

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE MOULOU D MAMMERI DE TIZI-OUZOU
FACULTE DES SCIENCES BIOLOGIQUES ET DES SCIENCES AGRONOMIQUES
DEPARTEMENT DES SCIENCES ALIMENTAIRES



Mémoire de fin de cycle

En vue d'obtention du diplôme de Master en sciences alimentaires

Spécialité : *Agro-alimentaire et contrôle de qualité*

Thème :

**Valorisation de la caroube dans
trois produits alimentaires**

Présenté par :

- M^{lle} DEKKAL Melissa
- M^{lle} OULD SAID Ghania

Devant le jury :

Président : M. BENGANA .M Maitre de Conférences Classe B (UMMTO)

Examinatrice : M^{me} ALLANE.T Maitre de Conférences Classe B (UMMTO)

Promoteur : M. MOHAND KACI.H Maitre Assistant Classe B (UMMTO)

Année universitaire : 2023 – 2024

REMERCIEMENTS

Nous tenons à adresser nos remerciements les plus sincères à notre promoteur, M. MOHAND KACI.Hamid, pour son encadrement précieux tout au long de ce travail. Nous vous sommes profondément reconnaissants pour votre disponibilité constante, vos conseils avisés, votre orientation éclairée, et vos encouragements continus durant toute la période de réalisation de ce projet.

Nos sincères remerciements s'adressent aux membres du jury pour avoir accepté d'examiner ce travail. Nous tenons particulièrement à exprimer notre gratitude au Professeur BENGANA Mohamed, qui nous a fait l'honneur de présider le jury. Nous souhaitons également remercier chaleureusement la Professeure ALLANE Taous, qui a accepté d'être examinatrice de ce mémoire, partageant ses connaissances et ses observations précieuses.

Je tiens à exprimer nos profondes reconnaissances à notre professeure Mme CHENAH May Pour ses orientations précieuses et son soutien constant tout au long de ce mémoire

Nous tenons à exprimer nos sincère gratitude envers M.KERFI Madjid pour son soutien précieux et son aide indispensable tout au long de la réalisation des analyses statistiques de notre mémoire.

Nous tenons à exprimer toute nos reconnaissances à Mme BOUAZZOUNI Khadidja, ingénieur de laboratoire du département sciences alimentaire pour son soutien et sa disponibilité sans faille.

Nous tenons à exprimer nos sincères remerciements à Mme KRIM Warda, ingénieur de laboratoire de la Laiterie Matinale, pour ses conseils avisés, ses orientations précieuses lors des manipulations, ainsi que pour son précieux partage d'expérience.

Enfin, nous remercions nos familles pour leurs soutiens et leurs patiences durant la réalisation de ce travail.

Dédicace

Du profond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers

A mes chers parents

Aucune dédicace ne peut véritablement exprimer le profond respect, l'amour infini et la considération que j'ai pour les sacrifices que vous avez faits pour mon éducation et mon bien-être. Je vous suis reconnaissant pour tout le soutien et l'affection que vous m'avez prodiguée depuis mon enfance. Ce travail est le résultat de vos sacrifices et de votre dévouement inébranlable.

A mes sœurs « Sonia et Chabha »

Votre soutien inconditionnel et votre présence rassurante ont été mon réconfort tout au long de ce parcours difficile. Vos encouragements et votre présence m'ont aidé à relever les défis et à ne pas abandonner. Merci d'être mes piliers, mes confidentes et mes sources d'inspiration. Cette réussite vous appartient aussi. Je vous aime du plus profond de mon cœur.

A mon frère « Aghiles »

Toi qui as toujours été là pour moi, dans les bons comme dans les mauvais moments. Ton soutien inconditionnel, tes conseils avisés et ton amour fraternel ont été ma force tout au long de mon parcours académique. Je te dédie ce travail, en guise de reconnaissance pour tout ce que tu as fait pour moi. Tu es bien plus qu'un frère, tu es un confident, un modèle et un ami. Merci d'avoir cru en moi et de m'avoir encouragé à donner le meilleur de moi-même

A ma binôme « Ghania »

Pour ton aide précieuse et pour tous les hauts et les bas que nous avons partagé tout au long de ce mémoire

A ma copine « Ryma »

Depuis que nous nous sommes rencontrés à l'université, ta compagnie a été inestimable. Merci de partager avec moi ces moments académiques et bien plus encore. Nos souvenirs ensemble vont bien au-delà des salles de classe, chaque instant passé en ta présence est précieux pou

Melissa

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à tous ceux qui ont su être si présents dans ma vie.

A ma très chère Maman « Saliha »

Nul mot ne parviendra jamais à exprimer l'amour que je te porte. Ton amour, ta patience, ton encouragement et tes prières ont été pour moi le gage de la réussite. J'espère que ce travail soit à tes yeux le fruit de tes efforts et témoignage de ma profonde affection.

A mes sœurs « Djedjiga, Imane »

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude pour votre soutien indéfectible tout au long de mon travail, votre encouragement et votre compréhension ont été des piliers essentiels dans ce parcours. Merci pour vos conseils avisés.

A mon frère « menouar »

Je souhaite exprimer ma sincère gratitude à mon frère pour son soutien, ces conseils avisés qui ont été la clé dans ma réussite.

A ma binôme « Melissa »

Je tiens à te remercier pour avoir partagé le mémoire avec moi, nous avons pu avancer efficacement et produire un travail de qualité.

A mon amie « Dyhia »

Je tiens à te remercier du fond du cœur pour avoir été présente durant les moments difficiles de mon travail de fin de cycle. Ton soutien constant, ton écoute attentive et tes encouragements ont été des sources inestimables de réconfort et motivation.

Liste des abréviations

°**Brix** : degré brix
°**D** : Degré dornic
ADN : Acide DésoxyriboNucléique
AT : acidité titrable
FAO : Organisation pour l'alimentation et l'agriculture
FDA: Food and Drug Administration
GF: Gluten free
GRAS: Generally recognized as safe
IGT: impaired glucose tolerance
IMC: Indice de Masse Corporelle
ISO : International Organization for Standardization
ISTAT : Institut national de statistique
J.O.R.A : Journal officiel de la république algérienne
LBG: Locust bean gum
NAOH : hydroxyde de sodium
OMS : Organisation mondiale de la Santé
PET : Polyéthylène téréphtalate
Ph : Potentiel d'hydrogène
RSM: Response Surface Methodology
Spss: **Statistical** Package for the Social Sciences
SRO : solution de réhydratation orale
UHT : Ultra haute température.
v/v : Volume par volume
VRBG : **Violet Red Bile Glucose**
E. coli : Escherichia coli
% : pourcentage
°C : degré Celsius
µg : microgramme
Cm : centimètre
G : gramme
g⁻¹.d.m
H : heures
Kg : kilogramme
L : litre
Mg : milligramme
Min : minute
ml : millilitre
ML : mole par litre
Mm : millimètre
S : seconde
t : tonne
V : volume
Ddl : **Degré de liberté.**

Liste des figures

Figure 1 : Aire de distribution du caroubier dans le monde.....	5
Figure 2 : (a)Arbre du caroubier - (b) Racines du caroubier – (c) Tronc du caroubier – (d) Feuilles du caroubier – (e) Fruits du caroubier : gousses avant maturité – (f) Graines de la caroube.....	8
Figure 3 : Principaux pays producteurs de caroube au cours de la dernière décennie (2012-2021).....	18
Figure 4 : Diagramme de technologie de fabrication du yaourt selon la laiterie MATINALE.....	23
Figure 5 : Les étapes de préparation de la farine de caroube.....	27
Figure 6 : Diagramme de fabrication de la farine de caroube.....	28
Figure 7 : Photographie représentant les essais de formulation des yaourts fortifié avec la caroube.....	31
Figure 3 : Diagramme de fabrication du yaourt brassé à base de caroube.....	38
Figure 4 : Etapes de préparation de la mélasse de la caroube.....	40
Figure 5 :Diagramme de fabrication de la mélasse de caroube.....	41
Figure 6 : Etapes de préparation du flan a base de caroube.....	45
Figure 7 : Diagramme de fabrication du flan de caroube.....	46
Figure 8 : Photographies présentant la dégustation des produits valorisés.....	47
Figure 14 : Résultats de l'évolution de la fermentation.....	50
Figure 15 : Evolutions des paramètres physico chimiques après incorporations 9g de la farine de caroube	52
Figure 16 : Evolutions des paramètres physico-chimiques après incorporations 18g de farine de caroube.....	53

Liste des tableaux

Tableau I : Classification systématique	3
Tableau II : Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube.....	12
Tableau III : les ingrédients employés dans la formulation des produits	25
Tableau IV : Composition des différents échantillons du flan.....	44
Tableau v : le Ph et l'acidité titrable et la poudre de caroube.....	49
Tableau VI : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt sans caroube.....	54
Tableau VII : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à base de caroube 9 g ...	55
Tableau VIII : Les valeurs du pH, degré Brix et la viscosité.....	56
Tableau IX : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation du yaourt	58
Tableau X : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation mélasse.....	62
Tableau XI : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation du flan.....	66

TABLE DES MATIERES

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction 1

Étude bibliographique

CHAPITRE I : Le caroubier et la composition chimique de la caroube

1. Taxonomie et terminologie	3
2. Origine du caroubier	3
3. Répartition du caroubier dans le monde	4
4. Description botanique du caroubier.....	5
4.1. La racine.....	5
4.2. Le tronc	6
4.3. Les Feuilles.....	6
4.4. Les fleurs	6
4.5. Le Fruit.....	7
4.6. Les graines	7
5. La composition chimique de la caroube.....	8
5.1. Les glucides	8
5.2. Les Fibres	9
5.3. Les gommes alimentaires.....	9
5.4. Les polyphénols	10
5.5. Les acides aminés	10
5.6. Les minéraux	11
5.7. Les Vitamines.....	11
6. Utilisations et intérêts dans l'industrie agroalimentaire	12
6.1. Comme additif alimentaire (stabilisant/épaississant)	12
6.2. Substituant du cacao	13
6.3. Produits sans gluten	14
6.4. Produits fermentés	14
6.5. Sirop de caroube comme substituant de sucre :	15
7. Bienfaits de la caroube pour la santé.....	15
7.1. Effets antidiarrhéiques	15

7.2.	Activité anti-proliférative	15
7.3.	Effet antidiabétique.....	16
7.4.	Effets anti-hyperlipidémie	16
7.5.	Protection des néphrons.....	17
7.6.	Activité antimicrobienne.....	17
8.	La production mondiale de caroube	18

CHAPITRE II : Les voies de valorisation

1.	Le yaourt.....	19
1.1.	Définition du yaourt	19
1.2.	Types de yaourt.....	19
1.3.	Les ferments lactiques.....	20
1.3.1.	Lactobacillus bulgaricus	20
1.3.2.	Streptococcus thermophilus	20
1.4.	Technologie de fabrication du yaourt	21
1.4.1.	Réception du lait.....	21
1.4.2.	Standardisation du lait.....	21
1.4.3.	Homogénéisation	21
1.4.4.	Pasteurisation :	21
1.4.5.	Ensemencement :.....	22
1.4.6.	Fermentation.....	22
1.4.7.	Brassage :	22
1.4.8.	Arrêt de fermentation	22
1.4.9.	Conditionnement :.....	22
1.4.10.	Stockage :	22
2.	La mélasse.....	23
3.	Dessert lacté (flan).....	24

Etude expérimentale Matériel et méthodes

1.	Matériel.....	25
1.1.	Matériel biologique	25
1.1.1.	Caroube Ceratonia Siliqua	25
1.2.	Matériel non biologique	25
1.3.	Ingrédients	25
2.	Méthodes.....	26
2.1.	Préparation de la poudre de caroube	26

2.1.1. Analyses physico-chimiques	29
2.1.1.1. Mesure de l'acidité titrable.....	29
2.1.1.2. Détermination du pH	29
2.2. Elaboration du yaourt brassé à base de caroube.....	30
2.2.1. Préparation du yaourt à la caroube.....	30
2.2.2. Analyses physico–chimiques.....	31
2.2.2.1. Détermination du pH	31
2.2.2.2. Mesure de l'acidité titrable.....	31
2.2.2.3. Degrés Brix.....	32
2.2.3. Analyses microbiologiques.....	33
2.2.3.1. Dilution en sérié	33
2.2.3.2. Dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale	33
2.2.3.3. Recherche et dénombrement des staphylocoques	34
2.2.3.4. Recherche et dénombrement de salmonelles	35
2.2.3.5. Recherche et dénombrement de levures et moisissures	36
2.2.3.6. Recherche et dénombrement des Enterobacteriaceae	36
2.2.4. Processus de fabrication du yaourt.....	37
2.3. Préparation de la mélasse de caroube	38
2.3.1. Processus de fabrication	39
2.3.2. Analyses physico-chimiques de la mélasse de caroube	42
2.3.2.1. Détermination du pH	42
2.3.2.2. Degrés Brix.....	42
2.3.2.3. Mesure de la viscosité dynamique.....	43
2.4. Préparation du flan à base de caroube.....	43
2.4.1. Essai de formulation du flan à base de caroube	43
2.4.1.1. Composition des échantillons	44
2.4.1.2. Processus de fabrication du flan	44
2.5. Analyses sensorielles	47
2.6. Analyses statistiques.....	48

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques de la farine de caroube	49
2. Résultat des analyses physico-chimiques du yaourt à base de caroube	49
2.1. La fermentation	59
2.1.1. Résultats du control de l'acidité titrable, le pH et le degré Brix.....	50
2.2. L'incorporation de la poudre de caroube dans le yaourt.....	52

2.2.1. Résultats des analyses microbiologiques	54
3. Résultats des analyses physico-chimiques de la mélasse	56
4. Résultats des analyses sensorielles des produits valorisés.....	58
4.1. Résultat de l'analyse sensorielles du yaourt fortifié avec la caroube.....	58
4.2. Résultat de l'analyse sensorielle de la mélasse de caroube.....	62
4.3. Résultats de l'analyse sensorielle du flan à base de caroube.....	66
Conclusion	70
Références bibliographiques	
Annexes	



Introduction

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) de la famille des Fabacées, est une essence typiquement méditerranéenne, elle peuple plusieurs régions tels que l'Amérique du Nord et du Sud, l'Afrique et l'Australie qui est cultivée depuis longtemps pour ses fruits, mais aussi pour sa résistance au déficit hydrique (**Biner et al., 2007**). Elle est aussi largement répartie en Algérie sous forme de peuplements spontanés dans les zones côtières et semi-arides (**Benmahioul et al., 2011**). Le fruit de la caroube contient deux parties principales : la pulpe (90%) et les graines (10%) (**Goulas et al., 2016**).

Le caroubier est une plante qui a été utilisé par les humains depuis la nuit de temps, son fruit est également connu sous le nom la « caroube », elle est utilisée comme aliment pour l'homme et le bétail, elle peut être réduite en poudre et ainsi utilisée comme substituant au chocolat (**Loullis et al., 2018**). Les feuilles, l'écorce et les graines ont été utilisées en médecine pour traiter diverses maladies, notamment la diarrhée, le diabète et l'hypertension (**Ali-Shtayeh et al., 2013 ; Baytop et al., 1984**). La caroube a plusieurs activités pharmacologiques y compris des effets antioxydants, antidarrhéiques, antibactériens, antiulcéreux et anti-inflammatoires (**Rtibi et al., 2015 ; Rtibi et al., 2016**). **Rtibi et al., 2016** suggèrent d'utiliser la caroube comme antioxydant naturel sous forme de complément alimentaire pour la prévention des dommages causés par le stress oxydatif.

La pulpe de caroube est riche en fibres alimentaires, en sucres et en diverses substances bioactives comme les polyphénols. Ces composés bioactifs ont démontré des effets bénéfiques sur la santé selon **Nassar-Abbas et al., (2016)**. La pulpe de caroube présente un fort potentiel en tant qu'ingrédient alimentaire, pouvant être transformée en poudre pour l'industrie agroalimentaire, ou utilisée comme aliment fonctionnel, comme le soulignent **Tsatsaragkou et al., (2014)**. Une fois torréfiée, la pulpe de caroube acquiert des caractéristiques sensorielles similaires en goût et en couleur à la poudre de cacao, sans contenir de théobromines, de caféines, théïnes ou d'acide oxalique, contrairement au cacao, comme mentionné par (**Durazo et al., (2014) et Biner et al., (2007)**)

En 2023, le président de la chambre nationale de l'agriculture a déclaré que l'Algérie a exporté pour plus de 7 millions de dollars de caroube et il souligne l'importance socio-économique et écologique de cette espèce. Le caroubier est un arbre xérophile et peu exigeant car il ne nécessite pas d'engrais chimique. Selon SARL Boublenza, la poudre de caroube peut servir d'alternative pour les industriels qui importent du cacao de l'étranger à grands frais.

Ce projet de recherche a pour objectif d'explorer différentes façons d'incorporer et de valoriser la caroube dans des produits alimentaires, tout en évaluant leurs caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques ainsi l'acceptation de ces produits par les consommateurs.

La proposition consiste à créer de nouveaux produits alimentaires à base de caroube, ou à enrichir les aliments déjà existants avec de la caroube peut encourager les industries agroalimentaires locales et nationales et les communautés à utiliser davantage cette matière première.

Cette étude est structurée en trois parties distinctes. La première partie traite d'une analyse bibliographique et scientifique sur le caroubier, connu scientifiquement sous le nom de *Ceratonia siliqua*, ainsi que des différentes approches de valorisation. La deuxième partie se concentre sur la phase expérimentale, comprenant une section dédiée au matériel et à méthodes utilisées, ainsi qu'une autre section présentant les résultats obtenus avec leurs discussions. Enfin, la troisième partie consiste en une conclusion générale qui récapitule l'ensemble du travail effectué et les différentes recommandations et les perspectives concernant d'autres voies de valorisation.



Étude bibliographique

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and a horizontal strip at the top, both with rounded ends and small circular details at the corners.

CHAPITRE I

Le caroubier et la composition chimique de la caroube

1. Taxonomie et terminologie

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. Le caroubier est une espèce d'origine méditerranéenne. Il s'agit de l'une des plus grandes familles de plantes à fleurs, qui comprend 650 genres et plus de 18 000 espèces (**Polhill et al., 1981**) il est extrêmement variable en terme morphologie et écologie.

Le genre *Ceratonia* est considéré comme l'un des genres de légumineuses les plus archaïques (**Tucker, 1992a**). *Ceratonia siliqua* est complètement isolée de tous les autres genres de sa famille sur le plan taxonomique (**Zohry, 1973**). Le tableau (I) ci-dessous montre la classification systématique de *Ceratonia siliqua*

Tableau I : Classification systématique (Ghédira et Goetz, 2019).

Règne	Plantea
Sous règne	Viridiplantae
Embranchement	Embryophytes
Sous embranchement	Tracheophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Rosidae
Ordre	Fabales
Famille	Fabaceae
Genre	<i>Ceratonia</i>
Espèce	<i>Ceratonia siliqua L.</i>

2. Origine du caroubier

La plupart des experts estiment que l'origine du caroubier se situe dans le bassin méditerranéen oriental (**Sahin, et al., 2016 ; De Candolle.,1886**), bien que des opinions divergentes existent. Selon **Schweinfurth (1894)**, le caroubier pourrait provenir du sud de l'Arabie (Yémen), tandis que **Zohary (1973)** le classe parmi la flore de l'Indo Malaisie, aux

côtés d'autres plantes telles que l'Olea, le Laurus et le Myrtus. À l'état spontané, on le trouve en Turquie, à Chypre, en Syrie, au Liban, en Palestine, dans le sud de la Jordanie, en Égypte, en Arabie, en Tunisie et en Libye avant d'atteindre la Méditerranée occidentale. Son introduction en Grèce et en Italie est attribuée aux Grecs, tandis que les Arabes l'ont propagé le long de la côte nord de l'Afrique et dans le sud et l'est de l'Espagne. Les Espagnols l'ont ensuite introduit en Amérique du Sud et du Nord ainsi qu'en Australie (**Hillcoat et al., 1980**).

Le caroubier est une espèce qui pousse naturellement en Algérie, tout comme dans de nombreux autres pays du bassin méditerranéen. On le trouve à l'état sauvage, dans des conditions naturelles, dans des zones au bioclimat subhumide, semi-aride. Il est généralement associé à d'autres espèces végétales typiques de ces milieux, comme l'olivier et le lentisque (**Benmahioul et al., 2011**).

3. Répartition du caroubier dans le monde

Hillcoat et al., (1980) ont indiqué que l'aire de répartition naturelle de la caroube à l'état sauvages incluait 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'était étendue vers l'ouest à un stade précoce, comme le montre la figure 1. Il est supposé que la caroube a été introduite par les Grecs en Grèce et en Italie, puis par les Arabes le long de la côte nord-africaine jusqu'au sud et à l'est de l'Espagne, d'où elle s'est propagée vers le sud du Portugal et le sud-est de la France.

Aschman (1973) et Margaris, (1980) ont expliqué que les régions méditerranéennes se caractérisent par une végétation arborescente et arbustive similaire. La distribution des espèces arborescentes comme le caroubier (*Ceratonia siliqua*) est généralement limitée par les stress liés au froid (**Mitrakos, 1981**). Dans les zones basses méditerranéennes (généralement en dessous de 500 m, parfois jusqu'à 900 m d'altitude), le caroubier est une essence dominante et caractéristique du maquis à arbres sclérophylles (**Zohary et Orshan, 1959 ; Folch et Guillen, 1981**).

Melgarejo et Salazar, (2003) considèrent sans aucun doute que la Méditerranée est le centre de diversité du caroubier. Même si cette région n'est pas le centre d'origine, elle reste la plus importante pour les améliorateurs, car c'est dans le bassin méditerranéen qu'existe la plus grande diversité de l'espèce. C'est donc dans cette zone qu'il est le plus probable de trouver de nouveaux matériels génétiques avec de meilleures chances de succès.



Figure 1: Aire de distribution du caroubier dans le monde (**Batlle et Tous, 1997**).

4. Description botanique du caroubier

Le caroubier est 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. La longueur des feuilles peut atteindre 10 à 20 cm, alternes, pennées, avec ou sans foliole terminale. La longueur des folioles est 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 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**).

Sa gousse est épaisse, coriace, indéhiscente, arquée, épaisse et longue de 10 à 20 cm sur 2 à 3cm de largeur, pendante, contenant de 10 à 16 graines (**Eveinoff, 1955**). 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**).

4.1. La racine

Le caroubier à un développement d'un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18 m de profondeur (**Aafi, 1996**). Ce système racinaire permet l'absorption des différents nutriments et l'eau dont la plante a besoin.

La principale racine est ramifiée en plusieurs racines soit latérales ou secondaires de grande longueur, elle peut être superficielle généralement sur les sols compacts ou peu profonde. Les racines ramifiées sont dotées de nombreux poils absorbants qui sont capables de s'étendre sur une longueur de 30 à 40 m (**Tous, 1984**).

4.2. Le tronc

Le tronc du caroubier est épais, avec de clairs canaux de circulation de la sève associés aux racines les plus épaisses, ce qui favorise l'aspect tortueux, qui est remarqué chez certaines variétés (**Melgarejo et Salazar, 2003**).

Son écorce est rugueuse à la base de couleur grise à rougeâtre (**Melgarejo et Salazar, 2003**), tandis que l'écorce est lisse sur la partie supérieure du tronc et à la base des branches.

4.3. Les Feuilles

Les feuilles mesurent 10 à 20 cm de long alternes, pennées, avec ou sans foliole terminale. Les folioles mesurent 3 à 7 cm de long, ovales à elliptique, 4 à 10 paires normalement opposées, coriaces, vert foncé et brillantes dessus, vert pâle dessous et finalement nervurées avec des bords légèrement ondulés et de minuscules stipules elles sont sclérophylles et possèdent un épiderme supérieur monocouche très épais, dont les cellules contiennent des composés phénoliques dans les grandes vacuoles (**Mitrakos., 1988**).

Le caroubier ne perd pas ses feuilles à l'automne mais seulement en juillet tous les deux ans, et il ne renouvelle que partiellement ses feuilles au printemps (avril et mai) (**Diamantoglou et Mitrakos, 1981**).

4.4. Les fleurs

Les fleurs du caroubier sont unisexuées qui sont nombreuses et très petites, de 6 à 12 mm de long ; constituées d'un calice propre sans corolle, sont réunies en grappes axillaires cylindriques, elles peuvent être érigées ou ascendantes, brièvement pétiolées, disposées le long d'un axe ou rachis d'une couleur vert-jaunâtre ou rougeâtre de 4 à 10 cm de longueur sur lequel sont insérées entre 10 à 30 fleurs. Le seul arbre méditerranéen qui fleurit en été, d'août à octobre ou en automne, de septembre à novembre c'est le caroubier (**Boumel et al., 2018**).

La fleur mâle est constituée d'un disque nectaire avec cinq délicates étamines filamenteuses entourent de sépales velus. Les fleurs femelles sont constituées d'un pistil (6-8,5) sur un disque et d'étamines rudimentaires, entourée de cinq sépales poilus. L'ovaire est

courbé, constitué de deux carpelles de 5 à 7 mm de long et contenant plusieurs ovules (**Ferguson, 1980**). Les fleurs hermaphrodites se distinguent par la présence du pistil et des étamines fonctionnelles dans une même fleur, ce qui en fait une fleur parfaite ou complète. Elle est de taille et d'aspect semblables à ceux des fleurs unisexuées, avec le nectar à la surface du disque et une grande variabilité de longueur et de couleur de l'écorce (**Albanell., 1990**).

4.5. Le Fruit

Le fruit est une gousse indéhiscente, allongée, comprimée, droite ou courbée. Elle est épaissie au niveau des sutures ; elle est de 10 à 30 cm de long, 1,5 à 3,5 cm de large et environ 1 cm d'épaisseur avec un apex émoussé ou subaigu. Les gousses sont brunes avec une surface ridée et sont coriaces à maturité. La pulpe comprend une couche externe coriace (péricarpe) et une région interne plus molle (mésocarpe). La gousse est composée de trois parties : l'exocarpe, le mésocarpe et les graines (**Baumel et al., 2017**).

4.6. Les graines

Les graines de la caroube sont petites et aplaties, de forme presque ovale, avec leur pôle basal tronqué est fendu et généralement brillant dans la zone apicale. Elles sont lisses, dures de couleur brun rougeâtre (**Albanell, 1990**). Les graines sont placées transversalement dans la gousse qui est séparées par les mésocarpes qui sont durs et nombreux, ovales-oblongs comprimés de 8 à 10 mm de long et de 7 à 8 mm de large et 3 à 5 mm d'épaisseur (**Goldbalatt et al., 1981**).

Les graines de la caroube sont très appréciées dans les industries agroalimentaires suite à leur richesse en polyphénols, antioxydant et les gommes qui sont contenus dans les téguments des enveloppes (**Makris et Kafalas, 2004**). Le nombre de graines varie généralement entre 10 et 15 (**DAKIA et al., 2003**).

