revue des données récentes. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 52, S48-S57.
- Florence, A. C. R., Béal, C., Silva, R. C., Bogsan, C. S., Pilleggi, A. L. O., Gioielli, L. A., & Oliveira, M. N. (2012). Fatty acid profile, trans-octadecenoic,  $\alpha$ -linolenic and conjugated linoleic acid contents differing in certified organic and conventional probiotic fermented milks. *Food chemistry*, 135(4), 2207-2214.
- GAOUAR, N. (2011). Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes.
- GBOGUE, T. S., AHOUSSE, E., HOUNKPATIN, E., & ADJOU, E. S. (2018). *EVALUATION DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DES YAOURTS PROBIOTIQUES PRODUITS AU CENTRE SONGHAÏ DE PORTO-NOVO, BENIN*.
- Giles, F. (2010). *Fresh milk: The secret life of breasts*. Simon and Schuster.
- Gillet, S., Simon, M., Paquot, M., & Richel, A. (2014). Synthèse bibliographique de l'influence du procédé d'extraction et de purification sur les caractéristiques et les propriétés d'une gomme de caroube. *BASE*.
- Giridhar Kumar, R., Sadhu, I., & Sangeetha, N. (2014). Gain and noise figure analysis of erbium doped fiber amplifier by four stage enhancement and analysis. *International Journal of Scientific and Research Publications*, 4(4).
- Haddarah, A. (2013). L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. *Le 12 Décembre 2013*.
- Han, X., Shen, T., & Lou, H. (2007). Dietary polyphenols and their biological significance. *International journal of molecular sciences*, 8(9), 950-988.
- Hols, P., Hancy, F., Fontaine, L., Grossiord, B., Prozzi, D., Leblond-Bourget, N., Decaris, B., Bolotin, A., Delorme, C., & Dusko Ehrlich, S. (2005). New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS microbiology reviews*, 29(3), 435-463.
- Ilahi, I., & Vardar, Y. (1976). Studies in the Turkish Carob (*Ceratonia siliqua* L.) IV. Acidic auxin-like and inhibitory substances in fruit morphogenesis. *Planta*, 129, 105-108.
- Jeantet, R., Croguennec, T., Mahaut, M., Schuck, P., & Brulé, G. (2007). *Les produits laitiers*. Editions Tec & Doc Lavoisier.
- Jedidi, H. (2007). *Effet du stress gastro-intestinal sur la physiologie et le métabolisme des bactéries lactiques et probiotiques* [Université Laval].
- Kaderi, M., Ben Hamouda, G., Zaeir, H., Hanana, M., & Hamrouni, L. (2015). Ethnobotanical and phytopharmacological notes on *Ceratonia siliqua* (L.). *Phytothérapie*, 13, 144-147.

- Kaderi, M., Hamouda, G. B., Zaeir, H., Hanana, M., & Hamrouni, L. (2014). Notes ethnobotanique et phytopharmacologique.
- Lagacé, J. (2015). *Cuisiner pour vaincre la douleur et l'inflammation chronique: recettes et conseils*. Groupe Fides Inc.
- Lagacé, J. (2016). *Une alimentation ciblée pour préserver ou retrouver la santé de l'intestin: l'effet antidouleur de la diète hypotoxique*. Groupe Fides Inc.
- Libouga, D., Essia Ngang, J., & Halilou, H. (2005). Qualité de quelques laits fermentés camerounais. *Sciences des aliments*, 25(1), 53-66.
- Lizardo, R., Canellas, J., Mas, F., Torrallardona, D., & Brufau, J. (2002). L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. *Journées de la recherche porcine*, 34, 97-101.
- Louca, A., & Papas, A. (1973). The effect of different proportions of carob pod meal in the diet on the performance of calves and goats. *Animal Science*, 17(2), 139-146.
- Mackowiak, P. A. (2013). Recycling Metchnikoff: probiotics, the intestinal microbiome and the quest for long life. *Frontiers in public health*, 1, 52.
- MAHDAD, M. Y. (2013). *Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (Ceratonia siliqua L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie*
- Mameri, Z. (2020). Essai d'enrichissement du yaourt avec le coing et sa caractérisation sensorielle.
- Martin, A. (2001). *Apports nutritionnels conseillés pour la population française*. Ed. Tec & Doc.
- Melgarejo Moreno, P., & Salazar Hernández, D. M. (2003). *Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas (Vol. II). Algarrobo, granado y jinjolero*.
- Melgarejo, P., Martínez, J. J., Legua, P., Martínez-Font, R., Hernández, F., López-Corrales, M., Balas, F., Pérez-Gragera, F., Domínguez, G., & Badenes, M. L. (2018). Granada, higuera y caqui. *Influencia del cambio climático en la mejora genética de plantas*, 375-406.
- Metlef, S. (2008). *Effet antagoniste de Lactococcus lactis, souches extrémophiles locales, sur des espèces de la flore intestinale résidente DILMI-BOURAS Abdelkader*].
- Musselman, L. (2003). Les arbres dans le Coran et la Bible. *Perception des forêts Unasylva*, 213(54), 45-52.
- Mustapha, N., & Lahssini, S. S. (2015). La filière caroubier au service du développement socio-économique des territoires forestiers de montagne. XIV Congrès forestier mondial,
- Ndir, B., Lognay, G., Wathélet, B., Cornelius, C., Marlier, M., & Thonart, P. (2000). Composition chimique du nététu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth. *Biotechnologie, Agronomie, Société et Environnement*, 4(2).
- Nicole, T., & François, G. (2013). *Des fruits et des graines comestibles du monde entier*. Lavoisier.