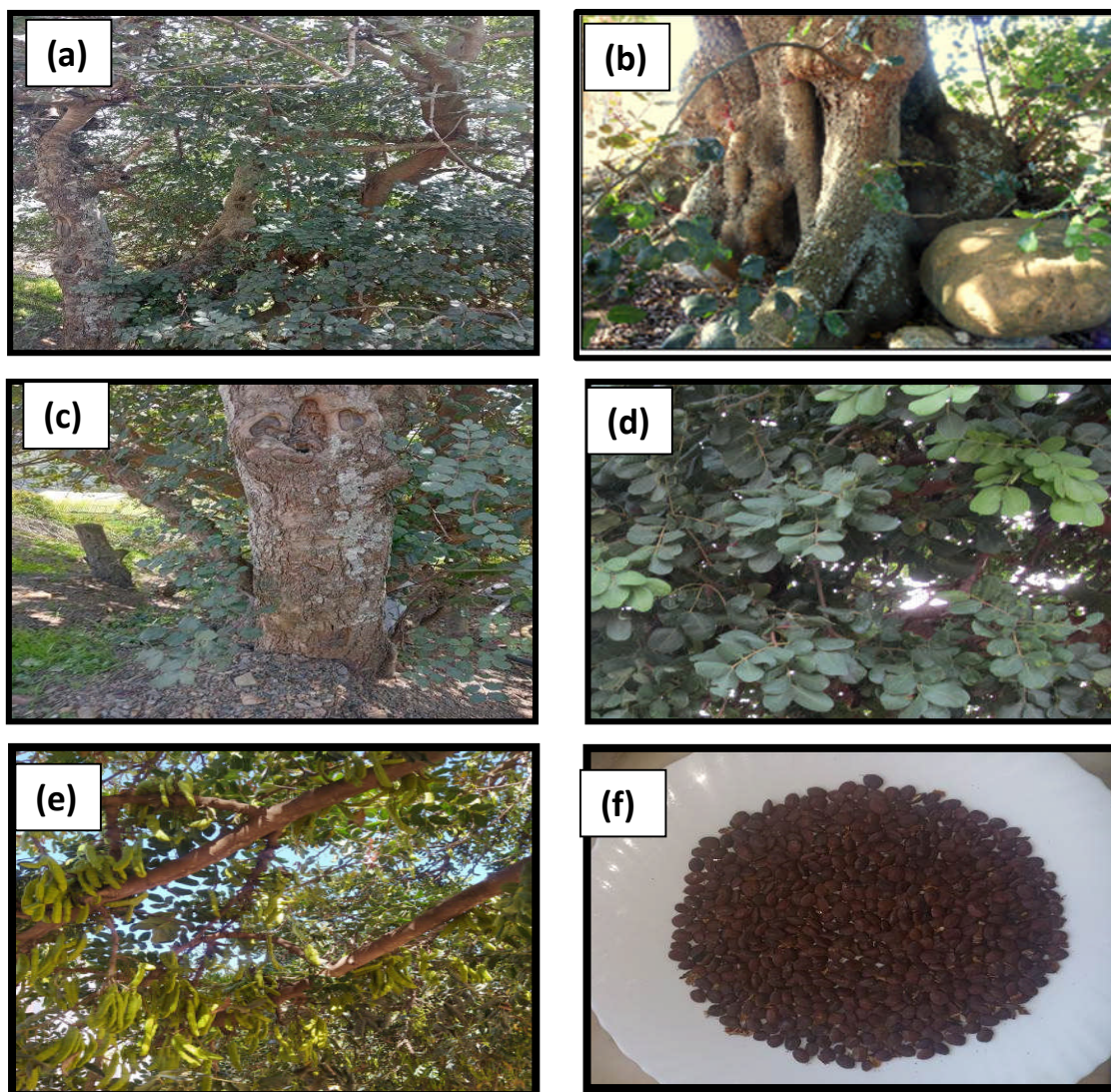


Figure 2 : (a) Arbre du caroubier - (b) Racines du caroubier – (c) Tronc du caroubier – (d) Feuilles du caroubier – (e) Fruits du caroubier : gousses avant maturité (Dahmani et al., 2023) – (f) Graines de la caroube

5. La composition chimique de la caroube

Le fruit de la caroube est constitué d'un ensemble complexe de métabolites primaires et secondaires qui sont caractérisés par la présence de sucre et de fibres, ainsi qu'une variété importante de polyphénols. Les fruits de la caroube contiennent également de nombreux minéraux et acides aminés (Goulas et al., 2016).

5.1. Les glucides

Des études antérieures ont montré que la caroube est particulièrement riche en sucre sachant que la teneur oscillant de 40 à 50 g.100g⁻¹.d.m (Battle et al., 1997 ; Turhan et al.,

2013 ; Sigge et al., 2011). Le saccharose constitue le glucide majoritaire dans la caroube. Sa concentration peut atteindre 52 g /100 g⁻¹.d.m (**Battle et al., 1997 ; Turhan et al.,2013**), tandis que la teneur en fructose et en glucose sont respectivement de 1,8 à12 ,5 g /100 g⁻¹.d.m. et 1 ,8 g à 10,2g /100 g⁻¹.d.m. (**Turhan et al., 2013 ; Sigge et al., 2011**). Les sucres de la caroube sont usuellement extrait pour la production de sirop de caroube naturel (**Diaz et al., 1997**). Il est important de souligner que les variétés cultivées de caroube ont une teneur en sucre plus élevée que les variétés sauvages (**Turhan et al., 2013**).

5.2. Les Fibres

Les fibres alimentaires de la caroube sont subdivisées en deux catégories : fibre soluble et fibre insoluble. La fibre de caroube est obtenue après extraction aqueuse des hydrates de carbone solubles. La caroube est exceptionnellement riche en fibres alimentaires (30 à 40%) (**Haber et al., 2002**). La fraction de fibres insolubles est représentée par la cellulose, hémicelluloses, lignine et de polyphénols insolubles, représentant ainsi plus de 70% de fibres totales de caroube. Par ailleurs, la fraction soluble est de moins de 30% (**Nasar et al., 2016**).

5.3. Les gommés alimentaires

La gomme de caroube est obtenue par extraction alcaline. Elle est constituée essentiellement de galactomannane de haut poids moléculaire et sa concentration peut atteindre 85%. Le galactose et le mannose sont les deux composants du LGB. Plus précisément, les galactomannanes sont formés d'une chaîne linéaire de (1-4)- α -D-mannopyranosyl liées latéralement avec des résidus de (1-6)- α -D-galactopyranosyls. Le rapport galactose /mannose dans le LGB a été calculé comme étant de 1:3.1-1:3.9 et la teneur en mannose et en galactose était respectivement de 77% ,78% et 21 %, 23% (**Rizzo et al., 2004 ; Lazaridou et al., 2007**).

Les gommés alimentaires de la caroube sont utilisées dans les industries agro-alimentaires vue leur propriétés fonctionnelles telles que la solubilité, la rhéologie, la viscosité, le taux d'hydratation, la formation du gel synergique et l'hydro-adsorption (**Barak et al., 2014**).

5.4. Les polyphénols

On trouve dans la pulpe de caroube les composés phénoliques suivants : les acides phénoliques, les gallotannins et les flavonoïdes. Leur concentration varie considérablement en fonction des méthodes génétiques, environnementales et d'extraction, allant de 45 à 5376 mg d'équivalents d'acide gallique par 100 g (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Cavdarova et al.,**

2014). Ils sont présents dans le fruit sous forme libre, liée ou soluble conjugué. **Doubrovka et al** ont démontré que la plupart des composés phénoliques sont liés aux fibres alimentaires par des liaisons covalentes (**Novotni et al., 2011**). La graine et le germe de caroube sont également de riches sources de composés phénoliques (**Durazzo et al., 2014**).

Les flavonoïdes : Le groupe le plus varié de composés phénoliques ont deux anneaux aromatiques (A et B) liés à un hétérocycle oxygéné en 3 C par des liaisons C-C. Les flavonoïdes sont divisés en flavonols, flavanones, flavones, et isoflavonoïdes sur la base de l'état d'oxydation de l'anneau central. Les flavonols tels que la quercétine, la myricétine, le kaempférol et leurs dérivés glycosidiques sont abondants dans la caroube. Les flavonoïdes les plus présents dans la caroube sont généralement les rhamnoides des de quercétine et de myricétine (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Owen et al., 2003 ; Ortega et al., 2009**).

Les tannins : forment le plus important groupe de polyphénols de caroube et jouent un rôle dans leur astringence (**Rababah et al., 2011**). Il existe deux types de tannins : les tannins hydrolysables et les tannins condensés (ou non hydrolysables). Les tannins hydrolysables sont généralement des esters multiples de l'acide gallique ou de l'acide ellagique avec le glucose et les produits de leurs réactions d'oxydation, et sont appelés respectivement tannins galloyl et ellagitanins (**Manganaris et al., 2014**).

Plus précisément, les gousses de caroube renferment en moyenne 2,75 mg de tannins condensés/g et 0,95 mg de tanins hydrolysables/g. Le germe renferme une quantité de tannins supérieure à celle du fruit. Cette concentration de tannins est plus élevée dans le germe (16,2 mg de tanins condensés/g et 2,98 mg de tannins hydrolysables/g), tandis que dans les graines leur présence n'est qu'à l'état de traces (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Owen et al., 2003**).

5.5. Les acides aminés

Les fèves de la caroube sont riches en acides aminés grâce à un mélange de 17 résidus différents : acide aspartique, acide glutamique, sérine, glycine, histidine, arginine, thréonine, alanine, tyrosine, valine, proline, méthionine, isoleucine, leucine, cystéine, phénylalanine et lysine (**Sigge et al., 2011 ; Ayaz et al., 2009**). Environ 57% des acides aminés sont constitués de l'acide aspartique, de l'asparagine, de l'alanine, de l'acide glutamique, de la leucine et de la valine (**Ayaz et al., 2007**). Selon les normes de l'Organisation mondiale de la santé (OMS), les caroubes peuvent être considérées comme une bonne source d'acides aminés. En d'autres

termes, elles incluent les sept acides aminés essentiels (thréonine, méthionine, valine, isoleucine, leucine, phénylalanine et lysine) à des concentrations respectant les normes de l'OMS (Ayaz et al., 2009). La teneur moyenne de la caroube en protéine de 6,34 (Kamal et al., 2013).

5.6. Les minéraux

La caroube constitue une source exceptionnelle de macro-éléments (K, Ca, Mg et P) ainsi que d'oligo-éléments (Mn, Fe, Zn et Cu) (Khelifa et al., 2013). Le potassium est le minéral le plus important, avec une teneur de 970 à 1120 mg /100 g de poids sec et 300 mg/100 g de poids sec, respectivement (Sigge et al.,2011 ; Ayaz et al.,2007 ;Ayaz et al .,2009 ;Oziyci et al .,2014). Il y a également une faible concentration de phosphore et de magnésium, avec environ 75 et 94 mg/100 g de poids sec, respectivement. En revanche, avec une valeur de 2,01 mg/100 g de poids sec, le fer à la concentration la plus élevée parmi les macro-éléments, tandis que la concentration de Mn, de Zn et de Cu est de 0,29, 0,46 et 0,29 respectivement (Khelifa et al., 2013).

5.7. Les Vitamines

Le tableau (II) révèle que la poudre de caroube offre une excellente source de vitamines C, D, E, de niacine, B₆, B₁₂ et d'acide folique. Dans l'intervalle, la poudre de caroube présentait des niveaux plus bas de vitamines A, B₂ et B₁₂ (Kamel et al., 2013).

Tableau II : Valeurs moyennes de la teneur en vitamines de la poudre de caroube (Kamel et al., 2013).

Vitamines	Unités de teste
Vitamines liposolubles	µg /100g
A	1,407
E	5,377
D	4,9
Vitamines hydrosolubles	mg /100g
C	830,08
B2	0,38
Niacine	185,68
B6	23,80
Acide folique	41,97
B12	1,30

6. Utilisations et intérêts dans l'industrie agroalimentaire

La gomme de caroube (LBG) est une gomme hétérogène non amyliacée, non ionique et ramifiée, extraite des graines de caroube. La LBG et ses formulations dérivées de l'hydrogel ont trouvé de nombreuses applications dans les industries alimentaires, pharmaceutiques, biomédicales et cosmétiques. Ce large éventail d'utilisations est attribué à des propriétés physicochimiques flexibles telles que la viscoélasticité, l'aptitude au gonflement et les capacités de retardement de la synérèse. Le LBG est légèrement soluble dans l'eau à température ambiante et très stable à un pH compris entre 3,5 et 11,0. Il doit être chauffé à une température comprise entre 75 et 85°C pour développer la viscosité. De plus, les solutions de LBG ne sont pas affectées par les sels couramment utilisés dans l'industrie alimentaire. Les principaux domaines d'utilisation sont les desserts glacés, les produits laitiers fermentés, les produits fromagers, les sauces, les trempettes et les vinaigrettes, tandis que dans l'industrie pharmaceutique, le LBG a été utilisé comme support dans divers systèmes d'administration de médicaments (**Awuchi et al., 2022**).

6.1. Comme additif alimentaire (stabilisant/épaississant)

Dans l'industrie agroalimentaire, le LBG est utilisé comme additif alimentaire (E-410) sous forme d'épaississant et de stabilisant dans divers produits laitiers, carnés et cuits au four. En outre, il est également employé dans les produits diététiques et les compléments alimentaires en raison de son excellent profil bioactif. Cependant, son niveau d'utilisation dans les aliments se situe entre 0,2 % et 0,5% (**Mudgil, D et al., 2014**). Les rôles technologiques dans les aliments comprennent l'augmentation de la durée de conservation en se liant à l'eau, la gestion de la texture, l'influence de la cristallisation, la prévention du crémage ou de la décantation, l'amélioration du comportement lors congélation et décongélation, la prévention de la rétrogradation des produits amyliacés, la rétention de la turbidité dans les jus et les boissons non alcoolisées et la stabilisation de la mousse (**Wielinga, W et al., 2010**).

Une autre étude suggère que le LBG améliore les propriétés rhéologiques du yaourt au lait caprin et maintient la vitalité microbienne dans le yaourt et des probiotiques *Bifidobacterium* (**Park et al., 2019**). Les biopolymères xanthane-LBG ont montré une grande stabilité à l'oxydation pour les émulsions Huile/Eau, ce qui les rend très appropriés pour l'apport bioactif en capsulé dans les aliments fonctionnels (**Griffin, K et al., 2020**). Le LBG

est une source de galactomannane, qui est utilisé comme épaississant qui permet de ralentir la formation de cristaux de glace et améliorer les propriétés fondantes des crèmes glacées.

6.2. Substituant du cacao

La caroube est un substitut naturel et bon marché du cacao qui présente de nombreuses similitudes, ce qui en fait une alternative parfaite (Medeiros et al., 2010). La pulpe de caroube est décortiquée, torréfiée puis broyée pour produire la poudre de caroube (Čepo et al., 2014). Pendant la torréfaction, la caramélisation des sucres et la réaction de Maillard permettent le développement d'un arôme, d'un goût et d'une couleur caractéristiques du cacao dans la poudre de caroube (Srouf et al., 2016). La caroube peut donc être utilisée comme substitut du cacao, avec de nombreux avantages tels que l'absence de stimulants comme la caféine et la théobromine, un apport accru en fibres, une réduction des matières grasses et un excellent potentiel antioxydant (Papageorgiou et al., 2020 ; Boublenza, I. et al., 2017). Pawłowska et al., 2018 ont suggéré que les produits panifiés élaborés à base de caroube présentent des propriétés nutritionnelles et anti-radicalaires élevées, sont plus sucrés et ils sont dotés d'excellentes propriétés sensorielles par comparaison aux produits panifiés à base de cacao. En outre, les gâteaux incorporant de la farine de caroube conservent des propriétés texturales et sensorielles acceptables avec un arôme rappelant celui du cacao, dû à des composés aromatiques tels que les aldéhydes, les lactones, les furannes et les dérivés pyrroliques (Papageorgiou et al., 2020). La poudre de caroube peut également être utilisée dans la fabrication des yaourts allégés en matières grasses aromatisés au chocolat et à faible teneur en lactose et des yaourts riches en fibres et en sucres pour les personnes intolérantes au lactose (Moreira et al., 2017).

6.3. Produits sans gluten

La maladie cœliaque est un trouble auto-immunologique déclenché par l'ingestion de protéines de gluten qui provoquent une réaction inflammatoire dans l'intestin grêle. Malheureusement, il existe peu de produits disponibles sur les marchés qui peuvent être utilisés comme alternative au régime alimentaire commun des malades cœliaques. Ces dernières années, les industries alimentaires se sont intéressées à la fabrication de produits alimentaires sans gluten (Papageorgiou et al., 2015). Le développement de produits sans gluten représente quelques défis technologiques pour l'industrie alimentaire, tels que le développement de la texture en raison de l'absence de gluten, la faible valeur nutritionnelle et le goût fade. Les produits sans gluten nécessitent certains additifs pour imiter la fonction structurelle du gluten,

les amidons de légumineuses (haricots) et de céréales (riz et sorgho) sont utilisés à cette fin. La caroube est une autre légumineuse très prometteuse pour le développement de produits sans gluten. La farine de caroube présentant des propriétés rhéologiques similaires à celles du gluten de blé ainsi qu'un excellent profil nutritionnel (**Arribas et al., 2020 ; Tsatsaragkou et al., 2015**). **Červenka et al., 2019 et Sciammaro et al., 2018** ont constaté que les muffins préparés avec la farine de caroube qui remplacent la farine de blé présentent un potentiel antioxydant élevé et de bons attributs sensoriels (moelleux, volume, poids). La farine de caroube confère également un goût sucré et une couleur brunâtre aux biscuits, mais des concentrations plus élevées de farine de caroube ont un effet légèrement négatif sur le goût, la croustillance, la couleur et l'arôme (**Babiker et al., 2020**).

6.4. Produits fermentés

Haider et al., 2014 a montré que la fermentation de l'extrait de caroube par *Aspergillus Niger* produisait des quantités significatives d'acide citrique. Après six jours d'incubation, la production d'acide citrique était de 55,8 % à un pH de 3,16 avec 10 % d'extrait de caroube comme source de carbone. Cependant, la production a atteint 70,16 % dans un milieu contenant du sulfate d'ammonium comme source d'azote, ce qui montre que la concentration et la source d'azote affectent la production d'acide. Les déchets de caroube sont valorisés pour la production d'acide lactique. La caroube et ses déchets peuvent être utilisés pour la production de bioéthanol en raison de leur teneur élevée en sucre et en minéraux (**Bindal et al., 2019**). **Mazaheri et al., 2012** ont rapporté que la production de bioéthanol à partir de *Zymomonas mobilis* en utilisant le RSM (Response Surface Method) et le son de blé mélangé à la gousse de caroube comme milieu de croissance bactérienne. La production maximale enregistrée était de 0,30 g d'éthanol/g de sucre initial.

6.5. Sirop de caroube comme substituant de sucre :

La production de sirop de caroube par extraction des gousses avec de l'eau suivi par une réduction de la concentration par chauffage. Le sirop de la caroube peut être utilisé dans diverses formulations alimentaires comme alternative au sucre. Il peut être utilisé comme garniture de desserts, pour mariner la viande, ou comme édulcorant dans des boissons servies chaudes ou froides .il s'avère approprié pour produire du yaourt aromatisé et prolonger la durée de la fermentation en réduisant l'activité microbienne (**Atasoy, 2009**).

7. Bienfaits de la caroube pour la santé

7.1. Effets antidiarrhéiques

Les tannins et les composés phénoliques présents dans la caroube contribuent à la santé du système digestif. Pendant la digestion *in vitro*, la pulpe de caroube renferme des composés phénoliques libres et liés. Ces composés phénoliques sont métabolisés afin de produire certains antioxydants qui entravent le métabolisme des hydrates de carbone en inhibant l'adhésion des enzymes. De plus, la partie indigeste de la caroube qui pénètre dans le côlon facilite le transit intestinal (**Chait, et al., 2020**). Les propriétés antidiarrhéiques de la caroube sont attribuées aux tannins qui régulent la circulation de l'eau à l'intérieur de la cellule. Les tannins des plantes communes sont solubles dans l'eau et ne permettent pas la digestion, contrairement aux tannins de la caroube. En revanche, leur action asséchante sur le tube digestif contribue à éliminer les toxines et à prévenir la prolifération de bactéries pathogène dans le tractus gastro-intestinal (**Goulas et al., 2016**). Selon les recherches, les préparations à base de caroube ont des effets antidiarrhéiques importants en agissant comme détoxifiant et constipant, ainsi qu'en étant une source importante de calories. La caroube contient une grande quantité de pectine et de fibres alimentaires, ce qui en fait un prébiotique qui nourrit le microbiote intestinal et apaise ainsi la circulation sanguine (**Pandey et al., 2020**).

7.2. Activité anti-proliférative

La caroube est riche en composés phytochimiques ; une étude bibliographique indique que ces composés ont des propriétés anti tumorales, anti prolifératives et pro-apoptotiques. La quercétine, un polyphénol, stimule l'apoptose (mort cellulaire programmée) dans les cellules leucémiques T en ciblant directement la protéine anti-apoptotique Bcl-xL (**Primikyri et al., 2014**). Elle est également efficace dans le microenvironnement tumoral. Il réduit la taille des tumeurs et empêche l'angiogenèse (formation de nouveaux vaisseaux sanguins) comme l'indiquent les modèles de xénogreffes de cancer du pancréas et du sein (**Zhao et al., 2016**).

Forester et al., 2014 ont montré que l'acide gallique et ses dérivés sont responsables de l'action antiproliférative dans les lignées cellulaires du côlon humain qui bloquent la synthèse de l'ADN et protègent contre le cancer du côlon humain. La théophylline (alcaloïde), présente dans l'extrait méthanolique de la farine de caroube, entraîne une réduction du cancer du sein et des lignées cellulaires HeLa par apoptose (**Custódio et al., 2015**) ;

7.3. Effet antidiabétique

La caroube et son extrait ont des effets antidiabétiques en raison de leur composition phytochimique variée. Ces composés peuvent être utilisés comme compléments alimentaires en cas d'hyperglycémie et traiter le diabète en inhibant le transport et l'absorption du glucose intestinal (**Rtib et al., 2017**). **Custódio et al., 2015** ont rapporté que les décoctions de feuilles et d'écorces de caroubier exercent une activité inhibitrice significative sur l' α -amylase et l' α -glucosidase, deux enzymes qui hydrolysent les glucides et augmentent l'hyperglycémie postprandiale chez les diabétiques. Une autre étude a montré que la caroube peut être utilisée dans le traitement du diabète car elle améliore la tolérance au glucose et inhibe son absorption et protège contre le diabète induit par l'alloxan (**Hamza et al., 2015**). La consommation d'une boisson enrichie en inositol de caroube produit une réponse dépendante de l'IMC chez les sujets pré diabétiques avec une amélioration de la résistance à l'insuline (**Bañuls et al., 2016**) Le D-pinitol est un autre inositol extrait de la caroube et ayant un effet antidiabétique significatif (**López-Sánchez et al., 2021**). En outre, la littérature a également montré que le remplacement du saccharose par un édulcorant naturel riche en D-pinitol atténue la perturbation du métabolisme du glucose et normalise l'altération de son métabolisme chez les sujets atteints d'IGT (**Kanat et al., 2015**).

7.4. Effets anti-hyperlipidémie

Des taux élevés de lipides ou de lipoprotéines dans le sang peuvent conduire à l'athérosclérose et, par la suite, à des maladies cardiovasculaires. Par conséquent, la pulpe de caroube réduit les taux de lipides et de cholestérol dans le sang sont nécessaires pour équilibrer un régime riche en graisses (**Haber et al., 2004**). En outre, les fibres de caroube combinées à des acides gras n-3 sont les principaux ingrédients d'une denrée alimentaire brevetée destinée à influencer positivement la santé cardiovasculaire (**Haber et al., 2006**).

7.5. Protection des néphrons

La caroube est riche en substances bioactives qui contribuent au bon fonctionnement des reins. La caroube ne contient pas d'oxalate, ce qui la rend tout à fait appropriée pour remplacer le cacao dans les confiseries. L'absence d'oxalate empêche la fixation du calcium et réduit donc les risques de calculs rénaux (**Samokhvalova et al., 2021 ; Eldeeb et al., 2022**). **El-Haskoury et al., 2015** ont suggéré que le miel de caroube peut être utilisé comme diurétique actif en raison de sa riche teneur en flavonoïdes. Les propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires de l'extrait sont dues aux composés polyphénoliques qui sont efficaces contre

les lésions rénales induites par le sulfate de dextran sodium (**Rtibi et al., 2016**). La pulpe de caroube a une réponse positive contre l'insuffisance rénale causée par le stress oxydatif induit par le CCl₄ (**Ben Hsouna et al., 2012**).

7.6. Activité antimicrobienne

L'extrait méthanolique de *C. siliqua* présente une activité antimicrobienne puissante, notamment contre *Enterococcus* sp (**Abd Razik et al., 2012**). La suspension composée de poudre de caroube et de méthanol a démontré des propriétés antibactériennes et antifongiques (**Al-fawwaz et al., 2016**). Les extraits aqueux et méthanolique, ainsi que les médicaments antibactériens tels que l'ampicilline, la gentamicine, l'amikacine et la clindamycine, ont démontré leur efficacité efficace contre les bactéries (**Ibrahim et al., 2013**). Les extraits de caroube séchées contenant du méthanol, du chloroforme et de l'hydroalcool ont démontré une grande efficacité contre divers microbes, y compris 15 espèces bactériennes et 8 espèces fongiques (**Ben Hsouna et al., 2012 ; Rahmoun et al., 2014**). Les fruits traités avec 80 % de méthanol dans l'eau ont montré une activité antimicrobienne et une activité antioxydante modérée (**Jamous et al., 2015**). **Kumar et al** ont rapporté qu'à des concentrations de 1000 et 500 g/ml, l'extrait de gousses séchées dans du dichlorométhane-méthanol (1:1, v/v) était efficace contre 11/14 types de bactéries et de champignons. L'extrait d'acétone était plus actif contre *Pectobacterium atrosepticum* que l'extrait éthanolique (**Meziani et al., 2015**). L'extrait éthanolique des feuilles était partiellement actif contre le virus de la maladie de Newcastle (**Al-Hadid et al., 2016**)

8. La production mondiale de caroube

Au cours de la dernière décennie (2012-2021), la superficie totale cultivée en caroubes dans le monde s'élève à 74 229 hectares, dont 66944 ha (90,18%) sont répartis entre Espagne, Portugal, Maroc et Italie. La production mondiale moyenne de caroube entre 2012 et 2021 est estimée à 183.915 t, et est principalement concentrée en Espagne, premier producteur avec 44 114 t, qui représente près d'un quart de la production mondiale, suivi par le Portugal avec 23% de la production mondiale, l'Italie avec 17% et le Maroc avec 22.031 t, soit 12% de la production mondiale. Ces quatre pays cumulent plus de trois quart (76%) de la production mondiale de caroube. La production mondiale de caroubes a considérablement diminué les 70 dernières années, contre 650000 tonnes en 1945 (**Orphanos et Papaconstantinou, 1969**) à 183 915 tonnes (moyenne production mondiale de 2012 à 2021), une perte de 72 %. En Rien

qu'en Espagne, la production a chuté de 88%, contre 420000 t en 1945 (AEA, 1987) à 48756 t en 2021 (MAPA). En Algérie, la production de caroubes a été réduite de 86% entre 1961 (24 000 t) et 2021 (3 219 t) (FAO). Cette baisse considérable de la production est principalement due au vieillissement des caroubiers dans toute la Méditerranée L'Union européenne et les États-Unis et l'installation de nouvelles plantations.

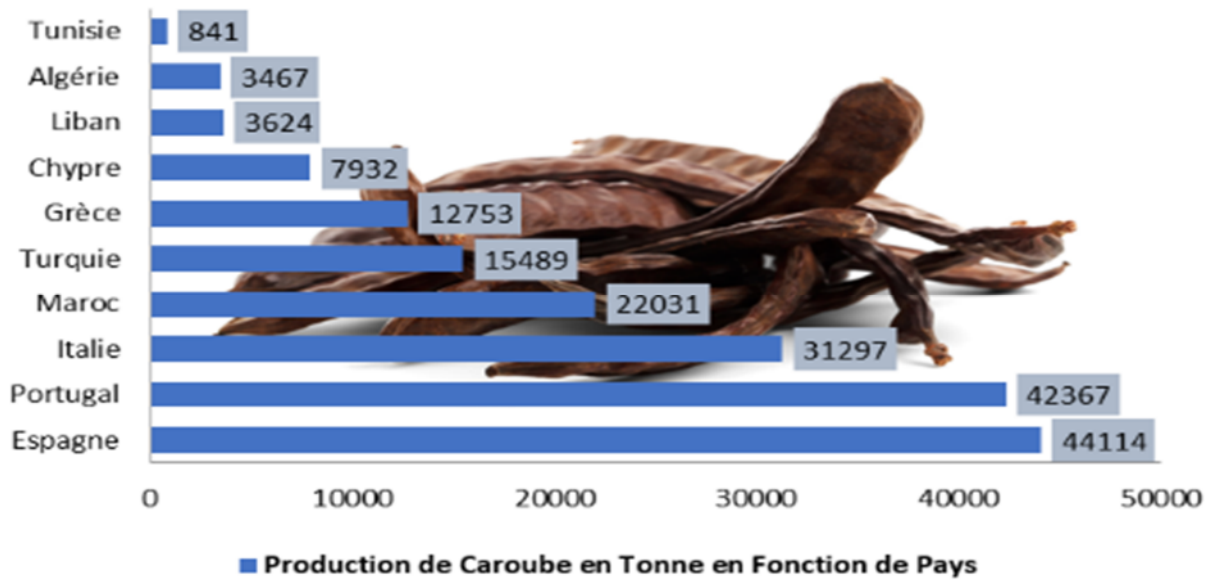


Figure 3 : Principaux pays producteurs de caroube au cours de la dernière décennie (2012-2021) (FAO, MAPA, ISTAT).

A decorative border in the shape of a scroll, with a vertical strip on the left side and a small circular element at the top right corner.

CHAPITRE II

Les voies de valorisation

1. Le yaourt

1.1. Définition de yaourt

En 1977, les organisations internationales **FAO** et **OMS** ont défini le yaourt comme un produit laitier coagulé obtenu par fermentation lactique acide. Cette fermentation est réalisée en ajoutant successivement deux bactéries spécifiques, *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, au lait (**Sallm et al., 2010**). Après la fermentation, le yaourt est refroidi à une température comprise entre 4°C, sans traitement thermique supplémentaire, et il est alors prêt à être consommé.

Selon le journal officiel, la dénomination "yaourt" ou "est réservée au lait fermenté obtenu, selon les usages loyaux et constants, par le développement des seules bactéries lactiques thermophiles spécifiques dites *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*, qui doivent êtreensemencées simultanément et se trouver vivantes dans le produit fini, à raison d'au moins 10 millions de bactéries par gramme rapportées à la partie lactée. La quantité d'acide lactique libre contenue dans le yaourt ou yoghourt ne doit pas être inférieure à 0,7 gramme pour 100 grammes lors de la vente au consommateur.

1.2. Types de yaourt

Selon **Korkmaz et al.,2021** la classification du yaourt est influencée par sa méthode de préparation, sa texture, ses propriétés de cohésion et sa rhéologie. Les critères pris en compte pour classer les yaourts incluent leur nature physique, leur composition chimique, leur mode de fabrication/processus d'incubation et les arômes ajoutés.

Classification basée sur la technologie de fabrication :

- **Yaourt ferme** : la fermentation du lait se réalise dans des pots, suivie de refroidissement.
- **Yaourt brassé** : la fermentation se fait en cuve, suivie de pulvérisation par agitation, refroidissement et conditionnement.

Classification basée sur la saveur : l'ajout de différentes saveurs au yaourt peut améliorer ses propriétés sensorielles et son attrait pour le consommateur (**Prestes et al., 2023**). Il peut être classé en :

- **Yaourt aromatisé** : l'ajout d'arômes au yaourt peut améliorer des propriétés sensorielles (**Rashwanet al., 2023**). Il peut contenir des exhausteurs de goût, ainsi d'autres additifs, tels que des régulateurs d'acidité, des colorants, des émulsifiants, des stabilisants et des édulcorants (**WuL et al., 2022**).

- **Yaourt nature** : est la forme de yogourt la moins frelatée et la plus simple, avec un goût pur. Il est fabriqué par fermentation bactérienne du lait pasteurisé pour produire sa saveur et sa texture caractéristiques (**Kaur et al., 2017**).

1.3. Les ferments lactiques

Les bactéries *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* sont les principales bactéries productrices d'acide lactique qui travaillent ensemble de manière symbiotique pour fermenter le yaourt (**Ayivi et al., 2022**). Bien qu'elles puissent se développer indépendamment dans le lait, leur combinaison est essentielle pour améliorer les propriétés texturales du yaourt en produisant des exopolysaccharides et en procurant des bienfaits pour la santé des consommateurs (**Ayivi et al., 2022 ; Rul et al., 2017**).

Horiuchi et Sasaki ont montré que la fermentation du yaourt avec ces bactéries, qui sont des anaérobies facultatifs, se déroule efficacement même en présence d'oxygène, car elles peuvent se développer dans des conditions aérobies et anaérobies.

1.3.1. *Lactobacillus bulgaricus*

Lactobacillus delbrueckii subsp. *bulgaricus* sont des bactéries lactique LAB à Gram positive est un probiotique sûr qui apporte des bienfaits pour la santé des êtres humains (**Adolfsson et al., 2004**). Il se développe de manière optimale à une plage de température de 43 à 46°C et peut s'associer à d'autres bactéries, comme *Streptococcus thermophilus*, pour fermenter le lait (**Icer et al., 2023**). *Lactobacillus delbrueckii* subsp. *bulgaricus* fermente les glucides pour produire de l'acide lactique comme principal sous-produit, composé à 95% d'acide D-lactique et 0,5% d'acide L-lactique (**Ayivi et al., 2022**). De plus, cette bactérie possède un vaste système de transport d'acides aminés et de protéolyse, ce qui améliore son efficacité métabolique dans les environnements riches en protéines (**Canon et al., 2020 ; Klaenhammer et al., 2008**). Elle présente également une croissance préférentielle dans les milieux riches en lactose et code diverses voies métaboliques pour soutenir son efficacité métabolique (**Nwamaioha et al., 2017**).

1.3.2. *Streptococcus thermophilus*

Streptococcus thermophilus est une bactérie gram-positive connue pour son métabolisme homofermentative où elle utilise l'Embden-Voie de Meyerhof pour fermenter le lactose et produire finalement des lactates (**Han et al., 2022**). Elle peut se développer à une température optimale de 42°C et est classée comme un anaérobie tolérant à l'air, appartenant au groupe salivaire qui inclut *S. Salivarius* et *S. Vestibularis* (**Gao et al., 2014**). *Streptococcus thermophilus* occupe une position unique dans l'industrie agroalimentaire en tant que bactérie

largement utilisée. Elle a été consommée par les humains pendant des siècles sans causer de maladies, ce qui lui a valu la reconnaissance en tant que bactérie généralement reconnue comme sûre (GRAS) par la Food and Drug Administration (FDA) (James et al., 2019). Dans la production de yaourt, elle joue un rôle central en produisant rapidement de l'acide lactique et contribue au développement de la fermentation secondaire, améliorant les qualités aromatiques et texturales des produits fermentés (**Roux et al., 2022**). Au-delà de son rôle dans la préparation du yaourt, *S. thermophilus* contribue également à la production de diverses variétés de fromages, notamment l'emmental, le camembert, la brie, la mozzarella et le parmesan (**Fox et al., 2004 ; Hols et al., 2005**).

1.4. Technologie de fabrication de yaourt

1.4.1. Réception du lait

Après la collecte du lait frais dans des citernes en acier inoxydable thermostatée, des analyses physico-chimiques et microbiologiques sont effectuées pour vérifier la qualité du lait, ensuite le lait est stocké dans des tanks réfrigérés à 4°C.

1.4.2. Standardisation du lait

La standardisation consiste à ajuster la teneur de la matière grasse du lait afin d'obtenir la teneur souhaitée. Selon le codex Alimentarius la quantité minimale de protéines du lait autorisée dans la production de yaourt est de 2,7 %, sauf pour le yaourt concentré, où la teneur minimale en peut atteindre 5,6 %. En outre, la teneur maximale autorisée pour les matières grasses dans le yaourt est de 15 %. Pour cela, il est nécessaire d'ajouter de la poudre de lait à 0% de matière grasse, ensuite incorporer de l'eau traitée, sucre et les arômes.

1.4.3. Homogénéisation

Cette étape est réalisée dans un tri-blender qui consiste à mélanger les ingrédients et a pour but de réduire le diamètre des globules gras du lait. L'homogénéisation du yaourt empêche le crémage ou la séparation des graisses pendant le processus de fermentation ou de stockage. En outre, elle augmente la blancheur, réduit la séparation du lactosérum et améliore la consistance du yaourt (**Lee et al., 2010**).

1.4.4. Pasteurisation :

C'est une étape indispensable dans le processus de fabrication. Une fois le mélange est préparé, il est soumis à une pasteurisation dans un pasteurisateur à plaque à 85°C pendant 10 à 20 secondes. Elle vise à réduire la charge banale et détruire les micro-organismes susceptibles d'altérer les propriétés du yaourt (**Lee et al .,2010**). Le lait pasteurisé est ramené à la

température de 45°C pour favoriser l'inoculation des ferments lactiques thermophiles (**Carole et Vignola, 2002**).

1.4.5. Ensemencement :

C'est l'inoculation dans le lait des deux germes spécifiques du yaourt, *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus* à des rapports 2/1 pour le yaourt nature et jusqu'à 10/1 pour les yaourts fruités (**Luquet, 1990**). Ces ferments lactiques sont responsables de la fermentation du lactose présents dans le lait en acide lactique.

1.4.6. Fermentation

Elle correspond au développement de l'acidité dans le yaourt. Cette phase se déroule à une température optimale de 42 à 45°C et sa durée dépend de l'activité des cultures, du taux d'ensemencement et de la vitesse de refroidissement (**Boudier, 1990**).

La fermentation du lait par les bactéries consiste à transformer le lactose en acide lactique qui, à son tour, réduit le pH du lait. Il est à noter que le pH du lait passe de 6,7 à 4,6 pendant l'acidification du lait (**Lee et al., 2010**).

1.4.7. Brassage :

Elle consiste à mélanger le lait coagulé afin de garantir une consistance homogène du yaourt et favoriser la texture lisse dans le cas de yaourt brassé.

1.4.8. Arrêt de fermentation

Une fois l'acidité du yaourt atteint 70 °D, il est nécessaire d'arrêter l'acidification en freinant l'activité des bactéries lactique en utilisant un refroidissement rapide à une température de 4±2°C.

1.4.9. Conditionnement :

Les yaourts sont conditionnés dans deux types d'emballages, le yaourt liquide dans des bouteilles (PET) de 1kg et pour le yaourt étuvé dans des pots de 800g.

1.4.10. Stockage :

Le produit fini est stocké dans des chambres froides à 4 °C à une durée qui ne dépasse pas une semaine pour assurer une bonne qualité hygiénique.

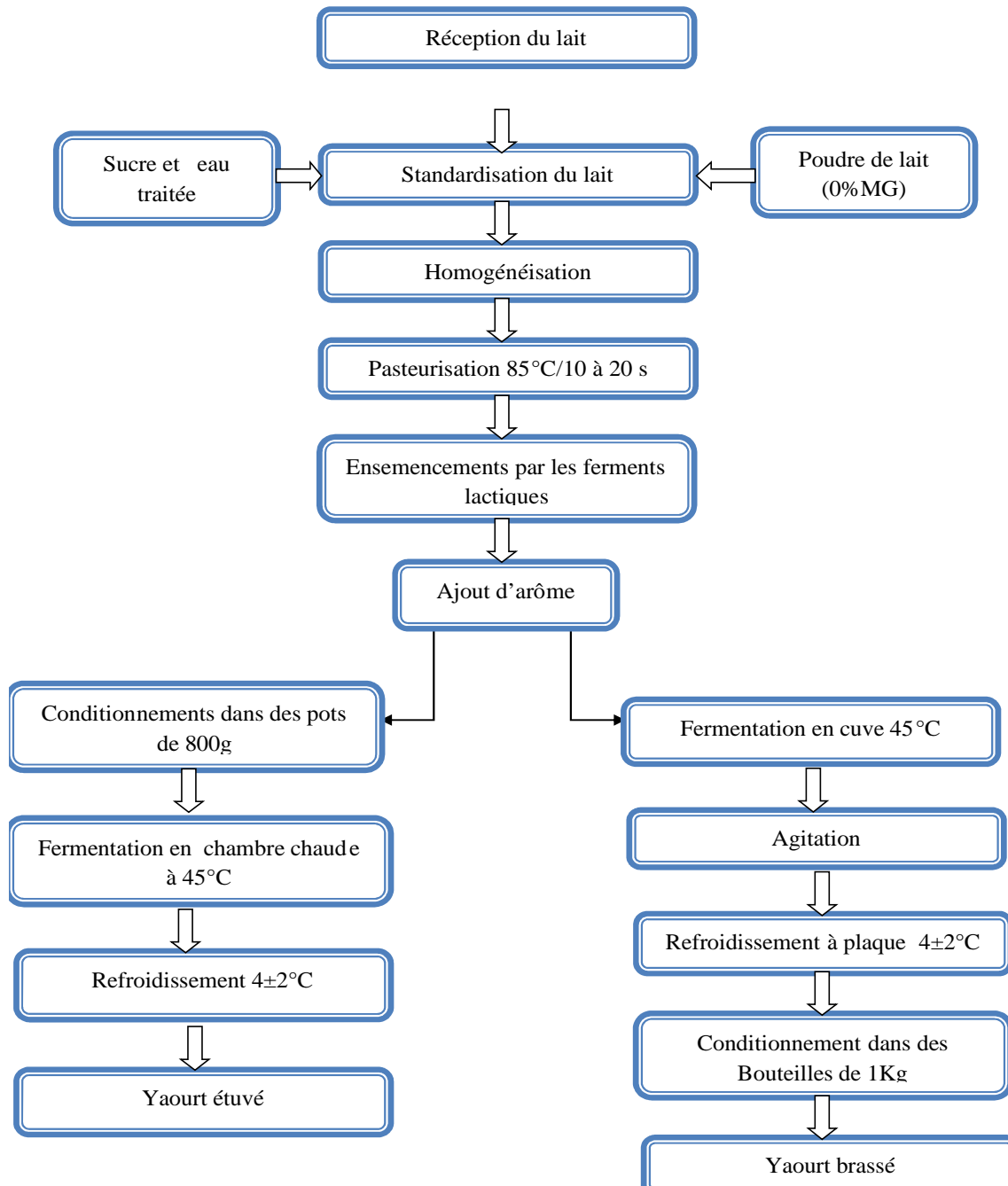


Figure 4 : Diagramme de technologie de fabrication du yaourt selon la laiterie MATINALE.

2. La mélasse

La mélasse est une confiserie traditionnelle largement préparée dans de nombreux pays méditerranéens, connue sous le nom de "Rub" en Tunisie, "Pekmez" en Turquie et "Débès" au Liban (Tounsi et al 2017). La mélasse de caroube est un concentré de jus (60-80°Brix) caractérisé par une couleur brun foncé. Elle est préparée par extraction à l'eau de la gousse ou de la pulpe et concentrée par ébullition dans des récipients ouverts ou sous vide (Sengül et al.,

2007 ; Tounsi et al. 2017). Il s'agit d'un aliment naturellement nutritif, contenant de grandes quantités de sucres (saccharose, glucose et fructose), de minéraux (potassium, calcium, magnésium, phosphore et fer) et d'acides organiques (acide citrique) (**Özcan et al., 2007 ; Sengül et al., 2007 ; Tetik et al., 2010, 2011**). C'est aussi une source naturelle de composés bioactifs, comme les polyphénols, le 5-hydroxyméthylfurfural et le D-pinitol, dotés d'activités biologiques et d'effets bénéfiques pour la santé, tels que la régulation de la glycémie (**Dhaouadi et al., 2014 ; Tetik et al., 2010, 2011 ; Toker et al., 2013**).

3. Dessert lacté (flan)

Selon le journal officiel le dessert lacté est fabriqué à partir de lait entier, écrémé ou partiellement écrémé, pasteurisé, stérilisé ou stérilisé UHT, auquel on ajoute du sucre sous forme de saccharose ou de dextrose, des arômes, ainsi que des stabilisants et gélatines autorisés ou de matières amylacées. Le lait gélifié aromatisé doit être conservé à une température inférieure ou égale à 6°C.



Etude expérimentale

Matériel et méthodes

Objectif du travail

Cette étude vise à explorer différentes voies de valorisation de la farine de caroube, en se concentrant sur son utilisation comme ingrédient fonctionnel dans la formulation de produits alimentaires tels que le yaourt, la mélasse et le flan. L'objectif est d'évaluer le potentiel d'incorporation de la poudre de caroube dans ces produits, tout en suivant les analyses physico-chimiques et microbiologiques pour garantir la qualité et la sécurité des produits finis.

1. Matériel

1.1. Matériel biologique

1.1.1. Caroube *Ceratonia Siliqua*

Les gousses de caroube utilisées dans cette étude ont été récoltées dans les régions d'Iferhounene et d'Azeffoun, situées dans la wilaya de Tizi-Ouzou. Elles ont été récoltées en août 2023 et stockées à l'abri de la lumière, jusqu'à leur utilisation ultérieure.

1.2. Matériel non biologique

Les équipements, les dispositifs et les réactifs et les milieux de cultures utilisés dans cette étude sont listés dans l'annexe 1.

1.3. Ingrédients

Les divers ingrédients utilisés sont :

Tableau III : les ingrédients employés dans la formulation des produits

Produits	Ingrédients
Le yaourt	Lait, poudre de lait, sucre, poudre de caroube, ferments lactiques, les arômes
La mélasse	Gousses de caroube et l'eau potable
Le flan	Lait, poudre de caroube, cacao, gélatine, sucre

2. Méthodes

2.1. Préparation de la poudre de caroube (Dhaouadi et al., 2014)

La figure 5 met l'accent sur les étapes de préparation de la poudre de caroube.

1. Lavage et triage de la caroube : les gousses de caroube sont triées pour éliminer les gousses endommagées ou moisies puis les lavées à l'eau pour enlever toute saleté et poussière.
2. Séchage des gousses de caroube : les gousses sont séchées au soleil à une durée de 24h pour réduire ou éliminer la teneur en eau.
3. Torréfaction des gousses : les gousses sont torréfiées dans le four à une température de 110°C pendant 15 minutes afin de réduire la teneur en eau, de faciliter la séparation de la pulpe des graines, et permet aussi le développement de l'arôme et de la couleur.
4. Séparation des graines : après refroidissement, les graines sont séparées de la pulpe en utilisant un coteau.
5. Broyage des gousses torréfiées : le broyage est réalisé dans un moulin à café électrique pour réduire la pulpe en fines particules.
6. Tamisage de la poudre : la poudre obtenue est ensuite tamisée à l'aide d'un tamis ayant le diamètre de 0.5mm pour séparer la poudre des grosses particules, et la stocker dans des barquettes.



(6)



(8)

Figure 5 : Les étapes de préparation de la farine de caroube.

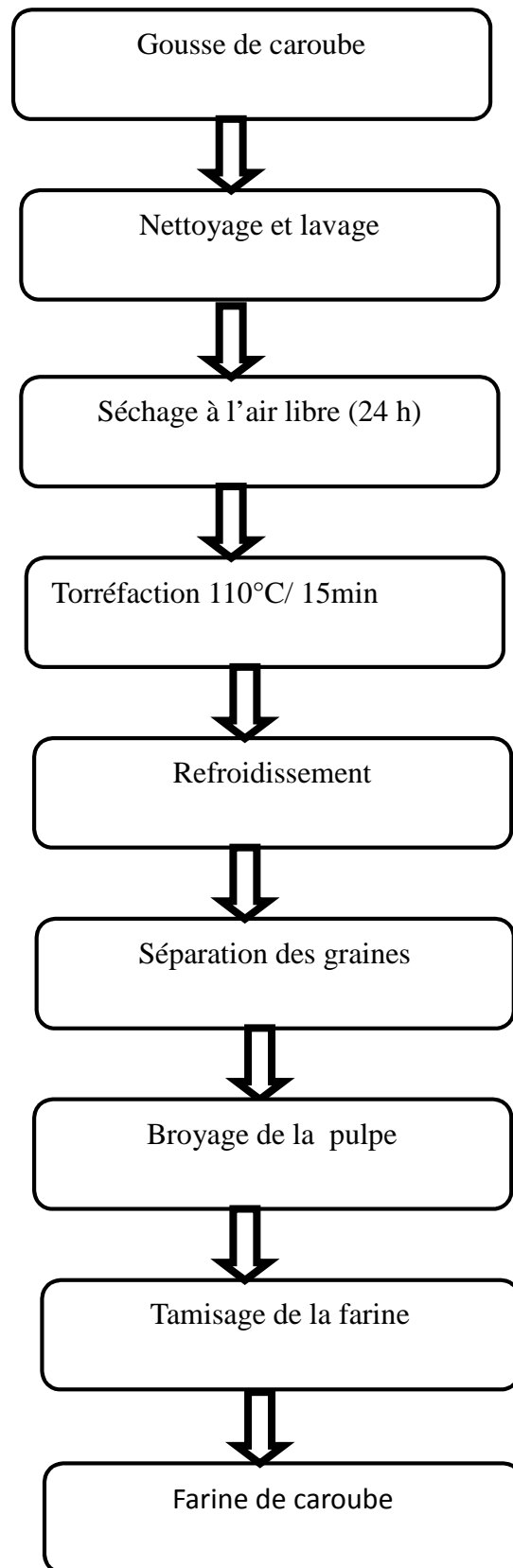


Figure 6 : Diagramme de fabrication de la farine de caroube.

2.1.1. Analyses physico-chimiques de la poudre de caroube

2.1.1.1. Mesure de l'acidité titrable

a. Principe

La mesure de l'acidité titrable est basée sur un dosage acido- basique d'un échantillon Avec une solution de l'hydroxyde de sodium NaOH [1/9] mesure la quantité d'acide présente dans l'échantillon, en présence d'un indicateur coloré adéquat (AFNOR, 1995).

b. Mode opératoire

- Préparer l'échantillon analysé 4,5 g de poudre de caroube dans 250 ml de l'eau distillé et agiter ;
- Prélever 10 ml de l'échantillon et l'introduit dans un bécher ;
- Ajouter 3 à4 gouttes de phénolphtaléine ;
- Titrer avec la solution de NaOH [1/9] tout en mélangeant mutuellement jusqu'à l'obtention d'une couleur rose pâle (point de virage) ;
- Noter le volume de la solution titrante ajoutée à l'échantillon.

c. Expression des résultats

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

$$AT = \frac{V \text{ NaOH} \times [\text{NaOH}]}{V \text{ échantillon}}$$

Dont :

AT : Acidité titrable en (Mol/L)

V (NaOH) : Volume de NaOH utilisé

[NaOH] : La concentration de NaOH utilisé

V (échantillon) : Volume de l'échantillon

2.1.1.2. Détermination du pH

a. Principe

Le pH est mesuré par un pH- mètre dont sa valeur est en fonction de la concentration des ions hydronium présents dans la solution (Geoffrey, 2011).

b. Mode opératoire :

- Peser 4,5g de poudre de caroube et l'introduire dans un bécher rempli de 250 ml d'eau distillée ;
- Agiter ;
- Rincer l'électrode par l'eau distillée et essuyer avec papier hygiénique puis étalonner préalablement le pH-mètre à l'aide des solutions tampons (pH=7,12 ; pH=4,4) ;
- Plonger l'électrode du pH-mètre après l'avoir rincé par l'eau distillée dans l'échantillon et relever la valeur du pH à la température ambiante.

2.2. Elaboration de yaourt brassé à base de caroube

Cette recherche vise à étudier l'impact de l'incorporation de la poudre de caroube à différents taux dans un yaourt brassé sur ses caractéristiques physico-chimiques, microbiologiques et sensorielles.

2.2.1. Préparation de yaourt à la caroube

Pour obtenir le produit final, nous avons effectué plusieurs essais. Lors du premier essaie nous avons incorpore 10 g de farine de caroube dans 180 ml de préparation du yaourt, puis le chauffer à 45°C la température optimale pour la croissance des ferments lactiques ,nous observons la floculation des protéines attribuables à la présence des acides phénoliques dans la poudre de caroube .Pour le deuxième essaie nous avons préparé d'abord le yaourt, chauffer la préparation du yaourt et le verser dans un flacon stérile de 180 ml puis l'ensemencer par des ferments lactiques et le placer dans une étuve à une durée de 8 h pour favoriser l'acidification (70°D), tout en analysent les paramètres physico –chimiques puis on incorpore 4,5 g de farine de caroube et on agite.

Une autre préparation est réalisée spécifiquement pour effectuer les analyses physico-chimiques et microbiologiques. La figure 7 mentionnée ci- dessous révèle les étapes de fabrication du yaourt à base de caroube.



Figure 7 : Photographie représentant les essais de formulation des yaourts fortifié avec la caroube

2.2.2. Analyses physico–chimiques de yaourt

Ces analyses ont été effectuées avant et après l'incorporation de la farine de caroube.

2.2.2.1. Détermination du pH

a. Principe :

Le pH est mesuré par un pH- mètre dont sa valeur est en fonction de la concentration des ions hydronium présents dans la solution (**Geoffrey, 2011**).

b. Mode opératoire :

- Rincer l'électrode par l'eau distillée et essuyer avec papier hygiénique
- Etalonner préalablement le pH-mètre à l'aide des solutions tampons (pH=7,12 ; pH=4,4), agiter l'échantillon du yaourt puis plonger l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon
- Relever la valeur du pH à la température ambiante.

2.2.2.2. Mesure de l'acidité titrable

a. Principe

La mesure de l'acidité titrable est basée sur un dosage acido- basique d'un échantillon du yaourt Avec une solution de NaOH en présence d'un indicateur coloré adéquat (AFNOR, 1995). L'acidité normale du yaourt est comprise entre 75 et 100°D.

b. Mode opératoire

- Prélever 10ml du yaourt à l'aide d'une pipette et l'introduire dans un bécher ;
- Ajouter 3à 4 gouttes de phénolphtaléine ;
- Titrer avec la solution de NaOH [1/9] tout en mélangeant musellement jusqu'à l'obtention d'une couleur rose pale (point de virage) ;
- Noter le volume de la solution titrante ajoutée à l'échantillon.

c. Expression des résultats

L'acidité exprimée en acide lactique est donnée par la relation suivante :

$$AT = \frac{V \text{ NaOH} \times [\text{NaOH}]}{V \text{ échantillon}}$$

Dont :

AT : Acidité titrable en (Mol/L).

V (NaOH) : Volume de NaOH utilisé.