- Nouaim, R. (2005). L'arganier au Maroc: Entre mythes et réalités- Une civilisation née d'un arbre. *L'arganier au Maroc*, 1-230.
- Pavlova, S. I., Wilkening, R. V., Federle, M. J., Lu, Y., Schwartz, J., & Tao, L. (2019). Streptococcus endopeptidases promote HPV infection in vitro. *Microbiologyopen*, 8(1), e00628.
- Petit, J.-M., Poussier, A., Bouillet, B., Brindisi, M.-C., Hillon, P., & Vergès, B. (2009). Insulinorésistance, diabète et infection par le virus de l'hépatite C. *Médecine des maladies métaboliques*, 3(4), 401-405.
- Quézel, P., & Santa, S. (1962). Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales.
- Quigley, E., Fried, M., & Gwee, K.-A. (2009). Syndrome de l'intestin irritable: Une approche globale. *World Gastroenterology Organization Global Guidelines*.
- Rendina, N., Lucisano, A., Amato, P., & Vallentrisko, M. (1969). Fatty acids in *Ceratonia siliqua* fruits. *Gas Chromatographic study. Nuova Chem*, 45, 92-94.
- Rinaldi, L. (2013). Impact de l'ajout de polysaccharides dans des matrices laitières gélifiées acides sur la digestion gastro-intestinale des protéines et des réponses métaboliques associées.

- Sagnes, J. (2007). La fraude à la charnière de deux siècles (XIXe et XXe) dans le Midi viticole. *Revue des oenologues et des techniques vitivinicoles et oenologiques*, 34(123), 66-67.
- Sahan, N., Yasar, K., & Hayaloglu, A. (2008). Physical, chemical and flavour quality of non-fat yogurt as affected by a  $\beta$ -glucan hydrocolloidal composite during storage. *Food hydrocolloids*, 22(7), 1291-1297.
- Saint-Eve, A., Kora, E. P., & Martin, N. (2004). Impact of the olfactory quality and chemical complexity of the flavouring agent on the texture of low fat stirred yogurts assessed by three different sensory methodologies. *Food quality and preference*, 15(7-8), 655-668.
- SALIH, G., & JILAL, A. (2020). Utilisation alimentaire de la pulpe de caroube: Formulation et test consommateur. *Revue Marocaine des Sciences Agronomiques et Vétérinaires*, 8(2).
- Sallm, S., Hazaa, M., Eissa, H., Metwally, M., & Ahmed, A. H. (2010). EVALUATION OF THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF YOGHURT BLEND WITH SOME FRUIT JUICE. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 1(6), 337-353.
- Savadogo, A., & Traore, A. S. (2011). La flore microbienne et les propriétés fonctionnelles des yaourts et laits fermentés. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 5(5), 2057-2075.
- SAWADOGO, M. G. J., & MOUMOUNI, M. A. (2010). EVALUATION DE LA QUALITE MICROBIOLOGIQUE DE DEUX LAITS DE CONSOMMATION COMMERCIALISEES SUR LE MARCHE DE NIAMEY (NIGER): LE YAOURT ET LE LAIT EN POUDRE. *EVALUATION(01)*.
- Simon, D., FRANÇOIS, M., & Dudez, P. (2002). Transformer les produits laitiers frais à la ferme. *Educagri édition, Dijon, France*, 64.
- Smith, H. (2007). *Biochemical studies on some flavonoides, essential oils and saponins extracted from medical plants* PhD, Thesis. Faculty of Agriculture-Cairo University].
- Sonaiya, E. (2004). *Production en aviculture familiale: un manuel technique* (Vol. 1). Food & Agriculture Org.
- Stagos, D., Kazantzoglou, G., Theofanidou, D., Kakalopoulou, G., Magiatis, P., Mitaku, S., & Kouretas, D. (2006). Activity of grape extracts from Greek varieties of *Vitis vinifera* against mutagenicity induced by bleomycin and hydrogen peroxide in *Salmonella typhimurium* strain TA102. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis*, 609(2), 165-175.
- Tous, J., Romero, A., & Batlle, I. (2013). The Carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. *Horticultural Reviews Volume 41*, 385-456.
- Van de Water, J., & Naiyanetr, P. (2003). Yogurt and immunity: the health benefits of fermented milk products that contain lactic acid bacteria. *Handbook of fermented functional foods*.
- Vissac, A., Bourgès, A., Gandreau, D., Anger, R., & Fontaine, L. (2017). *argiles & biopolymères-les stabilisants naturels pour la construction en terre*.
- Webb, D., Donovan, S. M., & Meydani, S. N. (2014). The role of yogurt in improving the quality of the American diet and meeting dietary guidelines. *Nutrition reviews*, 72(3), 180-189.
- Wursch, P., Del Vedovo, S., Rosset, J., & Smiley, M. (1984). The tannin granules from ripe carob pod. *Lebensmittel-Wissenschaft+ Technologie*, 17(6), 351-354.
- Yatmaz, E., & Turhan, I. (2018). Carob as a carbon source for fermentation technology. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 16, 200-208.
- Yousif, A. K., & Alghzawi, H. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food chemistry*, 69(3), 283-287.
- Youssef, M. K. E., El-Manfaloty, M. M., & Ali, H. M. (2013). Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Food and Public Health*, 3(6), 304-308.
- Zagorec, M., Champomier-Verges, M.-C., Renault, P., Valence-Bertel, F., & Montel, M.-C. (2012). Ecosystèmes microbiens et préservation des aliments. *Innovations Agronomiques*, 24, 57-77.