[NaOH] : La concentration de NaOH utilisé.

V (échantillon) : Volume de l'échantillon.

2.2.2.3. Degrés Brix

Le degré brix (%) est une unité de mesure de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (**Cendres, 2011**).

a. Principe

Le degré Brix est mesuré à l'aide d'un réfractomètre (**Bernard et al., 2012**).

b. Mode opératoire

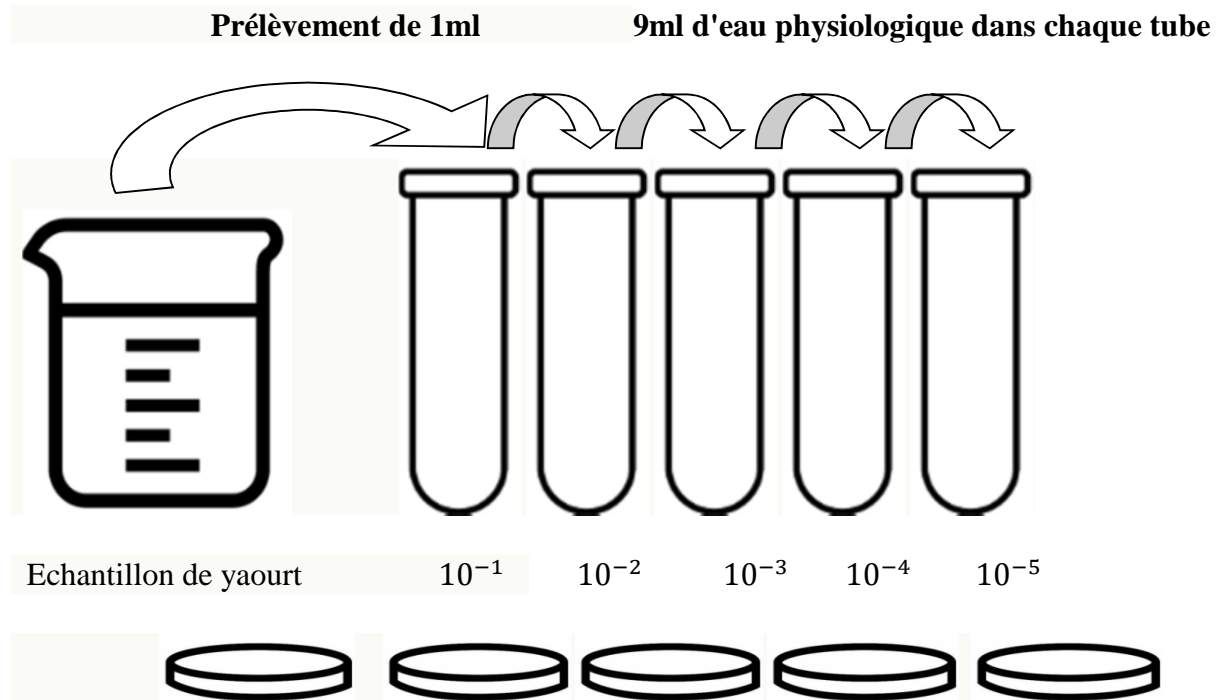
- Nettoyer et sécher le prisme en utilisant l'eau distillée et de papier absorbant ;
- Appliquer quelque goutte de yaourt ;
- Orienter l'appareil vers la lumière et regarder à travers l'oculaire du réfractomètre et lire la valeur indiquée sur l'échelle du réfractomètre ou se trouve la ligne de réfraction.

2.2.3. Analyses microbiologiques de yaourt

Les analyses microbiologiques ont été effectuées conformément au protocole de la laiterie MATINALE tel que décrit dans le journal officiel de la république algérienne (Annexe II et III).

2.2.3.1. Dilution en sérié

Pour analyser la qualité microbiologique du yaourt enrichi avec la poudre de caroube, il est nécessaire de réaliser des dilutions en sérié pour les deux échantillons : l'un sans incorporation de farine de caroube et l'autre avec incorporation de farine de caroube. Pour cela, il est important de bien mélanger le yaourt avant de l'ouvrir pour le fluidifier. Ensuite, on prélève 1 ml de yaourt que l'on place dans des tubes stériles contenant chacun 9 ml d'eau physiologique, et ce jusqu'à atteindre une dilution finale de 10^{-5} .



2.2.3.2. Dénombrement de la Flore Mésophile Aérobie Totale

a. Principe :

La flore aérobie mésophile a été dénombrée par comptage des colonies après culture sur PCAensemencées et incubées pendant 3 jours à 30 °C. Cette méthode est la plus courante et la plus pratique pour établir le niveau de contamination globale du lait (FAO, 1995)

b. Mode opératoire ;

- Prélever 1ml de chaque échantillon à partir des dilutions 10^{-1} à l'aide d'une pipette graduée stérile et l'ensemencer dans une boîte de Pétri stérile ;
- Ajouter 15 ml de la gélose PCA dans chaque boîte Pétri content l'inoculum ;
- Homogénéiser doucement par mouvement de rotations en huit ;
- Laisser solidifier ;
- Incubation à 30°C durant 72 heures.

c. Lecture :

Ces bactéries se traduisent par l'apparition de colonies blanchâtres en masse à la surface de la gélose PCA, le comptage se fait sur des boîtes de Pétri contenant entre 15 et 300 colonies

$$\frac{\sum C V}{(n1 + 0,1 n2) d}$$

$\sum c$: somme totale des colonies comptées.

n1 : nombre de boîtes comptées dans la première dilution.

n2: nombre de boîtes comptées dans la seconde dilution.

V : volume de solution déposée (1ml).

d : le facteur de dilution partir duquel les premiers comptages ont été obtenus.

2.2.3.3. Recherche et dénombrement des staphylocoques (J.O.R.A N°68-2014)

a. Principe :

Le milieu Baird –Parker utilisé dans l'isolement sélectif de *staphylococcus aureus* ne supprime pas complètement la croissance d'autres organismes. Ce milieu contient du jaune d'œuf qui est apporté au moment du coulage du milieu et il est composé de tellurite (dioxyde de tellure TeO_2) (Devries ,1981).

b. Mode opératoire

- Prélever 0,1ml de chaque échantillon à partir des dilutions 10^{-1} à l'aide d'une pipette graduée stérile ;
- Ensemencement sur la gélose de Baird Parker à l'aide d'un râteau ;
- Incubation à 37°C pendant 48heures ;
- Comptage sur les boîtes de Pétri ayant entre 15 et 300 colonies

c. Lecture :

Les colonies de staphylococcus aureus sont détectées des autres colonies bactériennes sur les plaques d'isolement à l'aide de deux réactions marqueurs sélectives : la réduction de tellurite en tellure qui donne un aspect noir caractéristique aux colonies et la réaction de lécithinase qui produit une zone opaque dans le halo transparent. Le nombre de germes par ml ou par g de produit est calculé par la formule suivante

$$X=N.(1/D). (1/V)$$

Soit :

X : nombre de germe (UFC) par «ml» ou « g de produit.

V : volume de l'inoculum.

N : nombre de colonies.

D : facteur de dilution ou la dilution considéré

2.2.3.4. Recherche et dénombrement de salmonelles (J.O.R.A. N°42 -2005)

a. Principe :

Le nombre de salmonelles étant en générale faible dans le produit, il est nécessaire de procéder à un pré –enrichissement et un enrichissement puis isolement dans un milieu sélectif (Guirand, 1998)

b. Mode opératoire

- Pré- enrichissement : prélever 25 ml de yaourt dans 225ml d'eau peptonée et incuber à 35-37c° durant 16-20 heures ;
- Enrichissement : mettre 10 ml d'eau peptonée dans 100 ml du bouillon sélénite puis incuber à 37c° pendant 24 heures ;
- Prélever 100µl du bouillon sélénite à l'aide d'une micropipette ;
- Ensemencer le milieu SS à l'aide d'un râteau ;
- Incuber à 37°C pendant 24 à 48 heures.

c. Lecture :

Les colonies de salmonella sur gélose sélective SS (salmonella-Shigella) se distinguent par leur aspect incolore avec un centre noir.

2.2.3.5. Recherche et dénombrement de levures et moisissures (J.O.R.A N°42-2015).

a. Principe :

Les levures et les moisissures sont des microorganismes qui, après ensemencement en surface sur un milieu inhibiteur pour les bactéries aérobies (gélose Sabouraud), forment des colonies après incubations à 25°C pendant 5 jours (NF V 03-454,1981)

b. Mode opératoire

- Mettre 15ml de la gélose Sabouraud dans les boîtes de Pétri ;
- Après solidification de la gélose, on verse 0,1 ml de chaque dilution dans chaque boîte préparée ;
- Ensemencer en surface à l'aide d'un râteau;
- Incubées à 25°C pendant 5j.

c. Lecture :

Les colonies des levures sont bouillantes, rondes et bondées, de couleurs différentes, de formes convexes ou plates et souvent opaques.

Les colonies de moisissures sont épaisses, filamenteuses, pigmentées ou non, à aspect velouté et sont plus grandes.

2.2.3.6. Recherche et dénombrement des Enterobacteriaceae (ISO 21528-2, 2017)

a. Mode opératoire

- Verser 15 ml de la gélose VRBG dans des boîtes de Pétri stériles et laisser solidifier à température ambiante;
- Prélever 1ml de chaque dilution et l'ensemencer dans des boîtes de Pétri stériles;
- Homogénéiser délicatement en effectuant des mouvements circulaires en huit;
- Ajouter une fine couche de gélose VRBG;
- Incuber à 37°C pendantes 24h.

b. Lecture :

Les colonies caractéristiques des Enterobacteriaceae apparaissent avec une coloration rouge à pourpre avec une zone précipitée de bile sur la gélose sélective.

2.2.4. Processus de fabrication de yaourt

Préparation de quatre (4) bouteilles en PET d'un litre : trois bouteilles sont destinées au yaourt brassé à déguster, et la quatrième bouteille est réservée pour les analyses physico-chimiques ;

▪ **Préparation du yaourt :**

Le lait frais destiné à la fabrication du yaourt est standardisé en ajoutant de la poudre de lait entièrement écrémé, et du sucre. Ensuite, il subit une pasteurisation à 85°C pendant 15 à 20 secondes, puis est refroidi. On obtient ainsi une préparation de yaourt spécifique à la laiterie matinale, en respectant les propriétés physico-chimiques requises ;

▪ **Ensemencement des ferments lactiques :**

Une fois pasteurisé et refroidi à 45°C, on verse la préparation dans des bouteilles de 1L, puis ajouter les ferments *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus* à des concentrations spécifiques à la laiterie et agiter pendant quelques minutes ;

▪ **La fermentation :**

Après agitation, les bouteilles sont placées dans une étuve à 45°C pendant 3 heures (temps nécessaire pour avoir 70°D). Tout au long de cette période, des échantillons sont prélevés pour suivre l'avancement de la fermentation en analysant l'acidité et le pH ;

▪ **L'incorporation de la farine de caroube :**

On incorpore la farine de caroube à des concentrations différentes, ainsi que les arômes de banane et de fraise.

▪ **Refroidissements**

Pour arrêter la fermentation, les bouteilles sont mises au réfrigérateur à 4°C.

La figure 8 résume les étapes de fabrication de yaourt à base de farine de caroube.

Composition des échantillons :

Les quantités mentionnées ci-dessus correspondent à des valeurs pour une bouteille d'un litre :

- Echantillon 01 : 1L de préparation du yaourt +ferments lactiques + 9 g poudre de caroube.
- Echantillon 02 : 1L de Préparation du yaourt + ferments lactiques + 18 g de poudre de caroube + arôme banane.
- Echantillon 03 de : 1L Préparation du yaourt + ferments lactiques + 18 g de poudre caroube +arôme fraise.

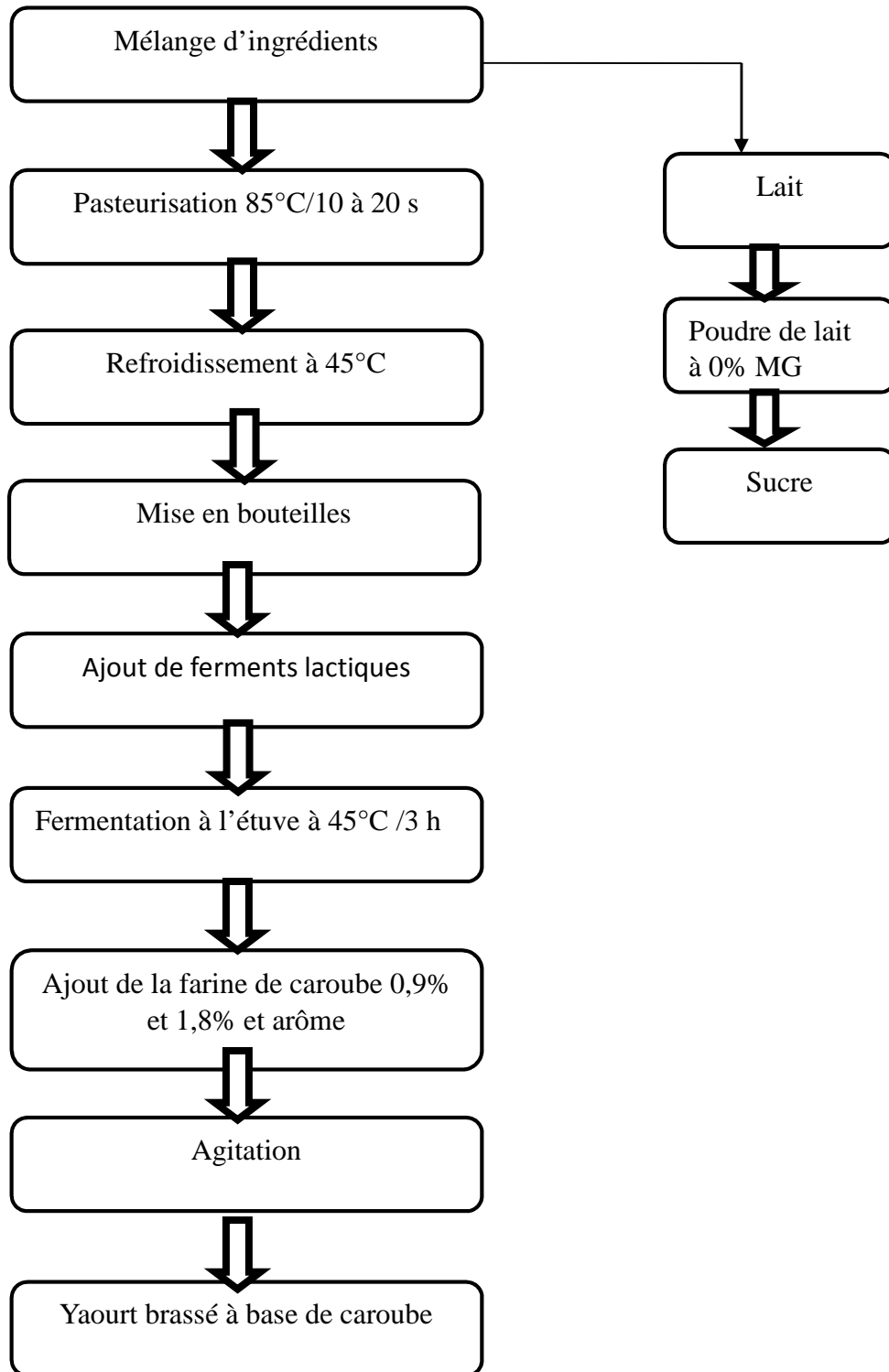


Figure 8: Diagramme de fabrication du yaourt brassé à base de caroube.

2.3. Préparation de la mélasse de caroube

L'objectif de ce travail consiste à la fabrication de la mélasse à partir de la pulpe de caroube (*Ceratonia siliqua*) de la région d'azeffoun.

2.3.1. Processus de fabrication

La préparation de la mélasse se devise en deux principales étapes : la macération et la concentration du jus, comme le montre la figure 9.

Les étapes de fabrication de la mélasse sont les suivants :

1. Nettoyer les gousses de caroube avec de l'eau pour éliminer les impuretés (photos 1 de la figure 9)
2. Séparer les graines de pulpe, la découper en petits morceaux de 2 à 3 cm environ (photos 2 de la figure 9);
3. Peser 800 g de caroube concassée et les mettre dans un récipient ;
4. Chauffer 3L d'eau dans une casserole à l'aide d'une plaque chauffante jusqu'à l'ébullition ;
5. Tremper les morceaux de pulpes de caroube dans l'eau bouillante pendant 24 heures à une température ambiante (photo 3 de la figure 9) ;
6. Transvaser le contenu du récipient dans un bol à travers un tamis ou une passoire fine de diamètre de 5mm pour séparer les gousses du liquide ;
7. Versez le liquide filtré dans une casserole et portez à ébullition à feu moyen pendant 5h à une température jusqu'à l'obtention d'un sirop épais et dense (photo 5 de la figure 9) ;
8. Retirez la casserole du feu et laissez refroidir pendant 20 minutes ;
9. Versez le sirop dans un bocal en verre stérilisé et laissez refroidir à température ambiante (photo 6 de la figure 9).

Le diagramme 10 récapitule les étapes de fabrication de la mélasse



Figure 9 : Etapes de préparation de la mélasse de la caroube.

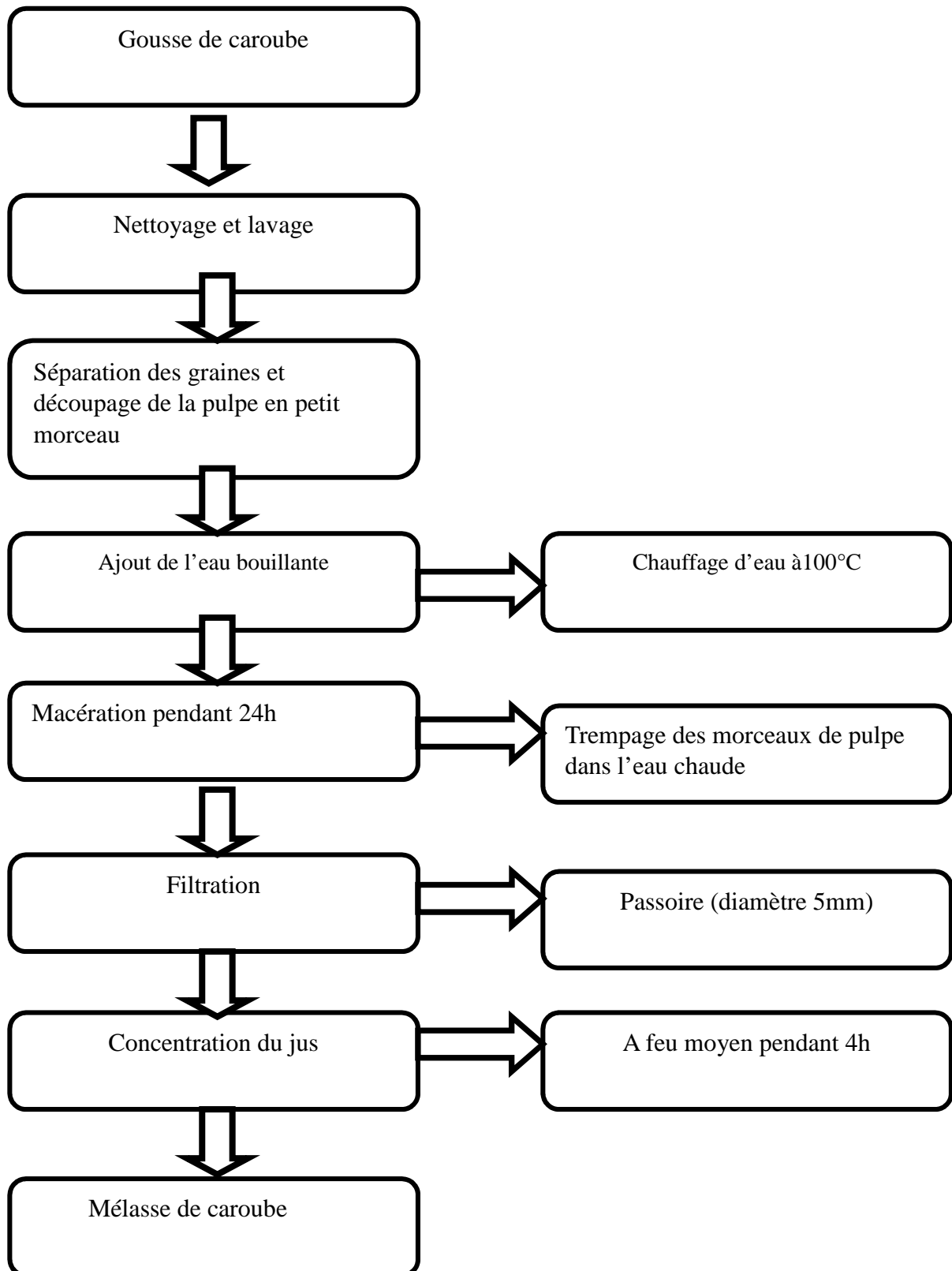


Figure 10: Diagramme de fabrication de la mélasse de caroube.

2.3.2. Analyses physico-chimiques de la mélasse de caroube

2.3.2.1. Détermination du pH

Mesure par un pH-mètre :

a. Principe :

Le pH est mesuré par un pH- mètre dont sa valeur est en fonction de la concentration des ions hydronium présents dans la solution (**Geoffrey ,2011**).

b. Mode opératoire

- Rincer l'électrode par l'eau distillée.
- Etalonner le pH-mètre à l'aide des solutions tampons (pH=7,12 ; pH=4,4).
- Placer l'électrode du pH-mètre dans l'échantillon de la mélasse.
- Puis relever la valeur du pH à la température ambiante.

Détermination du pH par les bandelettes :

a. Principe

Mesure de pH à l'aide des bandelettes

b. Mode opératoire

- Plonger la bandelette dans la mélasse ;
- Apercevoir l'apparition d'une couleur bleu foncé après 15 secondes ;
- Comparer la couleur obtenue aux couleurs de références ;
- Le pH correspond à la valeur 5.

2.3.2.2. Degrés Brix

a. Principe

Le degré Brix (%) est une unité de mesure de la concentration des solides solubles contenus dans un échantillon (**Cendres, 2011**).

Il est mesuré à l'aide d'un réfractomètre (**Bernard et al.,2012**).

b. Mode opératoire

- Nettoyer le refractomètre avec l'eau distillé ;
- Nettoyer et sécher le prisme en utilisant l'eau distillé et de papier absorbant ;
- Appliquer quelque goutte de mélasse ;
- Déplacer la lunette de visée vers la lumière pour que la ligne de séparation de plage claire et de plage sombre se situe à la croisée de fils réticulés ;
- Lire l'indice de réfraction.

2.3.2.3. Mesure de la viscosité dynamique

a. Principe

La viscosité de la mélasse est mesurée en employant un viscosimètre Gilmont de type à chute de bille référence 35328.

b. Mode opératoire :

- Remplir le cylindre avec de la mélasse ;
- Renverser le cylindre ;
- Chronométrer pour mesurer le temps de chute de la bille ;

Formule viscosité

$$\mu = k \times (\rho_1 - \rho) \times t$$

μ = unité de viscosité en centpoise

K = constante de la bille métallique du viscosimètre (35)

ρ_1 = la masse volumique de la bille métallique (la densité de la bille = 8,02g /ml)

ρ = la masse volumique de la mélasse = 0,87g /ml = 0,87Kg /L (la densité de la mélasse)

t = le temps de descente en minutes entre les deux repères

2.4. Préparation du flan à base de caroube

2.4.1. Essai de formulation du flan à base de caroube

L'objectif de ce travail consiste à un essai de formulation de trois (3) différents échantillons du flan à base de la farine de caroube avec diverses concentrations.

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
100% caroube	50% caroube	75% caroube
	50% cacao	25% cacao

2.4.1.1. Composition des échantillons

Tableau IV : Composition des différents échantillons du flan.

Ingredients	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Poudre de caroube	144 g	72 g	108 g
Cacao		72 g	36 g
Lait	2 L	2 L	2
Gélatine	31,2 g	31,2	31,2 g
Sucre	40 g	40 g	40 g

2.4.1.2. Processus de fabrication du flan

Les étapes de préparation sont les suivants :

La figure 11 et le diagramme 12 révèlent les étapes de fabrication du flan à base de caroube.

- Mélanger le lait et la poudre de caroube dans un récipient et laisser macérer pendant 1 heure ;
- Filtrer le mélange obtenu par une passoire de 5 mm de diamètre ;
- Ajouter le sucre et agiter le mélange ;
- Transvaser le contenu du récipient dans une casserole ;
- Chauffer le mélange à feu moyen jusqu' à l'ébullition et laisser refroidir,
- Préparer la gélatine (tromper dans l'eau froide pendant 5 minutes) ;
- Ajouter la gélatine au mélange et le bien agiter pour faire fondre la gélatine ;
- Verser le flan dans des gobelets.



Figure11 : Etapes de préparation du flan à base de caroube.

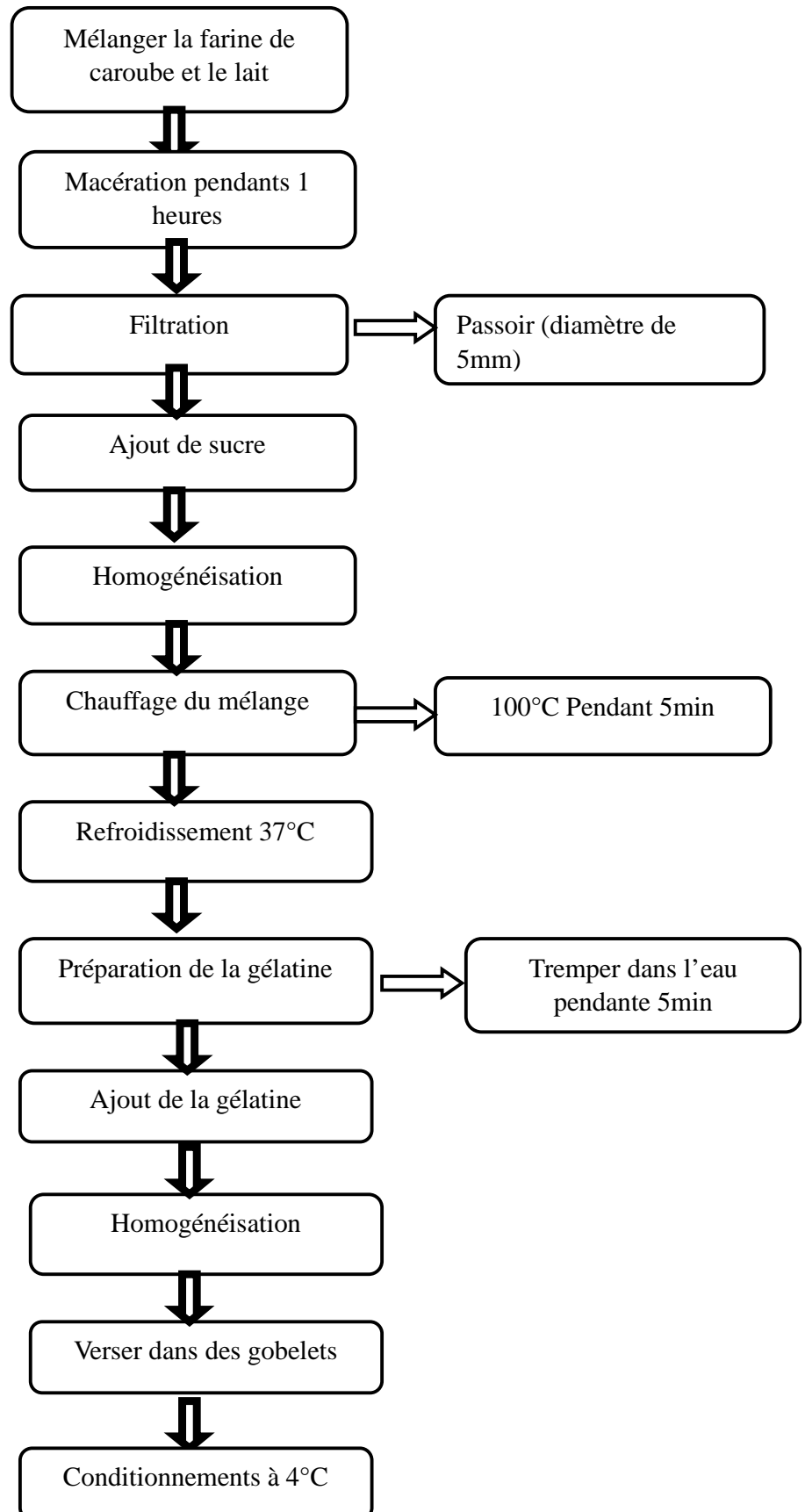


Figure12 : Diagramme de fabrication du flan de caroube.

2.5. Analyses sensorielles :

L'analyse sensorielle est l'examen des propriétés organoleptiques d'un produit par les organes des sens (la norme NF iso 5492) qui permettent de mesurer la qualité, la saveur, la texture et d'autres aspects perceptibles d'un produit, afin d'assurer sa conformité aux normes et aux attentes des consommateurs.

Une fois les produits sont préparés, ils ont été soumis à des analyses physico-chimiques et microbiologiques et pour garantir que nos produits soient bien acceptés par les consommateurs, nous avons organisé une séance de dégustation dans le département d'agronomie et de science alimentaire de l'université de Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou. Cette dégustation nous a permis d'évaluer la qualité sensorielle. Un panel de 45 dégustateurs a participé, recevant des échantillons de chaque produit de manière anonyme. Les personnes chargées de l'évaluation sensorielle devaient se rincer la bouche avec de l'eau, cela permettait d'ôter toute trace de saveur de l'échantillon précédemment dégusté. Ils devaient également remplir une fiche d'analyse pour chaque produit testé, en notant leurs impressions et observations, comme le montre la figure 13.



Figure 13 : Photographies présentant la dégustation des produits valorisés

2.6. Analyses statistiques

Les analyses statistiques des paramètres sensorielles ont été effectuées en utilisant les logiciels SPSS et JASP versions 2023 ; c'est une analyse statistique quantitative qui se base sur les deux tests : l'Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et la Corrélacion de Spearman.

Le test de corrélation de rang de Spearman fait partie des statistiques non paramétriques. Il vise à examiner la relation entre deux variables ordinales ou des variables quantitatives qui ne suivent pas la distribution normale.

Le test l'analyse Factorielle des Correspondances : il est utilisé pour analyser les relations entre deux variables qualitatives et il permet de visualiser graphiquement les données dans un espace à dimension réduites tout en conservant au maximum la variance.

A decorative horizontal border with a scroll-like appearance on the left and right sides, containing the text "Résultats et discussion".

Résultats et discussion

1. Résultats des analyses physico-chimiques de la farine de caroube

Tableau v : le Ph et l'acidité titrable et la poudre de caroube

Paramètre	Valeur
PH	4,35
Acidité titrable	7×10^{-3} M /L 0,28g/L

Le résultat concernant le potentiel hydrogène est similaire à celui obtenu par **Yousif et Alghzawi en 2000**, qui avaient mesuré une valeur de 4,81. Cependant, il est inférieur au résultat obtenu par **Boublenza et al., 2017**, qui avaient rapporté une valeur de $5,5 \pm 0,1$.

L'acidité titrable de la solution de farine de caroube est nettement supérieure à 0, ce qui indique la présence des acides phénoliques qui confèrent de l'acidité à la solution de la poudre de caroube. (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Cavdarova et al., 2014**),

La solution de la poudre de caroube est acide et se la peut s'expliquer par la richesse de la pulpe de caroube de composés phénoliques suivants : les acides phénoliques, les gallotannins et les flavonoïdes. Leurs concentrations varie considérablement en fonction de la composition chimique du fruit, du temps de la récolte et les conditions environnementales (**Owet et al., 2003 ; Ayaz et al., 2007 ; Biner et al., 2007**), allons de 45 g à 5376 mg d'équivalents d'acide gallique par 100 g (**Papagiannopoulos et al., 2004 ; Cavdarova et al., 2014**).

2. Résultat des analyses physico-chimiques du yaourt à base de caroube

2.1. La fermentation

2.1.1. Résultats du control de l'acidité titrable, le pH et le degré Brix

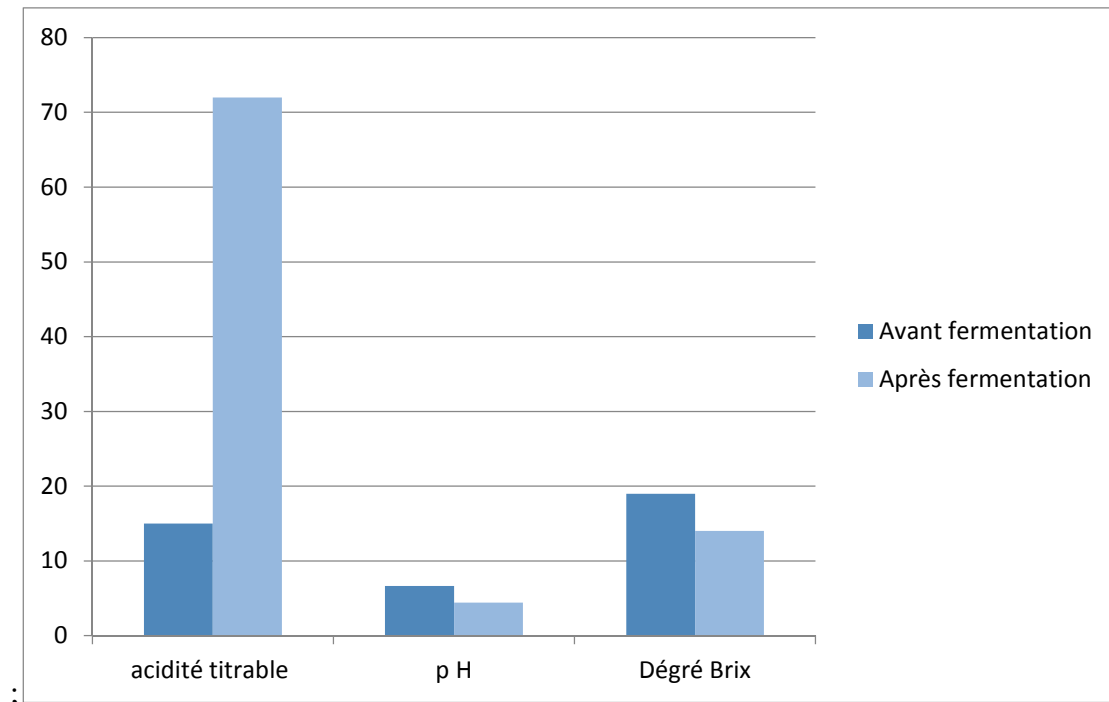


Figure 16: Résultats de l'évolution de la fermentation.

Les résultats obtenus concernant l'acidité titrable, le pH et le degré Brix sont en concordance avec les résultats de la laiterie matinale en référence à la réglementation en vigueur **Journal Officiel de La République Algérienne N°6 (2021)**.

Avant la fermentation, le pH du yaourt a été établi à 6,65, mais suite au processus de fermentation, on a enregistré une baisse significative, atteignant 4,44. La valeur pH du yaourt est conforme aux spécifications de la Food and Drug Administration (FDA) qui stipulent que le yaourt doit avoir un pH maximum de 4,5 **Weerathilake et al., (2014)**. En ce qui concerne l'acidité titrable, celle-ci a manifestement augmenté de 15 à 72 °D après une période de fermentation de 8 heures. Il est à noter que le **Journal Officiel de la République Algérienne (J.O.R.A)** définit une valeur minimale d'acidité titrable acceptable de 0,7% (70 °D), tandis que le Codex Alimentarius stipule une valeur maximale de 1,0% (100 °D). Enfin, le degré Brix du yaourt a montré une diminution, passant de 19 à 14, ce qui peut indiquer des changements dans la composition du yaourt suite à la fermentation.

Les résultats obtenus concernant le pH et l'acidité titrable sont proches des valeurs de **Matela et al. 2019**, sachant qu'ils ont obtenu des valeurs de pH variant entre 4,22 -3,94 et des valeurs de l'acidité titrable oscillant entre 0,69-1,81% cette petite différence peut s'expliquer

par la différence dans la composition chimique du lait, sa provenance et les types des souches des ferments lactiques utilisés.

L'acidité titrable évalue la quantité totale d'acides présentes dans le yaourt, tandis que le pH est une mesure de la concentration en ions hydrogène (H^+) dans le milieu de fermentation plus précisément de l'acidité ou de l'alcalinité d'une solution. Pendant la fermentation, les micro-organismes, notamment les bactéries lactiques, métabolisent les sucres pour produire des acides organiques comme l'acide lactique. (Gibson et al., 2007).

La diminution progressive du pH et l'augmentation de l'acidité titrable est due à la transformation du lactose en acide lactique lors de la fermentation par les bactéries *Lactobacillus bulgaricus* et *Streptococcus thermophilus*.

L'acide lactique produit par ce processus provoque la diminution du pH. En revanche, l'acidité titrable augmente en raison de la production de l'acide lactique. La texture et la structure du yaourt sont le résultat de la précipitation isoélectrique des caséines induite par l'acide. Au cours de ce processus, de petites quantités de sous-produits sont également produites pour donner au yaourt son arôme et sa saveur spécifiques (Cheng, 2010). La diminution du pH après fermentation est attribuée à l'accumulation d'acide lactique issu du métabolisme des bactéries lactiques qui continuent de croître simultanément (Accolas et al., 1977). La production d'acide lactique s'accompagne d'une baisse correspondante du pH. La plupart des producteurs ont un point de consigne entre 4,0 et 4,6 pH, où la fermentation est arrêtée par un refroidissement rapide. La quantité d'acide lactique présente à ce niveau de pH est idéale pour un yaourt, lui conférant son goût acidulé caractéristique, favorisant l'épaississement et agissant comme conservateur contre les souches indésirables de bactéries Masulli et al., (2016).

Les yaourts sont produits par fermentation anaérobie du lactose présent dans le lait par les cultures bactériennes *Streptococcus thermophilus* et *Lactobacillus bulgaricus*. La combinaison de ces deux cultures entretient une relation symbiotique. *S. thermophilus* produit de l'acide folique, de l'acide formique, du CO_2 , etc. au stade initial. La production de ces substances chimiques favorise la croissance de *Lactobacillus delbrueckii ssp. Bulgaricus*. D'autre part, *Lactobacillus delbrueckii ssp. bulgaricus* produit des acides aminés libres et de petits peptides, qui contribuent à la croissance de *Streptococcus thermophilus* (Aswal et al., 2012).

Avant le début du processus de fermentation, le degré Brix du mélange du yaourt était de 19°D. Cependant, au cours de la fermentation, une diminution progressive de cette valeur a été observée. Après la fermentation, le degré Brix final mesuré a été de 14°D, soit une baisse significative par rapport à la valeur initiale. La diminution du degré Brix pendant la fermentation s'explique par le fait que les bactéries lactiques utilisent les sucres comme leur principale source de carbone pour alimenter leur métabolisme énergétique et produire de l'acide lactique (Wang et al.,2021).

2.2. L'incorporation de la poudre de caroube dans le yaourt

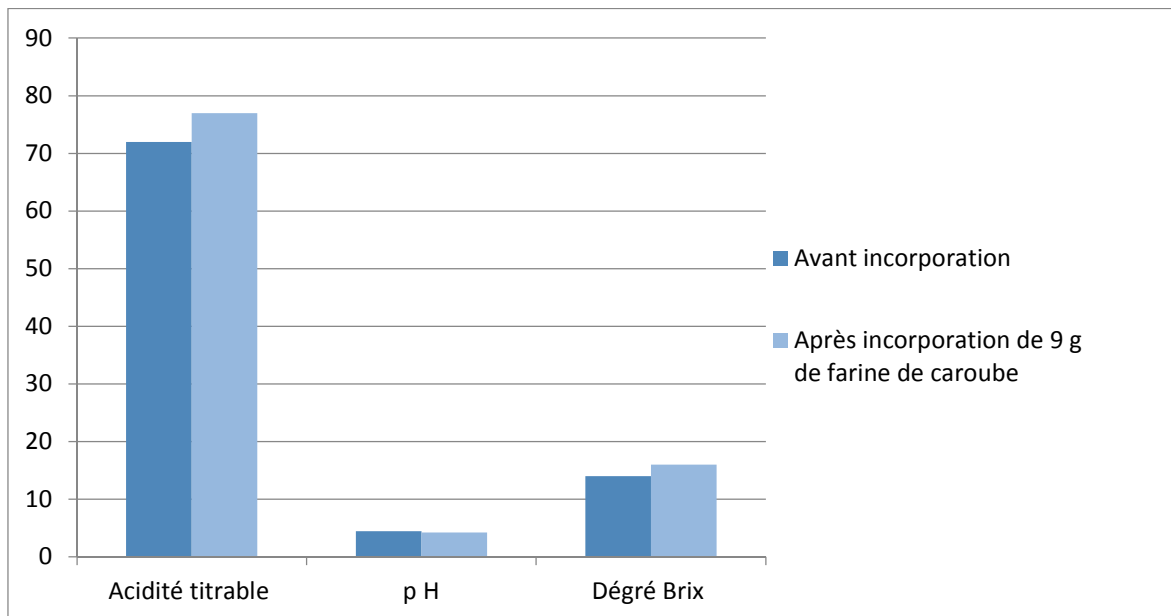


Figure 17: Evolutions des paramètres physico chimiques après incorporations 9g de la farine de caroube.

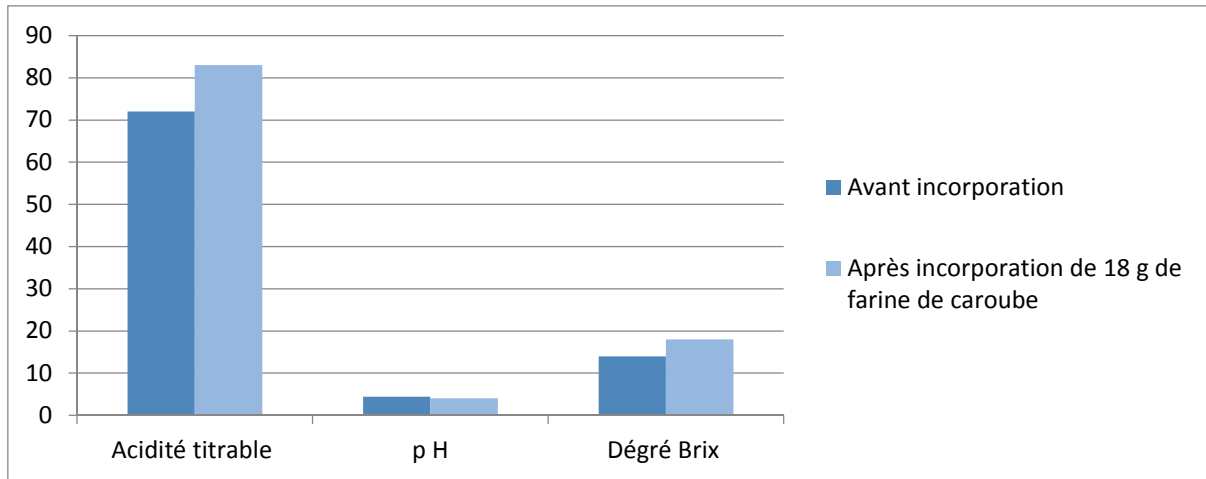


Figure 18: Evolutions des paramètres physico-chimiques après incorporations 18g de farine de caroube.

Les graphiques présentés illustrent les variations du pH, de l'acidité titrable et du degré Brix en fonction de la quantité de farine de caroube incorporée. Ces graphiques montrent clairement la tendance à la diminution du pH, l'augmentation de l'acidité titrable et la hausse du degré Brix avec l'ajout progressif de farine de caroube.

Avant l'ajout de la farine de caroube, le pH du yaourt a été mesuré à 4,44, tandis que l'acidité titrable a été de 72°D. Le degré Brix, qui mesure la concentration de sucres dissous, a été de 14. Lors de l'incorporation de 9 g de poudre de caroube dans le deuxième échantillon, une diminution du pH à 4,24 a été observée, accompagnée d'une augmentation de l'acidité titrable à 77°D. De plus, le degré Brix a été passé de 14 à 16, indiquant une augmentation de la concentration en sucres solubles et la teneur en solides totaux. Dans le troisième échantillon, l'incorporation de 18 g de poudre de caroube a entraîné une baisse encore plus prononcée du pH, qui a atteint 4,06, et une augmentation de l'acidité titrable à 83°D. Le degré Brix a encore augmenté, passant de 14 à 18. Ces variations indiquent que la farine de caroube introduit des composés acides et des sucres dans le yaourt, Plus la quantité de farine de caroube ajoutée est élevée, plus le pH diminue, l'acidité titrable augmente et le degré Brix s'élève.

Les résultats que l'on a obtenus concernant le pH et l'acidité titrable concordent avec les résultats de **Guler-Akin et al. (2016)** et **Elmehrach et al., (2019)** ;

Elmehrach et al., (2019) ont montré que les plus hautes valeurs de l'acidité titrable sont observées dans les yaourts fortifiés avec la farine de caroube. Par ailleurs l'acidité titrable dans les yaourts fortifiés avec la poudre de caroube augmente avec l'élévation du taux d'incorporation.

Les plus hautes valeurs de l'acide lactique ont été obtenues avec des yaourts supplémentés à 2% de poudre de caroube et ceux-ci sont en concordances avec nos résultats.

En outre de nombreuses recherches ont prouvé une influence positive des substances phytochimique sur la croissance et l'aptitude d'acidification des ferments lactiques **Cakmakci et al., (2014) ; Amerinasab et al., (2015) et Sah BNP et al., (2016)**.

L'augmentation des valeurs d'acide lactique après incorporation de la caroube lors de la fabrication de yaourt peut être également expliqué par sa teneur en fructose et glucose **Biner et al., (2007) ; El Batal et al., (2011)**. En fait, **Amerinasab et al. (2015)** ont démontré une augmentation dans la teneur en sucre liquide de la dattes (DLS) de 1 à 6 % a mené une diminution significative du pH ($p < 0,05$) des échantillons de yaourts et cela a été suggérer à être dû à l'activité métabolique des bactéries lactiques qui s'intensifie avec l'ajout des oses tels que le fructose et le glucose dans le DLS. Des résultats similaires ont été obtenus aussi par **Cakmakci et al. (2014)** pour les yaourts fortifiés avec le jus de caroube et de sucres. Cependant dans l'étude de **Moreira et al. (2017)** l'addition de la farine de caroube avec du sucre raffiné dans la préparation du yaourt a entraîné une élévation de la durée de fermentations. Aussi **Atasoy (2009)** à observe un long développement de l'acidité dans le yaourt enrichi avec le jus de caroube concentré et cela est attribué à la croissance des ferments lactiques due à sa richesse en sucre.

Il y a une petite différence entre nos résultats et les résultats de **Elmehrach et al., (2019)**, sachant que **Elmehrach et al., (2019)** pour une teneur de 1% de caroube ils ont obtenu $0,9 \pm 0,03$ et pour 2% de caroube ils ont obtenu une acidité titrable de $1,205 \pm 0,023$. Cette différence s'explique par la différence dans la composition chimique du lait et sa provenance.

2.2.1. Résultats des analyses microbiologiques

Tableau VI : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt sans caroube.

Microorganismes	Valeurs (UFC/ml)	Normes algériennes
Mésophiles aérobie totale		10^6
Staphylocoques	Abs	10^2
Salmonelles	Abs	Absence dans 25g
Levures et moisissures	Abs	$10^3/10^3$
Enterobacteriaceae	Abs	10^2

Tableau VII : Résultats des analyses microbiologiques du yaourt à base de caroube 9 g ;

Microorganismes	Valeurs (UFC/ml)		Normes algériennes
Mésophiles aérobie totale	Abs		10 ⁶
Staphylocoques	Abs		10 ³
Salmonelles	Abs		Absence dans 25g
Levures et moisissures	SM	10 ⁻¹	10 ³
	48.10 ¹	2.10 ²	10 ³
	480	200	
Enterobacteriaceae	Abs		10 ²

Les analyses microbiologiques de Mésophiles aérobie totale, levures et moisissures salmonelles n'a pas pu être photographié en raison du contrôle effectué au sein de la laiterie matinale, ainsi les boîtes de pétrin en été endommagées.

Les résultats obtenus concernant les analyses microbiologiques du yaourt sans caroube indiquent l'absence totale de tous types de microorganismes pathogènes ou toxiques tels que Staphylocoques, Salmonelles, Enterobacteriaceae, Mésophiles Aérobie Totale, Levures et Moisissures et ceux-ci concordent avec les normes algériennes mentionnées dans le journal officiel de la république algériennes N°39. Cela peut s'expliquer par le respect des conditions drastiques d'asepsie, absence de toute contamination lors du processus de fabrications du yaourt et la conformité aux exigences microbiologiques et hygiéniques et aux normes HACCP. On peut conclure que le yaourt ainsi élaboré est d'une excellente qualité microbiologique.

Les résultats obtenus concernant les paramètres microbiologiques du yaourt fortifié avec la caroube à 0,9% montrent l'absence totale des Staphylocoques, Salmonelles, Enterobacteriaceae, Mésophiles Aérobie Totale. Cependant, on a obtenu 200 UFC/ml pour les Moisissures et 480 UFC/ml pour les levures. D'une part, cela indique la conformité du yaourt à base de farine de caroube aux normes fixées par le journal officiel de la république algérienne N°39 (480 UFC/ml versus 10^3 UFC/ml et 200 UFC/ml versus 10^4 UFC/ml pour les levures les moisissures respectivement. D'autre part, on n'a pas obtenu l'absence totale des germes pathogènes dans le yaourt fortifié avec la caroube concernant les levures et moisissures et ceci peut s'expliquer par une légère contamination de la poudre de caroube et ceci est dû la possibilité de contamination lors de stockage des gousses de caroube liée à l'humidité de l'air, la température de l'air et l'humidité relative de la caroube.

Il est toute fois primordial de souligner que toutes les levures et moisissures ne sont pas nécessairement pathogènes. Certaines levures peuvent même être bénéfiques en contribuant au profil sensoriel du yaourt. Par ailleurs, la présence doit être contrôlée pour éviter qu'elles atteignent des niveaux nuisibles.

Ces produits élaborés sont de haute qualité microbiologique et hygiénique conformes aux normes établies dans le journal officiel de la république algérienne N°39 et donc propre à la consommation.

3. Résultats des analyses physico-chimiques de la mélasse

Tableau VIII : Les valeurs du pH, degré Brix et la viscosité

Paramètre	Valeur
Ph	5,26
Degré Brix	68
Viscosité	277,77

Le résultat obtenu concernant le potentiel hydrogène $\text{pH} = 5,26$ est légèrement supérieure aux résultats de **Toufeili et al., (2022)** et ceux de **Tounsi et al. (2020)** sachant que **Toufeili et al., (2022)** ont obtenu des valeurs de pH qui oscillent entre 4,25- 5,17, tandis que **Tounsi et al.(2020)** ont eu des pH qui varient entre 4,4-5,14 . Par ailleurs, notre résultat se situe dans un intervalle compris entre les résultats de **Sengül et al. ,(2007)** et ceux de **Şimşek and Artık (2002) et Yogurtçu and Kamışlı(2006)** [5,09 - 5,35] et ceci peut s'expliquer par la différence entre l'origine géographique et la provenance des gousses de caroube, les variétés, la compositions chimiques et les paramètres édaphoclimatiques. **Ashraf et Hamidi-Esfahani.,**

(2011) ont montré que le pH du fruit dépend de la teneur en acide organique et en minéraux, ainsi que de la contamination microbienne durant la transformation et le stockage.

Le résultat obtenu concernant le degré Brix de la mélasse de caroube concorde avec la définition **Sengül et al., (2007) et Tounsi et al. (2017)** qui ont reporté que le degré Brix varie entre 60 et 80 °B. Cependant, ce résultat est nettement inférieur aux valeurs obtenues par **Toufeili et al., (2022)** qui change de 75-80°B. Ceci s'explique par le fait que le degré Brix est directement proportionnel à la teneur en solides solubles totaux. Les variétés d'Iferhounene ont une teneur en SST comparable aux variétés tunisiennes et turque. Tandis que les variétés libanaises ont une teneur en SST nettement supérieure. Ceci peut s'expliquer par la différence dans la distribution géographique, le facteur variétal, la composition chimique et le type de sol et de microclimat.

Le résultat obtenu concernant la viscosité de la mélasse $\mu = 277,77$ centpoises est légèrement supérieure au résultat de **Tounsi et al., (2019)** $\mu = 245,00 \pm 5,00$. Cela peut s'expliquer par la légère différence dans la teneur en SST car **Sengül et al., (2007)** ont montré que la viscosité est directement proportionnelle avec la teneur en sucre et inversement proportionnelle avec la température.

4. Résultats des analyses sensorielles des produits valorisés

4.1. Résultat de l'analyse sensorielles du yaourt fortifié avec la caroube

Tableau IX : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation du yaourt

Gout	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Mauvais	11,1%	0%	2,2%	4
Moyen	68,9%	13,3%	22,2%	
Bon	20%	86,7%	75,6%	
Acidité	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Faible	24,4%	51,1%	64,4%	4
Modérée	55,6%	35,6%	33,3%	
Elevée	20%	11,1%	2,2%	
Couleur	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Marron clair	86,7 %	31,1 %	20%	4
Marron	11,2%	62,2 %	48,9%	
Marron foncée	2,2 %	6,7 %	28,9%	
Profil de saveur	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Lactique	64,4%	11,1%	11,2%	4
Fruitée	17,7%	88,9%	84,4%	
Aucune	17,8%	0%	4,4%	
Consistance	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Liquide	73,3%	31,1%	13,3%	4
Légèrement épaisse	11,1%	66,7%	64,4%	
Épaisse	15,6%	2,2%	22,2%	
Indice de satisfaction	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Ddl
Médiocre	24,4%	2,2%	2,2%	4
Moyenne	57,8%	17,8%	15,6%	
Bon	17,8%	80%	82,2%	

Les trois échantillons sont composés des ingrédients suivants :

Echantillon 1 : 1L de préparation du yaourt + ferments lactiques + 0,9 % poudre de caroube.

Echantillon 2 : 1L de préparation du yaourt + ferments lactique + 1,8% poudre de caroube + arôme banane.

Echantillon 3 : 1L de préparation du yaourt + ferments lactiques et 1,8 % de poudre caroube + arôme fraise.

Les analyses statistiques des échantillons 1, 2 et 3 ont montré une différence significative en terme de gout, l'acidité et l'indice de satisfaction et couleur.

Les données statistiques révèlent une différence significative entre les yaourts formulés en termes de goût. Le tableau (IX) indique que 68,9% du panel ont trouvé l'échantillon 1 a un goût moyennement bon, qui peut être dû à l'incorporation de la farine de caroube qui modifie le goût du yaourt en le rendant plus acide. Par contre, 86,7 % du panel ont trouvé l'échantillon 2 de bon gout et cela s'explique par l'appréciation du panel Pour l'arôme banane.

Les résultats statistiques concernant l'acidité ont montré une différence significative entre les trois échantillons avec 64,4 % du panel se sont prononcés en faveur de l'échantillon 3 comme étant le moins acide, ce qui s'explique par le fait que l'arôme fraise masque bien l'acidité de l'échantillon 3. En revanche, 55,6% du panel ont trouvé l'échantillon 1 modérément acide et cela est dû à l'absence des deux aromes qui peuvent masquer le gout acide conféré par les acides phénoliques présents dans la farine de caroube.

Pour la couleur, les résultats statistiques indiquent une différence significative entre l'échantillon 1, 2 et 3 avec 86,7 % du panel qui ont attribué la couleur « marron claire » à

l'échantillon 1, tandis que 62,2% ont estimé que l'échantillon 2 a une couleur « marron » et 48,9 % du panel ont opté pour la couleur « marron » pour ce qui concerne l'échantillon 3 et cela s'explique par la teneur élevée en farine de caroube pour l'échantillon 2 et 3 (1,8%) et une teneur modérée en farine de caroube de l'échantillon 1 (0,9%). Car c'est la farine de caroube qui confère la couleur marronne au yaourt.

Pour ce qui concerne le profil de saveur, les résultats statistiques ont montré une différence significative entre l'échantillon 1, 2 et 3. La majorité du panel ont voté en faveur du profil de la saveur fruitée présent dans les deux échantillons 2 et 3, avec 88,9 % pour l'échantillon 2, 84,4 % pour l'échantillon 3. Cela s'explique par la bonne appréciation du panel aux yaourts aromatisés d'abord à la fraise puis à la banane qui ont excellemment masqué l'arôme caroube. Par ailleurs, seulement 17,7 % du panel qui ont apprécié la saveur caroube. Pour mieux commercialiser le yaourt ainsi produit, il est recommandé de rajouter l'arôme fraise et l'arôme banane.

Pour la consistance, les données statistiques ont révélé une différence significative entre l'échantillon 1, 2 et 3 ; 66,7 % du panel ont estimé que l'échantillon 2 a été de consistance légèrement épaisse, et 64,4 % ont estimé que l'échantillon 3 a été de consistance légèrement épaisse. Tandis que 73,3 % ont estimé que l'échantillon 1 a été le plus liquide. Ceci s'explique par le fait que les yaourts fortifiés à 1,8% sont plus visqueux que le yaourt fortifié seulement à 0,9%.

Les résultats statistiques concernant l'indice de satisfaction ont montré une différence significative entre l'échantillon 1 et 3. 82,2 % du panel ont apprécié l'échantillon 3, tandis que seulement 17,8 % du panel ont préféré l'échantillon 1. Ce résultat s'explique par la bonne appréciation du panel au yaourt aromatisé avec la fraise.

Les données statistiques concernant l'indice de satisfaction ont montré une différence significative entre l'échantillon 1 et 2. 80% du panel ont préféré l'échantillon 2, alors que seulement 17,8 % du panel ont apprécié l'échantillon 1 et cela s'explique par la bonne appréciation du panel au yaourt aromatisé avec la banane.

A l'avenir si nous envisagerons à commercialiser les yaourts fortifiés de farine de caroube produits à petite échelle, on recommande l'ajout des arômes fraise et banane.

4.2. Résultat de l'analyse sensorielle de la mélasse de caroube

Tableau X : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation mélasse

Texture	Echelle	Echantillon 1
Visqueuse	Aucune réponse	8,8%
	Légèrement	55,5%
	Moyennement	11,1%
	Extrêmement	24,6%
Epaisse	Aucune réponse	11,1%
	Légèrement	71,3%
	Moyennement	8,8%
	Extrêmement	8,8%
Collante	Aucune réponse	22,2%
	Légèrement	44,4%
	Moyennement	6,6%
	Extrêmement	26,7%
Fluide	Aucune réponse	46,7%
	Légèrement	11,1%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	42,2%
Couleur		Echantillon 1
Noir	Aucune réponse	37,7%
	Légèrement	55,5%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	6,6%
Marron foncée	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	28,8%
	Moyennement	4,4%
	Extrêmement	64,4%
Marron	Aucune réponse	6,7%
	Légèrement	57,7%
	Moyennement	8,8%
	Extrêmement	26,6%
Grena	Aucune réponse	95,5%
	Légèrement	4,5%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	0%
Brillance	Echelle	Echantillon 1
Eclatante	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	84,4%
	Moyennement	2,2%
	Extrêmement	8,8%
Brillante	Aucune réponse	0%
	Légèrement	17,7%
	Moyennement	4,4%
	Extrêmement	77,7%
Lumineuse	Aucune réponse	4,4%
	Légèrement	37,7%
	Moyennement	11,1%
	Extrêmement	46,7%

Terne	Aucune réponse	93,3%
	Légèrement	0%
	Moyennement	2,2%
	Extrêmement	4,4%
Saveur	Echelle	Echantillon 1
Légèrement sucrée	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	48,8%
	Moyennement	4,4%
	Extrêmement	44,4%
Sucrée	Aucune réponse	44%
	Légèrement	48,8%
	Moyennement	8,8%
	Extrêmement	37,7%
Amer	Aucune réponse	57,7%
	Légèrement	6,6%
	Extrêmement	0%
	Extrêmement	35,5%
Acide	Aucune réponse	75,5%
	Légèrement	17,7%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	4,4%
Aigre	Aucune réponse	73,3%
	Légèrement	2,2%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	22,2%
Flaveur	Echelle	Echantillon 1
Caramel	Aucune réponse	4,4%
	Légèrement	66,7%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	28,8%
Cacao	Aucune réponse	84,4%
	Légèrement	8,8%
	Moyennement	4,4%
	Extrêmement	0%
Caroube	Aucune réponse	37,7%
	Légèrement	0%
	Moyennement	6,6%
	Extrêmement	57,5%
Miel	Aucune réponse	0%
	Légèrement	48,8%
	Moyennement	6,6%
	Extrêmement	42,2%
Arôme	Echelle	Echantillon 1
Caramel	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	60%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	37%

Cacao	Aucune réponse	84,4%
	Légèrement	15,5%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	0%
Caroube	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	31,1%
	Moyennement	8,8%
	Extrêmement	57,7%
Miel	Aucune réponse	2,2%
	Légèrement	58,8%
	Moyennement	0%
	Extrêmement	37,7%

Les analyses statistiques ont montré que la mélasse à base de caroube a une consistance légèrement à extrêmement visqueuse, sachant que 55.5 % du panel ont trouvé que la mélasse a une consistance légèrement visqueuse, tandis que 24.6% du panel ont trouvé que la mélasse est de consistance extrêmement visqueuse. Ce résultat s'explique par le fait que la mélasse est riche en solides solubles totaux SST, tels que les sucres qui atteignent une teneur de 55% dans la pulpe. Ces sucres totaux contribuent à la viscosité de la mélasse et cette viscosité augmente au fur et à mesure qu'on concentre la mélasse par élimination de l'eau par évaporation.

71.3% du panel se sont prononcés en faveur de texture légèrement épaisse et 44.4% du panel ont dit que la texture est légèrement collante et 46.7% du panel ont opté pour l'absence de la texture fluide. Il y a une corrélation directe entre la texture légèrement épaisse et la texture légèrement collante. Il existe corrélation inversée entre la texture visqueuse et la texture fluide. Ce résultat s'explique par la concentration des solides solubles totaux contenus dans la pulpe sous l'effet de l'élimination de l'eau par évaporation, notamment les sucres totaux, ce qui confère légèrement épaisse, légèrement collante et non fluide.

Les données statistiques ont montré que 64,4% du panel ont trouvé la mélasse à base de caroube est extrêmement marron foncé et 55,5% du panel ont trouvé que l'échantillon est légèrement noir. Ces résultats s'expliquent par plusieurs facteurs chimiques et physiques liés à la composition de la pulpe, tels que les acides phénoliques qui confèrent la couleur brune foncée à noire, qui peut s'intensifier suite à la concentration de la mélasse par évaporation. La couleur ainsi obtenue s'explique par les réactions de Maillard entre les sucres et les acides aminés présents dans la caroube. Ces réactions produisent des mélanoidines, des pigments bruns foncés responsables de la couleur sombre.

Les résultats statistiques ont révélé que 84,4% du panel se sont prononcés en faveur de la brillance légèrement éclatante et 77,7% du panel ont trouvé que la mélasse est extrêmement brillante et 46,7% du panel ont trouvé que l'échantillon est extrêmement lumineux et 93,3% du panel ont opté pour l'absence de terne. Ces résultats s'expliquent par la présence de sucres et des polysaccharides dans la structure de la mélasse de caroube qui contient une forte concentration des oses (glucose et fructose), les disaccharides (saccharose) et depolysaccharides. Ces molécules peuvent cristalliser de manière à refléter et réfracter la lumière, ce qui donne à la mélasse son éclat brillant.

Les données statistiques ont montré que 48,8% du panel ont trouvé que la mélasse est légèrement sucrée, alors que, 37,7% du panel ont trouvé que la mélasse est extrêmement sucrée. De la même façon, la majorité du panel ont révélé l'absence de saveur amère, acide et aigre. La saveur sucrée de la mélasse est due à la teneur élevée en sucres totaux dans la pulpe de caroube (55%), qui augmente au fur et à mesure qu'on concentre la mélasse par élimination de l'eau par évaporation.

L'absence totale des saveurs amère, acide et aigre s'explique par le fait que la saveur principalement sucrée perçue par les cellules gustatives de la langue masque bien les saveurs secondaires telles que la saveur amère, acide et aigre.

Les résultats statistiques ont révélé que 55,5% du panel ont trouvé que la mélasse a la saveur caractéristique de la caroube et que 66,7% du panel ont trouvé que la mélasse a une saveur légèrement caramélisée et 48,8% du panel ont trouvé que la mélasse a une saveur miellée et que 84,4% du panel ont opté pour l'absence totale de la saveur cacaotée. Ces résultats s'expliquent par le fait qu'on a utilisé que de la pulpe de caroube lors de la fabrication de la mélasse, ce qui donne la saveur caractéristique de la caroube. Quant à la saveur légèrement caramélisée et miellée sont dues à la formation du caramel par déshydratation des sucres simples présents dans la pulpe de caroube et des molécules volatiles et aromatiques qui ressemblent à celles du miel lors de la concentration de la mélasse par élimination de l'eau par évaporation.

La mélasse est un produit alimentaire hautement énergétique, qui permet de fournir le maximum d'énergie pour une proportion réduite. De plus, la mélasse est riche en polyphénols, en tanins et en flavonoïdes qui ont une activité antioxydante, antimicrobienne et antiproliférative.

4.3. Résultats des analyses sensorielles du flan à base de caroube

Tableau XI : Résultats statistiques des analyses sensorielles et score de dégustation du flan

Goût	Echelle	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Sucré	Aucune réponse	6,7%	11,1%	8,9%
	Légèrement	35,6%	40%	55,6%
	moyennement	44,4%	26,7%	22,2%
	Extrêmement	13,3%	22,2%	13,3%
Doux	Aucune réponse	84,4%	86,7%	82,2%
	Légèrement	11,1%	11,1%	17,8%
	Moyennement	4,2%	2,2%	0%
	Extrêmement	0%	0%	0%
Acide	Aucune réponse	84,44%	86,67%	82,22%
	Légèrement	11,11%	11,11%	17,78%
	Moyennement	4,44%	2,22%	0%
	Extrêmement	0%	0%	0%
Aigre	Aucune réponse	77,78%	68,89%	84,44%
	Légèrement	15,56%	24,44%	8,89%
	Moyennement	6,67%	4,44%	2,22%
	Extrêmement	0%	2,22%	4,44%
Texture		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Crémeuse	Aucune réponse	31,1%	22,2%	40%
	Légèrement	24,4%	22,2%	26,7%
	Moyennement	35,6%	42,2%	17,8%
	Extrêmement	8,9%	13,3%	15,5%
Veloutée	Aucune réponse	48,9%	48,9%	46,7%
	Légèrement	31,1%	37,8%	24,4%
	Moyennement	20%	6,7%	20%
	Extrêmement	0%	6,7%	8,9%
Pâteuse	Aucune réponse	64,4%	60%	51,3%
	Légèrement	24,5%	28,9%	40%
	Moyennement	8,9%	11,1%	8,9%
	Extrêmement	2,2%	0%	0%
Onctueuse	Aucune réponse	62,2%	62,2%	82,2%
	Légèrement	24,4%	13,3%	4,4%
	Moyennement	13,3%	17,8%	6,7%
	Extrêmement	0%	6,6%	6,7%

Présence de fruit	Aucune réponse	80%	88,9%	88,9%
	Légèrement	15,6%	8,9%	2,2%
	Moyennement	2,2%	2,2%	6,7%
	Extrêmement	2,2%	0%	0%
Arôme		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Naturel	Aucune réponse	71,1%	68,9%	73,3%
	Légèrement	20%	17,8%	15,6%
	Moyennement	4,4%	8,9%	6,7%
	Extrêmement	4,4%	4,4%	4,4%
Artificiel	Aucune réponse	20%	44,4%	24,4%
	Légèrement	51,1%	40%	35,6%
	Moyennement	11,1%	11,1%	20%
	Extrêmement	17,8%	4,4%	20%
Odeur		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Caroube	Aucune réponse	55,6%	6,7%	46,7%
	Légèrement	31,1%	20%	35,6%
	Moyennement	11,1%	44,4%	15,6%
	Extrêmement	2,2%	28,9%	2,2%
Cacao	Aucune réponse	26,7%	60%	42,2%
	Légèrement	35,6%	28,9%	31,1%
	Moyennement	31,1%	6,7%	22,2%
	Extrêmement	6,7%	4,4%	4,4%
Caramel	Aucune réponse	95,6%	71,1%	91,1%
	Légèrement	4,4%	8,9%	4,4%
	Moyennement	0%	4,4%	4,4%
	Extrêmement	0%	15,6%	0%
Chocolat	Aucune réponse	93,3%	2,2%	100%
	Légèrement	4,4%	2,2%	0%
	Moyennement	2,2%	95,6%	0%
	Extrêmement	0%	0%	0%
Couleur		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Blanc	Aucune réponse	57,8%	37,8%	40%
	Légèrement	17,8%	53,3%	15,6%
	Moyennement	20%	6,7%	35,3%
	Extrêmement	4,4%	2,2%	8,9%

Marron	Aucune réponse	60%	4,4%	53,3%
	Légèrement	15,6%	4,4%	13,3%
	Moyennement	24,4%	0%	15,6%
	Extrêmement	0%	91,1%	17,8%
Jaune pâle	Aucune réponse	0%	0%	0%
	Légèrement	11%	64,4%	46,7%
	Moyennement	68,9%	28,9%	33,3%
	Extrêmement	20%	6,7%	20%
Indice de satisfaction		Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3
Légèrement	/	11,1%	6,6%	33,3%
Moyennement		68,8%	28,8%	46,6%
Extrêmement		20%	64,4%	20%

Chaque échantillon est différent de l'autre dans ces composants :

Echantillon 1 : 144 g farine de caroube+ 2L de lait+ 312 g de gélatine + 40g de sucre.

Echantillon 2 : 72 g farine de caroube + 72 g de cacao +2L de lait + 312 g de gélatine + 40 g de sucre.

Echantillon 3 : 108 g farine de caroube + 36 g de cacao + 2L de lait + 312 g de gélatine + 40 g de sucre.

Les analyses statistiques de l'échantillon 1, 2 et 3 ont montré une différence significative en terme de gout acide, gout aigre, texture veloutée, texture présence de fruit, arôme artificiel et l'indice de satisfaction.

Les données statistiques révèlent une différence significative entre les flans formulés en termes de goût acide. Le tableau (XI) indique que 11,1% du panel ont trouvé l'échantillon 1 et 2 a le goût légèrement acide, qui s'explique par l'incorporation totale de la farine de caroube pour l'échantillon 1 et à moitié pour l'échantillon 2 qui confère de l'acidité au flan suite à la richesse de caroube en acides phénoliques tels que l'acide gallique. Par contre, 17,78% du panel se sont prononcés que l'échantillon 2 a un gout légèrement acide.

Les analyses statistiques ont montré que 6,67% du panel ont trouvé l'échantillon 1 moyennement aigre par rapport aux échantillons 2 et 3. Ce résultat s'explique par le fait que le gout moyennement aigre est attribué aux acides phénoliques présents dans la caroube.

Les données statistiques ont montré une différence significative entre l'échantillon 1,2 et 3 en terme de texture avec les pourcentages respectifs 24,44% pour l'échantillon 2, 15,56% pour l'échantillon 1, 8,89% pour l'échantillon 3. Cette texture veloutée est dû à la gélatine ajoutée qui agit comme un gélifiant pour créer une consistance ferme mais douce.

Les analyses statistiques ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre l'échantillon 1,2 et 3 en terme de présence de texture fruitée. Ce résultat s'explique par le non ajout d'arôme (fraise, banane etc.).

Les données statistiques ont montré qu'il n'y a pas de différence significative entre les trois l'échantillon 1,2 et 3. Ce résultat s'explique par le fait que la caroube et le cacao confère une couleur marronne aux flans.

Les analyses statistiques ont montré une différence significative en terme de présence d'arômes artificiels, sachant que 51,1%, 40%,35% du panel ont opté pour une présence légère d'arômes artificiels respectivement dans l'échantillon 1,2 et 3. Ce résultat s'explique par perception du panel des arômes caroube et cacao comme arômes artificiels est non en tant que ingrédients naturels dans les flans ainsi formulés.

Les résultats statistiques ont montré une différence significative l'échantillon 1,2 et 3 en terme de l'indice de satisfaction. 64,4 % du panel ont trouvé que l'échantillon 2 est extrêmement bon. Tandis que 64,8 % et 46,6% du panel ont trouvé que l'échantillon 1 et 3 sont moyennement bon. Ce résultat s'explique par le fait que 50% du caroube et 50% du cacao confère un meilleur indice de satisfaction aux flans ainsi formulés

A l'avenir on envisage la commercialisation des flans à base de caroube, il est recommandé d'opter pour 50% caroube + 50% cacao.



Conclusion

Conclusion

L'humanité cherche de plus en plus des produits bénéfiques pour sa santé. La valorisation de la caroube s'inscrit parfaitement dans cette tendance en offrant un ingrédient naturel et nutritif, aux multiples avantages pour l'industrie alimentaire.

L'objectif principal de cette étude a été de développer de nouveaux produits alimentaires en utilisant de la poudre de caroube. Parmi ces produits, on trouve le yaourt enrichi en caroube, la mélasse de caroube et le flan à base de caroube.

Les résultats de l'analyse du pH et l'acidité titrable de la poudre de caroube ont indiqué que la poudre de caroube est acide

Les analyses physico-chimiques du yaourt après fermentation ont révélé une diminution du pH, une augmentation de l'acidité titrable et une réduction des solides solubles totaux. Lors de l'incorporation de 0,9 % et 1,8 % de poudre de caroube, on a observé une diminution progressive du pH, une augmentation de l'acidité titrable et une réduction des solides solubles totaux, qui est directement proportionnelle au taux d'incorporation. Les analyses microbiologiques ont indiqué une absence totale de micro-organismes, confirmant que le yaourt est propre à la consommation et d'excellente qualité microbiologique et hygiénique. Les analyses sensorielles ont montré une préférence pour le yaourt enrichi en poudre de caroube, et la prédilection porte sur les yaourts aromatisés avec la fraise et la banane.

La mélasse de caroube que l'on a produite est de bonne qualité et elle répond bien aux exigences de fabrication (pH, degré Brix et la viscosité).

Les desserts lactés (flan) sont l'une des voies de valorisation potentielle de la pulpe de caroube. Les analyses statistiques des variables sensorielles ont révélé que le flan ainsi élaboré est de qualité acceptable. A l'avenir, si on envisage produire le flan enrichi à la caroube à l'échelle industrielle il est recommandé d'incorporé 50% caroube + 50% cacao.

Dans un future proche, il est recommandé de :

Étudier le suivie de fermentations du yaourt à base de caroube

Étudier le suivie de l'analyses microbiologiques du yaourt

Elaborer de nouveaux produits alimentaires à base de la farine de caroube tels que les biscuits, les biscottes et les produits panés.

Références bibliographiques

A

A.A. Mariod, H.F. Adam, Review: Gelatin, source, extraction and industrial applications, *Acta Sci. Pol. Technol. Aliment.* 12 (2013) 135–147.

Aafi A. (1996). Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua* L.). Centre Nationale de la recherche Forestiere, Rabat (Maroc), pp. 10.

Abd Razik, B. M.; Hasan, H.; Murtadha, A.; K, M. The Study of Antibacterial Activity of *Plantago Major* and *Ceratonia Siliqua*. *Iraqi Postgraduate Med. J.* 2012, 11, 130–135.

Accolas J.P., Bloquel R., Didienne R. et Regnier J. (1977). Propriétés acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles en relation avec la fabrication du yoghourt. *Lait.* 57(561-562): 1-23

Adolfsson O, Meydani SN, Russell RM. Yogurt and gut function. *Am J Clin Nutr.* (2004) 80:245–56. doi: 10.1093/ajcn/80.2.245.

Aissani, N.; Coroneo, V.; Fattouch, S.; Caboni, P. Inhibitory Effect of Carob (*Ceratonia Siliqua*) Leaves Methanolic Extract on *Listeria Monocytogenes*. *J. Agric. Food Chem.* 2012, 60(40), 9954–9958. DOI: 10.1021/jf3029623.

Akdeniz, E.; Yakışık, E.; Rasouli Pirouzian, H.; Akkın, S.; Turan, B.; Tipigil, E.; Ozcan, O.; Ozcan, O. Carob Powder as Cocoa Substitute in Milk and Dark Compound Chocolate Formulation. *J. Food Sci. Technol.* 2021, 58 (12), 4558–4566. DOI: 10.1007/s13197-020-04943-z.

Albanell E., 1990. Caracterización morfológica, composición química y valor nutritivo de distintas variedades de garrofa (*Ceratonia siliqua* L.) cultivadas en España. Tesis doctoral. Barcelona. España, pp. 209.

Al-fawwaz, A. T. Al-Khaza'leh, K. A. *Eur. Sci. J.* 2016, 12, 147–157.

Al-Hadid, K. J. Evaluation of Antiviral Activity of Different Medicinal Plants against Newcastle Disease Virus. *Am. J. Agri. Bio. I Sci.* 2016, 11(4), 157–163. DOI: 10.3844/ajabssp.2016.157.163.

Ali-Shtayeh, M.S.; Jamous, R.M.; Jamous, R.M.; Salameh, N.M. Complementary and alternative medicine (CAM) use among hypertensive patients in Palestine. *Complement Ther. Clin. Pr.* 2013, 19, 256–263.

Alvarez-Lorenzo, C.; Blanco-Fernandez, B.; Puga, A. M.; Concheiro, A. Crosslinked Ionic Polysaccharides for Stimuli-sensitive Drug Delivery. *Adv. Drug Delivery Rev.* 2013, 65(9), 1148–1171. DOI: 10.1016/j.addr.2013.04.016.

Amerinasab A, Labbafi M, Mousavi M, Khodaiyan F. Development of a novel yoghurt based on date liquid sugar physicochemical and sensory characterization. *J Food Sci Technol.* 2015; 52(10):6583-6590.

Amerinasab A, Labbafi M, Mousavi M, Khodaiyan F. Development of a novel yoghurt based on date liquid sugar physicochemical and sensory characterization. *J Food Sci Technol.* 2015; 52(10):6583-6590.

Arrêté interministériel du 3 Dhou El Kaâda 1441 correspondant au 25 juin 2020 portant règlement technique relatif aux spécifications des types de lait fermenté.

Arribas, C.; Cabellos, B.; Cuadrado, C.; Guillamón, E.; Pedrosa, M. M. Cooking Effect on the Bioactive Compounds, Texture, and Color Properties of Cold-extruded Rice/bean-based Pasta Supplemented with Whole Carob Fruit. *Foods.* 2020, 9(4), 415. DOI: 10.3390/foods9040415.

Asgari, Z.; J Selwyn, B.; Vonville, H.; L Dupont, H. A Systematic Review of the Evidence for Use of Herbal Medicine for the Treatment of Acute Diarrhea. *Nat. Prod. J.* 2012, 2(1), 1–8. DOI: 10.2174/ 2210315511202010001.

Ashraf Z, Hamidi-Esfahani Z. Date and date processing: A review. *Food Rev Int.* 2011;27(2):101–33. <https://doi.org/10.1080/87559129.2010.535231>

Aswal, P., Shukla, A. and Priyadarshi, S. (2012). **Yoghurt: Preparation, characteristics and recent advancements.** *Cibtech Journal of Bio-Protocols*, 1 (2), 32-44.

Atasoy AF.2009. The effects of carob juice concentrates on the properties of yoghurt. *Intl J*

Awuchi, C. G.; Morya, S.; Dendegh, T. A.; Okpala, O. D. R.; Korzeniowska, M. Nanoencapsulation of Food Bioactive Constituents and Its Associated Processes: A Revisit. *Bioresour. Technol. Rep.* 2022,18(101088). DOI: 10.1016/j.biteb.2022.101088.

Ayaz F.A., Torun H., Ayaz S., Correia P.J., Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M. Determination of chemical composition of anatolian carob pod (*Ceratonia siliqua* L.): Sugars, amino and organic acids, minerals and phenolic compound. *J. Food Qual.* 2007; 30:1040–1055. doi: 10.1111/j.1745-4557.2007.00176. x.

Ayaz F.A., Torun H., Glew R.H., Bak Z.D., Chuang L.T., Presley J.M., Andrews R. Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) flour prepared commercially and domestically. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2009; 64:286–292. doi: 10.1007/s11130-009-0130-3.

Ayivi RD, Ibrahim SA. Lactic acid bacteria: an essential probiotic and starter culture for the production of yoghurt. *Int J Food Sci Technol.* (2022) 57:7008–25. doi: 10.1111/ijfs.16076

*Dairy Technol*62(2): 166-41.

B

Babiker, E. E.; Özcan, M. M.; Ghafoor, K.; Al Juhaimi, F.; Ahmed, I. A. M.; Almusallam, I. A. Physico-chemical and Bioactive Properties, Fatty Acids, Phenolic Compounds, Mineral Contents, and Sensory Properties of Cookies Enriched with Carob Flour. *J. Food Process. Preserv.* 2020, 44(10), e14745. DOI: 10.1111/jfpp.14745.

Bahry, H.; Abdalla, R.; Pons, A.; Taha, S.; Vial, C. Optimization of Lactic Acid Production Using Immobilized *Lactobacillus Rhamnosus* and Carob Pod Waste from the Lebanese Food Industry. *J. Biotechnol.* 2019, 306, 81–88. DOI: 10.1016/j.jbiotec.2019.09.017.

Balkadi, F, Belmaaziz, S, 2015. Effet des extraits de thym (*thymus vulgaris*) sur la qualité d'un lait fermenté alicament type yaourt étuvé au cours de la conservation.

Bañuls, C.; Rovira-Llopis, S.; López-Doménech, S.; Veses, S.; Víctor, V. M.; Rocha, M.; Hernández-Mijares, A. Effect of Consumption of a Carob Pod Inositol-enriched Beverage on Insulin Sensitivity and Inflammation in Middle-aged Prediabetic Subjects. *Food Funct.* 2016, 7(10), 4379–4387. DOI: 10.1039/C6FO01021K.

Barak S., Mudgil D. Locust bean gum: Processing, properties and food applications—A review. *Int. J. Biol. Macromol.* 2014;66:74–80. doi: 10.1016/j.ijbiomac.2014.02.017.

Barbosa, J. M.; Ushikubo, F. Y.; de Figueiredo Furtado, G.; Cunha, R. L. Oil in Water Emulsions Stabilized by Maillard Conjugates of Sodium Caseinate-locust Bean Gum. *J. Dispersion Sci. Technol.* 2019, 40(5), 634–645. DOI: 10.1080/01932691.2018.1476152.

Bates S.H., Jones R.B., Bailey C.J. Insulin-like effect of pinitol. *Br. J. Pharmacol.* 2000;130:1944–1948. doi: 10.1038/sj.bjp.0703523.

Batista M. T., Amaral M. T. and Proença Da Cunha A. (1996), Carob fruits as source of natural antioxidant. In Proceeding of the International Carob Symposium. Cabanas-Tavira, Portugal.

Battle, I., ; Tous, J. (1997). Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Gatersleben/International Plant Genetic Resources Institute, Rome, Italy.

Battle I., Tous J. Carob Tree: Ceratonia Siliqua L. —Promoting the Conservation And use of Underutilized and Neglected Crops. 17. Bioversity International; Rome, Italy: 1997. p. 91.

Baumgartner S., Gennerritzmann R., Haas J., Amado R., Neukom H. Isolation and identification of cyclitols in carob pods (*Ceratonia-siliqua* L) *J. Agric. Food Chem.* 1986;34:827–829. doi: 10.1021/jf00071a015.

Baytop, T. Therapy with Medicinal Plants in Turkey (Past and Present); No: 3255; Istanbul University: Istanbul, Turkey, 1984; p. 359

Ben Hsouna, A.; Alayed, A. S.; Abdallah, E. M. Afr. J. Microbiol. Res. 2012, 6, 3480–3484.

Benmahioul B., Kaid- harache M.(2011) : Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples

Benmahioul, B., Harche, M. K Daguin, F. (2011). Le caroubier, une espèce méditerranéenne à usages multiples. Forêt méditerranéenne, 32(1), 51-58 ;

Berrabah, L. (2020). Étude de la variabilité intra-spécifique de la gousse de *Ceratonia siliqua*.

Bindal, P.; Vishwanatha, T. Bioethanol Production by Sub Merged Fermentation from Carob Pod Extract by Using *Saccharomyces* Sps. *International Journal of Biotech Trends and Technology.* 2019,9(1), 1–3. doi:10.14445/ 22490183/IJBTT-V9I1P601.

Biner B, Gubbuk H, Karhan M, Aksu M, Pekmezci M. Sugar Profiles of the Pods of Cultivated and Wild Types of Carob Bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chem.* 2007; 100:1453-1455.

Biner B., Gubbuk H., Karham M., Aksu M., Pekmeczi M. (2007). Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey. *Food Chemistry,* 100: 1453-1455.

Bissar, S.; Özcan, M. M. Determination of Quality Parameters and Gluten Free Macaron Production from Carob Fruit and Sorghum. *Int. J. Gastronomy Food Sci.* 2022, 27, 100460. DOI:10.1016/j.ijgfs.2021.100460.

Boublenza, I.; Lazouni, H. A.; Ghaffari, L.; Ruiz, K.; Fabiano-Tixier, A. S.; Chemat, F. Influence of Roasting on Sensory, Antioxidant, Aromas, and Physicochemical Properties of Carob Pod Powder (*Ceratonia Siliqua* L.). *J. Food Qual.* 2017, 2017, 1–10. DOI: 10.1155/2017/4193672.

C

Cakmakci S, Tahmas-Kahyaoglu D, Erkaya T, Cebi K, Hayaloglu AA. β -carotene contents and quality properties of set type yoghurt supplemented with carrot juice and sugar. *J Food Process Pres.* 2014; 38:1155- 1163

Camero B.M., Merino C.S. Method of Obtaining Pinitol from Carob Extracts. 6699511 B2. *U.S. Patent.* 2004 Mar 2;

Canon F, Nidelet T, Guedon E, Thierry A, Gagnaire V. Understanding the mechanisms of positive microbial interactions that benefit lactic acid bacteria cocultures. *Front Microbiol.* (2020) 11:2088. doi: 10.3389/fmicb.2020.02088 76.

Carole L. Vignola., 2002. Science et technologie du lait. Edit. Fondation de technologie laitière du Québec Inc, 599p.

Carvalho, M.; Roca, C.; Reis, M. A. Improving Succinic Acid Production by *ActinobacillusSuccinogenes* from Raw Industrial Carob Pods. *Bioresour. Technol.* 2016, 218, 491–497. DOI: 10.1016/j.biortech.2016.06.140.

Cavdarova M., Makris D.P. Extraction kinetics of phenolics from carob (*Ceratonia siliqua* L.) kibbles using environmentally benign solvents. *Waste Biomass Valoriz.* 2014; 5:773–779. doi: 10.1007/s12649-014-9298-3.

Čepo, D. V.; Mornar, A.; Nigović, B.; Kremer, D.; Radanović, D.; Dragojević, I. V. Optimization of Roasting Conditions as an Useful Approach for Increasing Antioxidant Activity of Carob Powder. *LWT Food Sci. Technol.* 2014, 58(2), 578–586. DOI: 10.1016/j.lwt.2014.04.004

Červenka, L.; Frühbauerová, M.; Velichová, H. Functional Properties of Muffin as Affected by Substituting Wheat Flour with Carob Powder. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences*. 2019, 13(1), 212–217. doi:10.5219/ 1033.

Chait, Y. A.; Gunenc, A.; Bendali, F.; Hosseinian, F. Simulated Gastrointestinal Digestion and in Vitro Colonic Fermentation of Carob Polyphenols: Bioaccessibility and Bioactivity. *LWT*. 2020, 117, 108623. DOI: 10.1016/j. lwt.2019.108623.

Chaves, M. A.; Piatí, J.; Malacarne, L. T.; Gall, R. E.; Colla, E.; Bittencourt, P. R.; Matsushita, M.; Gomes, S. T. M.; Matsushita, M. Extraction and Application of Chia Mucilage (*Salvia Hispanica L.*) And Locust Bean Gum (*Ceratonia Siliqua L.*) In Goat Milk Frozen Dessert. *J. Food Sci. Technol.* 2018, 55(10), 4148–4158. DOI: 10. 1007/s13197-018-3344-2.

Codex Alimentarius. (2008). Codex standard for fermented milks. Available at.

Custódio, L.; Patarra, J.; Alberício, F.; Neng, N. R.; Nogueira, J. M. F.; Romano, A. In Vitro Antioxidant and Inhibitory Activity of Water Decoctions of Carob Tree (*Ceratonia Siliqua L.*) On Cholinesterases, α -amylase and α -glucosidase. *Nat. Prod. Res.* 2015, 29(22), 2155–2159. DOI: 10.1080/14786419.2014.996147.

D

Dahmani, W.; Elaouni, N.; Abousalim, A.; Akissi, Z.L.E.; Legssyer, A.; Ziyat, A.; Sahpaz, S. Exploring Carob (*Ceratonia siliqua L.*): A Comprehensive Assessment of Its Characteristics, Ethnomedicinal Uses, Phytochemical Aspects, and Pharmacological Activities. *Plants* 2023, 12, 3303. [https://doi.org/ 10.3390/plants12183303](https://doi.org/10.3390/plants12183303)

DAKIA P. A., 2003. Extraction et caractérisation de la gomme de caroube (*Ceratonia siliqua L.*).Mémoire : Faculté Universitaire des Sciences Agronomiques de Gembloux (Belgique).

De Candolle A. *Origine des Plantes Cultivées*. 3rd ed. Ancienne Librairie Germer Baillièrre et Cie, Felix Alcan; Paris, France: 1886.

Devries L.A., 1981. Baird-Parker Medium Supplemented with Acriflavine, Polymyxins and Sulphonamide for the Selective Isolation of *Staphylococcus aureus* from Heavily Contaminated Materials *Journal of Applied Bacteriology* (50);351-357.

Dhaouadi K, Belkhir M, Akinochi I, Raboudi F, Pamies D, Barraón E, Fattouch S. Sucrose supplémentations during traditional carob syrup processing affected its chemical characteristics and biological activities. *LWT-Food Sci Technol.* 2014;57:1–8. doi: 10.1016/j.lwt.2014.01.025.

Diamantoglou, S. and K. Mitrakos. 1981. Leaf longevity in Mediterranean evergreen sclerophylls. Pp. 17-19 in Components of Productivity of Mediterranean-climate Regions - Basic and Applied Aspects (N.S. Margaris and H.A. Mooney, eds.). Junk Publishers, The Hague.

Diaz C.S. Syrup of Natural Carob Sugars and a Process for Its Production. 5, 624,500 A. *U.S. Patent.* 1997 Apr 29;

Durazzo A., Turfani V., Narducci V. Azzini E., Maiani G., Carcea M. (2014). Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chemistry,* 153:109-113.

Durazzo A., Turfani V., Narducci V., Azzini E., Maiani G., Carcea M. Nutritional characterisation and bioactive components of commercial carobs flours. *Food Chem.* 2014;153:109–113. doi: 10.1016/j.foodchem.2013.12.045.

E

Egbuna, C.; Awuchi, C. G.; Kushwaha, G.; Rudrapal, M.; Patrick-Iwuanyanwu, K. C.; Singh, O.; Odoh, U.E.; Khan, J.; Jeevanandam, J.; Kumarasamy, S. et al. Bioactive Compounds Effective Against Type 2 Diabetes Mellitus: A Systematic Review. *Curr. Topics. Med. Chem.* 2021, 21(12), 1067–1095. DOI: 10.2174/1568026621666210509161059.

El Batal H, Hasib A, Ouattmane A, Dehbi F, Jaouad A, Boulli A. Sugar composition and yield of syrup production from the pulp of Moroccan carob pods (*Ceratonia siliqua* L.). *Arab J Chem.* 2011; 9 (2): S955- S959.

Eldeeb, G. S. S.; Mosilhey, S. H. Roasting Temperature Impact on Bioactive Compounds and PAHs in Carob Powder (*Ceratonia Siliqua* L.). *J. Food Sci. Technol.* 2022, 59(1), 105–113. DOI: 10.1007/s13197-021-04989-7.

El-Haskoury, R.; Zizi, S.; Touzani, S.; Al Waili, N.; AlGhamdi, A.; Lyoussi, B. Diuretic Activity of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Honey: Comparison with Furosemide. *Afr. J.*

Traditional, Complementary Altern. Med. 2015, 12(4), 128–133. DOI: 10.4314/ajtcam.v12i4.19.

Elmehrach khadija, Afella lhoussaine , Fahmi fadma , Amri oukacha, Hatimi abdelhakim , Tahrouch saida, Laboratory of plant biotechnologies, department of biology, Faculty of Sciences, University Ibn Zohr, Dakhla, Agadir, Morocco International Journal of Food Science and Nutrition ISSN: 2455-4898; Impact Factor: RJIF 5.14 Received: 23-04-2019; Accepted: 24-05-2019

Ershoff B.H., Wells A.F. Effects of gum guar, locust bean gum and carrageenan on liver cholesterol of cholesterolfed rats. *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.* 1962;110:580–582. doi: 10.3181/00379727-110-27585.

Evans AJ, Hood RL, Oakenfull DG, Sidhu GS. Relationship between structure and function of dietary fibre: a comparative study of the effects of three galactomannans on cholesterol metabolism in the rat. *Br J Nutr.* 1992;68(1):217–229. doi: 10.1079/BJN19920079.

Evreinoff, V.A., 1955. Le pistachier. *Journal d’Agriculture Tropicale et de Botanique Appliquée.* 2: 389-414.

F

Fantini, M.; Benvenuto, M.; Masuelli, L.; Frajese, G. V.; Tresoldi, I.; Modesti, A.; Bei, R. In Vitro and in Vivo Antitumoral Effects of Combinations of Polyphenols, or Polyphenols and Anticancer Drugs: Perspectives on Cancer Treatment. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16(5), 9236–9282. DOI: 10.3390/ijms16059236.

Fantini, M.; Benvenuto, M.; Masuelli, L.; Frajese, G. V.; Tresoldi, I.; Modesti, A.; Bei, R. In Vitro and in Vivo Antitumoral Effects of Combinations of Polyphenols, or Polyphenols and Anticancer Drugs: Perspectives on Cancer Treatment. *Int. J. Mol. Sci.* 2015, 16(5), 9236–9282. DOI: 10.3390/ijms16059236.

Ferguson, I.K. 1980. The pollen morphology of *Ceratonia* (Leguminosae: Caesalpinioideae). *Kew Bull.* 35(2):273-277, pls 6-7

Forester, S. C.; Choy, Y. Y.; Waterhouse, A. L.; Oteiza, P. I. The Anthocyanin Metabolites Gallic Acid, 3O methylgallic Acid, and 2, 4, 6trihydroxybenzaldehyde Decrease Human Colon Cancer Cell Viability by Regulating Prooncogenic Signals. *Mol. Carcinog.* 2014, 53(6), 432–439. DOI: 10.1002/mc.21974.

Forestieri A.M., Galati E.M., Trovato A., Tumino G. Effects of guar and carob gums on glucose, insulin and cholesterol plasma levels in the rat. *Phytother. Res.* 1989; 3:1–4. doi: 10.1002/ptr.2650030102.

Fox PF, McSweeney PHL, Cogan TM, Guinee TP. Cheese: chemistry, physics and microbiology. 3rd ed. London: Academic Press (2004).

G

Gao X-Y, Zhi X-Y, Li H-W, Klenk H-P, Li W-J. Comparative genomics of the bacterial genus streptococcus illuminates evolutionary implications of species groups. *PLoS One.* (2014) 9:e101229. doi: 10.1371/journal.pone.0101229.

Geoffrey .C-P.2011. Food Science and Technology. Ed.John Wiley ans Son.OPS.

Ghédira K, Goetz P.(2019). Caroubier : Ceratonia siliqua (L.) (Fabaceae). *Phytothérapie.* 17(5):286-90

GMIA, GMIA, Gelatin Handbook, Gelatin Manuf. Inst. Am. (2019) 27.

Goldblatt, P. 1981. Cytology and the phylogeny of the Leguminosae. Pp. 427-464 in *Advances in Legume Systématiques.* Vol. 2 (R.M. Polhill and P.H. Raven, eds.). Royal Botanic Gardens, Kew, England.

Góral, M.; Kozłowicz, K.; Pankiewicz, U.; Góral, D.; Kluza, F.; Wójtowicz, A. Impact of Stabilizers on the Freezing Process, and Physicochemical and Organoleptic Properties of Coconut Milk-based Ice Cream. *LWT.* 2018, 92, 516–522. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.03.010.

Goulas, V.; Stylos, E.; Chatziathanasiadou, M. V.; Mavromoustakos, T.; Tzakos, A. G. Functional Components of Carob Fruit: Linking the Chemical and Biological Space. *Int. J. Mol. Sci.* 2016, 17(11), 1875. DOI: 10.3390/ijms17111875.

Griffin, K.; Khouryieh, H. Influence of Electrostatic Interactions on the Formation and Stability of Multilayer Fish Oil-in-water Emulsions Stabilized by Whey Protein-xanthan-locust Bean Complexes. *J. Food Eng.* 2020, 277, 109893. DOI : 10.1016/j.jfoodeng.2019.109893

Guirand J.P.1998. la microbiologie alimentaire. Ed: Dunod, Paris. 652P

H

Haber B. Carob fiber benefits and applications. *Cereal Foods World.* 2002; 47:365–369.

Haber B., Kiy T., Hausmanns S., Ruesing M. Dietary Foodstuff for Positively Influencing Cardiovascular Health. 20, 060, 110,476 A1. *U.S. Patent*. 2006 May 25;

Haber B., Ter M.H.U., Hausmanns S. Cholesterol-Reducing Agent Made of Dietary Fibre and Cholesterol-Reducing Substances. WO2, 004, 009,093 A1. 2004 Jan 29;

Haddarah, A.; Ismail, A.; Bassal, A.; Hamieh, T.; Ioannou, I.; Ghoul, M. Morphological and Chemical Variability of Lebanese Carob Varieties. *European Scientific Journal, ESJ*. 2013, 9(18). doi:10.19044/esj.2013.v9n18p%p.

Haider, M. M. Citric Acid Production from Carob Pod Extract by *Aspergillus Niger*. *J. Pharm. Biol. Sci.* 2014, 9 (3), 112–116. DOI: 10.9790/3008-0934112116.

Hamza, R. G.; Al-Seeni, M. Effect of Using Gamma-irradiated Mixture Extract of Carob and Roselle in Diabetic Rats. *Int. J. Pharm. Biol. Sci.* 2015, 6(1), B951–B960

Han M, Wu Y, Guo X, Jiang L, Wang X, Gai Z. Milk fermentation by monocultures or co-cultures of *Streptococcus thermophilus* strains. *Front Bioeng Biotechnol.* (2022) 10:1097013. doi: 10.3389/fbioe.2022.1097013.

Hernández-Mijares, A. Effect of Consumption of a Carob Pod Inositol-enriched Beverage on Insulin Sensitivity and Inflammation in Middle-aged Prediabetic Subjects. *Food Funct.* 2016, 7(10), 4379–4387. DOI: 10.1039/C6FO01021K.

Hillcoat D., Lewis G., Verdcourt B. A new species of *Ceratonia* (Leguminosae-Caesalpinioideae) from Arabia and the Somali Republic. *Kew Bull.* 1980; 35:261–271. doi: 10.2307/4114570.

Hols P, Hancy F, Fontaine L, Grossiord B, Prozzi D, Leblond-Bourget N, et al. New insights in the molecular biology and physiology of *Streptococcus thermophilus* revealed by comparative genomics. *FEMS Microbiol Rev.* (2005) 29:435–63. doi: 10.1016/j.

Horiuchi H, Sasaki Y. Effect of oxygen on symbiosis between *Lactobacillus bulgaricus* and *Streptococcus thermophilus*. *J Dairy Sci.* (2012) 95:2904–9. doi: 10.3168/jds.2011-5147

I

Ibrahim, A. H.; Abd El-Baky, R. M.; Desoukey, S. Y.; AbdLateff, A.; Kamel, M. S. Bacterial Growth Inhibitory Effect of *Ceratonia siliqua* L. Plant Extracts Alone and in Combination with Some Antimicrobial Agents. *J. Adv. Biotechnol. Bioeng.* 2013, 1, 3–13.

Icer MA, Özbay S, Ağagündüz D, Kelle B, Bartkiene E, Rocha JMF, et al. The impacts of acidophilic lactic acid Bacteria on food and human health: a review of the current knowledge. *Foods*. (2023) 12:2965. doi: 10.3390/foods12152965.

Imad Toufeili , Marwa Itani , Mona Zeidan , Osama Al Yamani and Samer Kharroubi ,Department of Nutrition and Food Sciences, American University of Beirut, Riad El Solh 1107 2020, Beirut, Lebanon Toxicology Research and Training Center, Faculty of Health Sciences, American University of Science and Technology, Beirut, Lebanon Nutritional and Functional Potential of Carob Syrup Versus Date and Maple Syrups 8 February 2022

J

J. Calvarro, T. Perez-Palacios, J. Ruiz, Modification of gelatin functionality for culinary applications by using transglutaminase, *Int. J. Gastron. Food Sci.* 5–6 (2016) 27–32.

J. P. ACCOLAS, R. BLOQUEL, R. DIDIENNE** et J. REGNIER** Laboratoire de Technologie Laitière, I.N.R.A. 78350 Jouy-en-Josas (France) : Propriétés acidifiantes des bactéries lactiques thermophiles en relation avec la fabrication du yoghourt JANVIER-FÉVRIER 1977/ N° 561-562

James A, Wang Y. Characterization, health benefits and applications of fruits and vegetable probiotics. *CyTA-J Food*. (2019) 17:770–80. doi: 10.1080/19476337.2019.1652693.

Jamous, R. M.; Abu Zaitoun, S. Y.; Husein, A. I.; Qasem, I. B.; Ali-Shtayeh, M. S. Screening for Biological Activities of Medicinal Plants Used in Traditional Arabic Palestinian Herbal Medicine. *Eur. J. Med. Plants*. 2015, 9(1), 1–13. DOI: 10.9734/EJMP/2015/17429.

K

Kamel,E .M.Youcef E .Moshera M.El-Manfaloty,Hend M.Ali.Assessment of Proximate chemical Composition,Nutritional Status ,Fatty Acid Composition and Phenolic Coumpounds of Carob (Ceratonia Siliqua L.)*Food and Public Health* 2013 ;3(6) :304-308 DOI :10.5923/j.fph.2013033006.06.

Kanat, M.; DeFronzo, R. A.; Abdul-Ghani, M. A. Treatment of Prediabetes. *World J. Diabetes*. 2015, 6(12), 1207. DOI: 10.4239/wjd. v6. i12.1207

Kaur R, Kaur G, Mishra SK, Panwar H, Mishra KK, Brar GS. Yogurt: A nature's wonder for mankind. *Int. J. Ferment Foods*. (2017) 6:57–69. doi: 10.5958/2321-712X.2017.00006.0

Khelifa, M.; Bahloul, A.; Kitane, S. Determination of Chemical Composition of Carob Pod (*Ceratonia Siliqua* L) and Its Morphological Study. *J. Mater. Environ. Sci.* 2013, 4(3), 348–353.

Klaenhammer T, Altermann E, Pfeiler E, et al. Functional genomics of probiotic lactobacilli. *J Clin Gastroenterol.* (2008) 42:160–1. doi: 10.1097/MCG.0b013e31817da140.

Korkmaz IO, Bilici C, Korkmaz S. Sensory, pH, syneresis, water-holding capacity, and microbiological changes in homemade yogurt prepared with maca (*Lepidium meyenii*) powder and propolis extract. *Int J Gastronomy Food Sci.* (2021) 23:100291. doi: 10.1016/j.ijgfs.2020.100291

Kumar, V. P.; Chauhan, N. S.; Padh, H.; Rajani, M. Search for Antibacterial and Antifungal Agents from Selected Indian Medicinal Plants. *J. Ethnopharmacol.* 2006, 107(2), 182–188. DOI: 10.1016/j.jep.2006.03.013.

L

L.S. Kumosa, V. Zetterberg, J. Schouenborg, Gelatin promotes rapid restoration of the blood brain barrier after acute brain injury, *Acta Biomater.* 65 (2018) 137–149.

Lanfranchi, M.; Zirilli, A.; Alfano, S.; Spiridione, F. S.; Alibrandi, A.; Giannetto, C. The Carob as a Substitute for Cocoa in the Production of Chocolate: Sensory Analysis with Bivariate Association. *Calitatea.* 2019, 20(168), 148–153.

Lazaridou A., Biliaderis C.G. Molecular aspects of cereal β -glucan functionality: Physical properties, technological applications and physiological effects. *J. Cereal Sci.* 2007; 46:101–118. doi: 10.1016/j.jcs.2007.05.003.

Lee WJ, Lucey JA. Formation and physical properties of yogurt. *Asian Australas J Anim Sci.* (2010) 23:1127–36. doi: 10.5713/ajas.2010. r.05.

López-Sánchez, J. I.; Moreno, D. A.; García-Viguera, C. Correction: D-pinitol, a Highly Valuable Product from Carob Pods: Health-promoting Effects and Metabolic Pathways of This Natural Super-Food Ingredient and Its Derivatives. *AIMS Agric. Food.* 2021, 6(2), 752–753. DOI: 10.3934/agrfood.2021044.

Loullis, A.; Pinakoulaki, E. Carob as cocoa substitute: A review on composition, health benefits and food applications. *Eur. Food Res. Technol.* 2018, 244, 959–977.

Luquet (1990). Lait et produit laitiers : Transformation et technologies. Ed techniques et documentation, Lavoisier.633.

Luquet F. M, 1990. Les produits laitiers transformations et technologie. 2 éme édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre, Tech. do Apria la voisier P2- 85- 206

M

M. Ramos, A. Valdés, A. Beltrán, M. Garrigós, Gelatin-based films and coatings for food packaging applications, *Coatings* 6 (2016) 41, <https://doi.org/10.3390/coatings6040041>.

Makris D. P., P. Kefalas; (2004). Carob Pod as a source of polyphenolic Antioxidants, *Food Technol.Biotechnol.* Vol. 42: 105–108, N° 2.

Manganaris G.A., Goulas V., Vicente A.R., Terry L.A. Berry antioxidants: Small fruits providing large benefits. *J. Sci Food Agric.* 2014; 94:825–833. doi: 10.1002/jsfa.6432.

Marco A.M.R., De Mora B.R.C., Diaz C.S. Method of Making Natural Carob Fiber. 5, 609,905 A. *U.S. Patent.* 1997 Mar 11.

Masulli, D. 2016. “Measuring PH of Yogurt.” **Food Quality & Safety July 15.**

Matela, K.S., *Pillai, M.K. and Thamae, T. Evaluation of pH, titratable acidity, syneresis and sensory profiles of some yoghurt samples from the Kingdom of Lesotho *Food Research* 3 (6) : 693 - 697 (December 2019)

Mazaheri, D.; Shojaosadati, S. A.; Mousavi, S. M.; Hejazi, P.; Saharkhiz, S. Bioethanol Production from Carob Pods by Solid-state Fermentation with *Zymomonas Mobilis*. *Appl. Energy.* 2012, 99, 372–378. DOI : 10.1016/j. apenergy.2012.05.045.

Medeiros, M. L. ; Lannes, S. C. D. S. Propriedades Físicas de Substitutos Do Cacau. *Food Sci. Technol.*2010, 30, 243–253. DOI: 10.1590/S0101-20612010000500037.

Melgarejo Moreno, P., Salazar Hernández, D. M. (2003). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas (Vol. II). Algarrobo, granado y jinjolero.

Melgarejo P.; Salazar D.M., (2003). Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.

Meziani, S. ; Oomah, B. D. ; Zaidi, F. ; Simon-Levert, A. ; Bertrand, C. ; Zaidi-Yahiaoui, R. Antibacterial Activity of Carob (*Ceratonia Siliqua L.*) Extracts against Phytopathogenic

Bacteria *Pectobacterium Atrosepticum*. *Microb. Pathogenesis*. 2015, 78, 95–102. DOI: 10.1016/j.micpath.2014.12.001.

Milek Dos Santos L., Tomzack Tulio L., Fuganti Campos L., Ramos Dorneles M., Carneiro Hecke Kruger C. Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutr. Hosp.* 2015; 31:482–487.

Mitrakos, K. 1988. The botany of *Ceratonia*. Pp.209-218 in Proceedings of the II International Carob Symposium (P. Fito and A. Mulet, eds.). Valencia, Spain.

Moreira, T. C.; da Silva, A. T.; Fagundes, C.; Ferreira, S. M. R.; Cândido, L. M. B.; Passos, M.; Krüger, C. C. H. Elaboration of Yogurt with Reduced Level of Lactose Added of Carob (*Ceratonia Siliqua* L.). *LWT Food Sci. Technol.* 2017, 76, 326–329. DOI: 10.1016/j.lwt.2016.08.033.

Mudgil, D.; Barak, S.; Khatkar, B. S. Guar Gum: Processing, Properties and Food Applications—a Review. *J. Food Sci. Technol.* 2014, 51(3), 409–418. DOI: 10.1007/s13197-011-0522-x

N

Nasar-Abbas S.M., E-Huma Z., Vu T.-H., Khan M.K., Esbenshade H., Jayasena V. Carob kibble: A bioactive-rich food ingredient. *Compr. Rev. Food Sci. Food Saf.* 2016; 15:63–72. doi: 10.1111/1541-4337.12177.

Novotni D., Curic D., Bituh M., Colic Baric I., Skevin D., Cukelj N. Glycemic index and phenolics of partially-baked frozen bread with sourdough. *Int. J. Food Sci. Nutr.* 2011; 62:26–33. doi: 10.3109/09637486.2010.506432

Nwamaioha NO, Ibrahim SA. A selective medium for the enumeration and differentiation of *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *Bulgaricus*. *J Dairy Sci.* (2018) 101:4953–61. doi: 10.3168/jds.2017-14155

O

Ortega N., Macia A., Romero M.P., Trullols E., Morello J.R., Angles N., Motilva M.J. Rapid determination of phenolic compound and alkaloids of carob flour by improved liquid chromatography tandem mass spectrometry. *J. Agric. Food Chem.* 2009; 57:7239–7244. doi: 10.1021/jf901635s.

Owen R.W., Haubner R., Hull W.E., Erben G., Spiegelhalder B., Bartsch H., Haber B. Isolation and structure elucidation of the major individual polyphenols in carob fibre. *Food Chem. Toxicol.* 2003; 41:1727–1738. doi: 10.1016/S0278-6915(03)00200-X.

Özcan MM, Arslan D, Gökçalik H. Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *Int J Food Sci Nutr.* 2007; 58:652–658. doi: 10.1080/09637480701395549.

Oziyci, H. R.; Tetik, N.; Turhan, I.; Yatmaz, E.; Ucgun, K.; Akgul, H.; Karhan, M.; Karhan, M. Mineral Composition of Pods and Seeds of Wild and Grafted Carob (*Ceratonia Siliqua* L.) Fruits. *Sci. Hortic.* 2014, 167, 149–152. DOI: 10.1016/j.scienta.2014.01.005.

P

P. Kamatchi, K. Leela, Extraction, Characterization and application of gelatin from *Carcharhinus amblyrhyncho* and *Sphyrna barracuda*, *J. Biotechnol. Biochem.* 2 (2016) 40–49

Pandey, G. S.; Patil, M. T.; Vir, D. K.; Pandey, P. M.; Pathan, R. A. Exploring Formulation and Evaluation of Simethicone Medicated Chocolate Formulation for ANTI-FLATULENCE Effect. *World Journal of Pharmaceutical Research.* 2020, 9(14), 970–985.

Papageorgiou, M.; Paraskevopoulou, A.; Pantazi, F.; Skendi, A. Cake Perception, Texture and Aroma Profile as Affected by Wheat Flour and Cocoa Replacement with Carob Flour. *Foods.* 2020, 9(11), 1586. DOI: 10.3390/foods9111586.

Papageorgiou, M.; Skendi, A. Texture Design of ‘Free-from’foods—the Case of Gluten-free. *Modifying Food Texture* 2015, 239–268.

Papagiannopoulos M., Wollseifen H.R., Mellenthin A., Haber B., Galensa R. Identification and quantification of polyphenols in carob fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MSN. *J. Agric. Food Chem.* 2004; 52:3784–3791. doi: 10.1021/jf030660y.

Park, Y. W.; Oglesby, J.; Hayek, S. A.; Aljaloud, S. O.; Gyawali, R.; Ibrahim, S. A. Impact of Different Gums on Textural and Microbial Properties of Goat Milk Yogurts during Refrigerated Storage. *Foods.* 2019, 8(5), 169. DOI: 10.3390/foods8050169.

Pawlowska, K.; Kuligowski, M.; Jasińska-Kuligowska, I.; Kidoń, M.; Siger, A.; Rudzińska, M.; Nowak, J. Effect of Replacing Cocoa Powder by Carob Powder in the Muffins on Sensory and Physicochemical Properties. *Plant Foods Human Nutr.* 2018, 73(3), 196–202. DOI: 10.1007/s11130-018-0675-0

Perez-Olleros L., Garcia-Cuevas M., Ruiz-Roso B., Requejo A. Comparative study of natural carob fibre and psyllium husk in rats. Influence on some aspects of nutritional utilisation and lipidaemia. *J. Sci. Food Agric.* 1999; 79:173–178. doi: 10.1002/(SICI)1097-0010(199902)79:2<173: AID-JSFA161>3.0.CO;2-Z.

Petitjean, M.; Isasi, J. R. Locust Bean Gum, a Vegetable Hydrocolloid with Industrial and Biopharmaceutical Applications. *Molecules (Basel, Switzerland).* 2022, 27(23), 8265. DOI:10.3390/molecules27238265.

Pettinelli, N.; Rodríguez-Llamazares, S.; Farrag, Y.; Bouza, R.; Barral, L.; Feijoo-Bandín, S.; Lago, F. Poly (Hydroxybutyrate-co-hydroxyvalerate) Microparticles Embedded in κ -carrageenan/locust Bean Gum Hydrogel as a Dual Drug Delivery Carrier. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 146, 110–118. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2019.12.193.

Polhill, R.M. *Advances Legume Syst*; The University of Chicago Press: Chicago, IL, USA, 1981; pp.371–374

Prajapati, V. D.; Jani, G. K.; Moradiya, N. G.; Randeria, N. P.; Nagar, B. J. Locust Bean Gum: A Versatile Biopolymer. *Carbohydr. Polym.* 2013, 94(2), 814–821. DOI: 10.1016/j.carbpol.2013.01.086.

Prestes AA, Prudencio ES, Canella MH, Freitas MQ, Filho ER, Pimentel TC, et al. Sensory profile of yoghurt and related products. *Sensory Profiling Dairy Products.* (2023):103–19. doi: 10.1002/9781119619383.ch7

Primikyri, A.; Chatziathanasiadou, M. V.; Karali, E.; Kostaras, E.; Mantzaris, M. D.; Hatzimichael, E.; . . . Gerothanassis, I. P. Direct Binding of Bcl-2 Family Proteins by Quercetin Triggers Its Pro-apoptotic Activity. *ACS Chem. Biol.* 2014, 9(12), 2737–2741. DOI: 10.1021/cb500259e

R

Rababah T.M., Ereifej K.I., Esoh R.B., Al-u'datt M.H., Alrababah M.A., Yang W. Antioxidant activities, total phenolics and hplc analyses of the phenolic compounds of extracts

from common mediterranean plants. *Nat. Prod. Rep.* 2011; 25:596–605. doi: 10.1080/14786419.2010.488232.

Rahmoun, N. M.; Ziane, H.; Boucherit-Otmani, Z. Antibacterial and Antifungal Screening of Four Medicinal Plants. *J. Coastal Life Med.* 2014, 2(12), 975–979

Rashwan AK, Karim N, Xu Y, Cui H, Fang J, Cheng K, et al. Chemical composition, quality attributes and antioxidant activity of stirred-type yogurt enriched with *Melastoma dodecandrum* Lour fruit powder. *Food Funct.* (2022) 13:1579–92. doi: 10.1039/D1FO03448K

Rashwan AK, Osman AI, Chen W. Natural nutraceuticals for enhancing yogurt properties: a review. *Environ Chem Lett.* (2023) 21:1907–31. doi: 10.1007/s10311-023-01588-0

Ravat, T. H.; Yardi, V.; Mallikarjunan, N.; Jamdar, S. N. Radiation Processing of Locust Bean Gum and Assessing Its Functionality for Applications in Probiotic and Enteral Foods. *LWT.* 2019, 112, 108228. DOI: 10.1016/j.lwt. 2019.05.126

Rizzo V., Tomaselli F., Gentile A., La Malfa S., Maccarone E. Rheological properties and sugar composition of locust bean gum from different carob varieties (*Ceratonia siliqua* L.) *J. Agric. Food Chem.* 2004;52:7925–7930. doi: 10.1021/jf0494332.

Roux E, Nicolas A, Valence F, Siekaniec G, Chuat V, Nicolas J, et al. The genomic basis of the *Streptococcus thermophilus* health-promoting properties. *BMC Genomics.* (2022) 23:210. doi: 10.1186/s12864-022-08459-y

Rtibi, K.; Jabri, M.A.; Selmi, S.; Souli, A.; Sebai, H.; El-Benna, J.; Amri, M.; Marzouki, L. Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) inhibit human neutrophils myeloperoxidase and in vitro ROS-scavenging activity. *RSC Adv.* 2015, 5, 84207–84215.

Rtibi, K.; Selmi, S.; Grami, D.; Saidani, K.; Sebai, H.; Amri, M.; Marzouki, L.; Marzouki, L. *Ceratonia Siliqua* L. (Immature Carob Bean) Inhibits Intestinal Glucose Absorption, Improves Glucose Tolerance and Protects against Alloxan-induced Diabetes in Rat. *J. Sci. Food Agric.* 2017, 97(8), 2664–2670. DOI: 10.1002/jsfa.8091.

Rtibi, K.; Selmi, S.; Jabri, M. A.; El-Benna, J.; Amri, M.; Marzouki, L.; Sebai, H. Protective Effect of *Ceratonia Siliqua* L. Against a Dextran Sulfate Sodium-induced Alterations in Liver and Kidney in Rat. *J. Med. Food.* 2016, 19(9), 882–889. DOI: 10.1089/jmf.2016.0020.

Rtibi, K.; Selmi, S.; Jabri, M.-A.; Mamadou, G.; Limas-Nzouzi, N.; Sebai, H.; El-Benna, J.; Marzouki, L.; Eto, B.; Amri, M. Effects of aqueous extracts from *Ceratonia siliqua* L. pods

on small intestinal motility in rats and jejunal permeability in mice. *RSC Adv.* 2016, 6, 44345–44353

Rul F. Yogurt: microbiology, organoleptic properties, and probiotic potential. In: *Fermented foods, part II: Technological interventions*, 525 (Eds.) Ray, R.C., Montet, D. Boca Raton, USA: CRC Press, Food Biology Series (2017).

S

Sah BNP, Vasiljevic T, McKechnie S, Donkor ON. Physicochemical, textural and rheological properties of probiotic yogurt fortified with fibre-rich pineapple peel powder during refrigerated storage. *LWT- Food Sci Technol.* 2016 ; 65 :978–986.

Şahin G., Taşlıgil N. Agricultural geography analysis of carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) from Turkey. *Turk. JAF Sci. Tech.* 2016; 4:1192–1200. doi: 10.24925/turjaf. v4i12.1192-1200.979.

Sallm, S., Hazaa, M., Eissa, H., Metwally, M., Ahmed, A. H. (2010). EVALUTION OF THE MICROBIOLOGICAL QUALITY OF YOGHURT BLEND WITH SOME FRUIT JUICE. *Journal of Food and Dairy Sciences*, 1(6), 337-353.

Samokhvalova, O.; Shydakova-Kamieniuka, O.; Labazov, M. Technological Features of Carob Powder of Different Degrees of Roasting. *Прогресивні техніка та технології харчових виробництв ресторанного господарства і торгівлі.* 2021, 1(33), 167–176.

Santos RA, Rodrigues RL, de Lima MBD, Nascimento EB, Carvalho AMB, Gadelha CAA, et al. Influence of aqueous yam extract and goat milk casein powder on the characteristics of goat Greek-style yogurt. *Int J Gastronomy Food Sci.* (2022) 27:100465. doi: 10.1016/j.ijgfs.2021.100465.

Sciammaro, L. P.; Ferrero, C.; Puppo, M. C. Gluten-free Baked Muffins Developed with Prosopis Alba Flour. *LWT.* 2018, 98, 568–576. DOI: 10.1016/j.lwt.2018.09.045.

Sengül M , Fatih Ertugay M, Sengül M, Yüksel Y, Rheological Characteristics of Carob Pekmez Pages 39-46 | Received 10 Nov 2005, Accepted 10 Feb 2006, Published online: 31 Jan 2007

Sengül M, Ertugay MF, Sengül M, Yüksel Y. Rheological characteristics of carob Pekmez. *Int J Food Prop.* 2007; 10:39–46. doi: 10.1080/10942910600627996.

Sigge G.O., Lipumbua L., Britza T.J. Proximate composition of carob cultivars growing in south africa. *S. Afr. J. Plant Soil.* 2011; 28:17–22. doi: 10.1080/02571862.2011.10640008.

Şimşek , A. and Artık , N. 2002 . Değişik meyvelerden üretilen pekmezlerin bileşim unsurları üzerine araştırma . *Gıda*, 27 (6) : 459 – 467 .

Singh, R. S.; Kaur, N.; Rana, V.; Singla, R. K.; Kang, N.; Kaur, G.; Kennedy, J. F.; Kennedy, J. F. Carbamoyl ethyl Locust Bean Gum: Synthesis, Characterization and Evaluation of Its Film Forming Potential. *Int. J. Biol. Macromol.* 2020, 149, 348–358. DOI: 10.1016/j.ijbiomac.2020.01.261.

Siriwongwilaichat, P.; Koedcharoenporn, J. Improvement of Texture and Gel Stability of Restructured Frozen Mango Pulp by Using Xanthan Gum and Locust Bean Gum. *Sci. Eng. Health Stud.* 2019, 59–72.

Skaltsi, A.; Marinopoulou, A.; Poriazi, A.; Petridis, D.; Papageorgiou, M. Development and Optimization of Gluten-free Biscuits with Carob Flour and Dry Apple Pomace. *J. Food Process. Preserv.* 2021, 46(5), e15938.

Son D., Lee J.W., Lee P., Bae K.H. Glycemic index of insu 100® herbal preparation containing korean red ginseng, carob, mulberry, and banaba. *J. Ginseng Res.* 2010; 34:89–92. doi: 10.5142/jgr.2010.34.2.089.

Sonmez, A. Y. D. I. N. O. L.; Ozcan, T. Assessment of Structure and Sensory Characteristics of Reduced Fat Yoghurt Manufactured with Carob Bean Gum Polysaccharides. *Food Science and Technology.* 2021, 42(2022). doi:10.1590/fst.61220.

Srouf, N.; Daroub, H.; Toufeili, I.; Olabi, A. Developing a Carob-based Milk Beverage Using Different Varieties of Carob Pods and Two Roasting Treatments and Assessing Their Effect on Quality Characteristics. *J. Sci. Food Agric.* 2016, 96(9), 3047–3057. DOI: 10.1002/jsfa.7476.

T

Tetik N, Turhan İ, Karhan M, Öziyci HR. Characterization of, and 5-hydroxymethylfurfural concentration in carob Pekmez. *GIDA.* 2010; 35:417–422.

Tetik N, Turhan I, Oziyci HR, Karhan M. Determination of D-pinitol in carob syrup. *Int J Food Sci Nutr.* 2011; 62:572–576. doi: 10.3109/09637486.2011.560564.

Tetik N., Yuksel E. Ultrasound-assisted extraction of D-pinitol from carob pods using response surfacemethodology. *Ultrason.Sonochem.* 2014; 21:860–865. doi: 10.1016/j.ultsonch.2013.09.008.

Toker OS, Dogan M, Ersöz NB, Yilmaz MT. Optimization of the content of 5-hydroxymethylfurfural (HMF) formed in some molasses types: HPLC-DAD analysis to determine effect of different storage time and temperature levels. *Ind Crops Prod.* 2013; 50:137–144. doi: 10.1016/j.indcrop.2013.05.030.

Tounsi L, Ghazala I, Kechaou N. Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses. *J Food Meas Charac.* 2020;14(1):20–30. <https://doi.org/10.1007/s11694-019-00263-9>

Tounsi L, Karra S, Kechaou H, Kechaou N. Processing, physico-chemical and functional properties of carob molasses and powders. *J Food Meas Charact.* 2017;11:1440–1448. doi: 10.1007/s11694-017-9523-4. **Tous, J. 1984.** Comercialización y variedades de algarrobo. Ed. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación. Publicaciones de Extensión Agraria, núm. 1/85. H.D

Tous J., 1984. Cultivo del Algarrobo. Hoja Divulgativa N2: 10. Ministerio de Agricultura. Madrid. 16 p.

Tous J., Romero A., Batlle I. The Carob tree: Botany, horticulture, and genetic resources. *Hortic. Rev.* 2013;41:385–456. doi: 10.1002/9781118707418.ch08.

Tsatsaragkou K., Gounaropoulos G., Mandala I. (2014). Development of gluten free bread containing carob flour and resistant starch. *LWT - Food Science and Technology*, 58: 124-129.

Tsatsaragkou, K.; Yiannopoulos, S.; Kontogiorgi, A.; Poulli, E.; Krokida, M.; Mandala, I. Mathematical Approach of Structural and Textural Properties of Gluten Free Bread Enriched with Carob Flour. *J. Cereal Sci.* 2012, 56(3), 603–609. DOI: 10.1016/j.jcs.2012.07.007.

Tucker, S.C. 1992a. The developmental basis for sexual expression in *Ceratonia siliqua* (Leguminosae:Caesalpinioideae: Cassieae). *Am. J. Bot.* 79(3):318-327

Turhan I. Relationship between sugar profile and D-pinitol content of pods of wild and cultivated types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) *Int. J. Food Prop.* 2013; 17:363–370. doi: 10.1080/10942912.2011.631255

Turhan, I.; Bialka, K. L.; Demirci, A.; Karhan, M. Enhanced Lactic Acid Production from Carob Extract by *Lactobacillus Casei* Using Invertase Pretreatment. *Food Biotechnol.* 2010, 24(4), 364–374. DOI: 10.1080/08905436.2010.524485.

V

Valero-Munoz M., Martin-Fernandez B., Ballesteros S., Lahera V., de las Heras N. Carob pod insoluble fiber exerts anti-atherosclerotic effects in rabbits through sirtuin-1 and peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1 α . *J. Nutr.* 2014; 144:1378–1384. doi: 10.3945/jn.114.196113.

Verma, A.; Tiwari, A.; Panda, P. K.; Saraf, S.; Jain, A.; Jain, S. K. Locust Bean Gum in Drug Delivery Application. In *Natural Polysaccharides in Drug Delivery and Biomedical Applications*; Academic Press, 2019; pp 203–222.

W

Wang, Y.; Wu, J.; Lv, M.; Shao, Z.; Hungwe, M.; Wang, J.; Bai, X.; Xie, J.; Wang, Y.; Geng, W. Metabolism characteristics of lactic acid bacteria and the expanding applications in food industry. *Front. Bioeng. Biotechnol.* 2021, 9, 612285.

Wielinga, W. Seed Gums. In *Food Stabilizers, Thickeners and Gelling Agents*; Imeson, A., Ed.; WileyBlackwell: Chichester, 2010; pp 167–179.

Wu L, Zhang C, Long Y, Chen Q, Zhang W, Liu G. Food additives: from functions to analytical methods. *Crit Rev Food Sci Nutr.* (2022) 62:8497–517. doi: 10.1080/10408398.2021.192982.

Y

Yatmaz, E. R. C. A. N.; Karahalil, E.; Germec, M.; Oziyci, H. R.; Karhan, M. U. S. T. A. F. A.; Duruksu, G.Ö. K. H. A. N.; Turhan, I.; Turhan, I. Enhanced β -mannanase Production from Alternative Sources by Recombinant *Aspergillus Sojiae*. *Acta Aliment.* 2016, 45(3), 371–379. DOI: 10.1556/066.2016.45.3.8.

Yatmaz, E.; Turhan, I. Carob as a Carbon Source for Fermentation Technology. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 2018, 16, 200–208. DOI: 10.1016/j.bcab.2018.08.006.

Yatmaz, E.; Turhan, I. Optimization of Mannanase Production from *Aspergillus Sojae* pyrG–Transformed Using Response Surface Method. *J. Biotechnol.* 2012, 161, 39.

Yogurtçu, H. and Kamyşlı , F. 2006 . Determination of Rheological Properties of Some Pekmez Samples in Turkey. *Journal of Food Engineering*, 77 (4) : 1064 – 1068 .

Z

Z. Pang, H. Deeth, P. Sopade, R. Sharma, N. Bansal, Rheology, texture and microstructure of gelatin gels with and without milk proteins, *Food Hydrocoll.* 35 (2014) 484–493,

Z. Yang, L. Hemar, E.P. Yacine Hilliou, D.J. Gilbert, M.A.K. McGillivray, S Chaieb Williams, Nonlinear behavior of gelatin networks reveals a hierarchical structure, *Biomacromolecules* 17 (2016) 590–600, <https://doi.org/10.1021/acs.biomac.5b01538>.

Zavoral JH, Hannan P, Fields DJ, Hanson MN, Frantz ID, Kuba K, et al. The hypolipidemic effect of locust bean gum food products in familial hypercholesterolemic adults and children. *Am J Clin Nutr.* 1983;**38**(2):285–294. doi: 10.1093/ajcn/38.2.285

Zhao, X.; Wang, Q.; Yang, S.; Chen, C.; Li, X.; Liu, J.; . . . Cai, D. Quercetin Inhibits Angiogenesis by Targeting Calcineurin in the Xenograft Model of Human Breast Cancer. *Eur. J. Pharmacol.* 2016, 781, 60–68. DOI: 10.1016/j.ejphar.2016.03.063.

Zhu, B. J.; Zayed, M. Z.; Zhu, H. X.; Zhao, J.; Li, S. P. Functional Polysaccharides of Carob Fruit: A Review. *Chin. Med.* 2019, 14(1), 40. DOI: 10.1186/s13020-019-0261-x

Zohary, M. 1973. Geobotanical Foundations of the Middle East, 2 vols. Stuttgart.



Annexes

Annexe I : Tableau des différents matériels, appareils, réactifs et milieu de culture utilisé dans cette étude

Matériels et appareils	Réactifs et milieu de culture
pH- mètre	Phénolphtaléine
Viscosimètre	Hydroxyde de sodium
Refractomètre	Eau physiologique
Etuve	Eau pitonnée
Balance de précisions	Eau distillé
Autoclave	Bouillon sélénite
Four	Gélose PCA
Plaque chauffante	Gélose VRBG
Bain marianne	Gélose Bard Parker
Bec bunsen	Gélose Sabouraud
Spatule	Solution NaOH 1/9
Louche	
Spatule	
Gobelets	
Casserole	
Cuve	
Broyeur à café	
Bouteilles (PET)	
Flacons stérile	
Becher	
Erlenmeyer	
Burettes graduée	
Flacons stérile	
Pipettes pasteur	
Flacons	
Boîtes de pétrie	
Portoir	
Thermomètre	
Papier hygiénique	
Micropipettes	

Annexe II : Méthodes officielles d'analyses microbiologiques et physico- chimiques
Relative au lait et produits dérivés

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTÈRE DU COMMERCE

**DIRECTION GÉNÉRALE DU CONTRÔLE
ÉCONOMIQUE ET DE LA RÉPRESSION
DES FRAUDES**

**Direction des Laboratoires d'Essais
et d'Analyses de la Qualité**



Annexe III : Norme internationale de la microbiologie alimentaire (Dénombrement des Enterobacteriaceae)

NORME
INTERNATIONALE

ISO
21528-2

Deuxième édition
2017-06

Version corrigée
2018-06

**Microbiologie de la chaîne
alimentaire — Méthode horizontale
pour la recherche et le
dénombrement des
Enterobacteriaceae —**

Partie 2:

Technique par comptage des colonies

*Microbiology of the food chain — Horizontal method for the
detection and enumeration of Enterobacteriaceae —*

Part 2: Colony-count technique

<https://standards.iteh.ai/en/standards/iso/21528-2/2017-06-01/iso-21528-2-2017>



Numéro de référence
ISO 21528-2:2017(F)

© ISO 2017

Annexe v :

14		JOURNAL OFFICIEL DE LA REPUBLIQUE ALGERIENNE N° 39		8 Chaoual 1438 2 juillet 2017	
1- Laites et produits laitiers (suite)					
Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc (1)/g ou ufc/ml)	
		n	c	m	M
Crème pasteurisée	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Crèmes glacées et desserts lactés congelés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁵	10 ⁶
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Enterobacteriaceae (2)	5	2	50	5.10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Beurre cru	<i>Escherichia coli</i>	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Beurre pasteurisé	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Beurre concentré	Germes aérobies à 30 °C	5	2	5.10 ²	5.10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	0	Absence	
	Coliformes totaux	5	0	Absence	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Laites fermentés (Lben, Raib...)	Coliformes totaux	5	2	3.10 ⁴	3.10 ⁵
	Coliformes thermotolérants	5	2	30	3.10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	3.10 ²	3.10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Yaourts ou yoghourts et desserts lactés	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Caséines-caseinates	Germes aérobies à 30 °C	5	2	3.10 ⁴	3.10 ⁵
	Staphylocoques à coagulase +	5	0	Absence	
	Coliformes totaux	5	0	Absence dans 0,1 g	
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

(1) Ufc : unité formant colonie.

(2) Ce critère s'applique au stade du portionnement dans le commerce de détail, c'est-à-dire lors du fractionnement ou de la manipulation en vue de la vente directe au consommateur final.

14 - Confiseries

Catégories des denrées alimentaires	Micro-organismes/ métabolites	Plan d'échantillonnage		Limites microbiologiques (ufc/g)	
		n	c	m	M
Chocolat, végécao et produits dérivés	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ³	10 ⁴
	Enterobacteriaceae	5	2	10 ²	10 ³
	Levures et moisissures	5	2	10 ²	10 ³
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
	<i>Listeria monocytogenes</i>	5	0	100	
Poudre de cacao	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁵	10 ⁶
	Enterobacteriaceae	5	2	10	10 ²
	Staphylocoques à coagulase +	5	2	10 ²	10 ³
	Levures	5	2	10 ²	10 ³
	Moisissures	5	2	10 ³	10 ⁴
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	
Autres produits de confiserie (caramels, bonbons, nougats, halkouma...)	Germes aérobies à 30 °C	5	2	10 ⁵	10 ⁶
	Coliformes totaux	5	2	2	10 ²
	Moisissures	5	2	10	10 ²
	<i>Salmonella</i>	5	0	Absence dans 25 g	

Résumé

Trois voies de valorisations ont été entreprises dans cette étude : le yaourt enrichi à la caroube, la mélasse à base de caroube et un dessert lacté à base de caroube. L'analyse du pH et l'acidité titrable de la poudre de caroube ont indiqué qu'elle est acide (4,35- 0,28 g /L). Les analyses physico-chimiques du yaourt fortifié avec la caroube ont montré la diminution du pH (4,24-4,06), l'augmentation de l'acidité titrable (77-83° D) et la légère élévation de degré Brix (16-18°B) et que les yaourts ainsi élaborés sont d'excellentes qualités microbiologiques. Les analyses sensorielles ont montré une préférence pour le yaourt enrichi en poudre de caroube, et la prédilection porte sur les yaourts aromatisés avec la fraise et la banane. La mélasse de caroube que l'on a produite est de bonne qualité et elle répond bien aux exigences de fabrication (pH= 5,26, degré Brix= 68 et la viscosité= 277,77 centipoises). Enfin, les analyses sensorielles ont indiqué que flan est d'une qualité acceptable.

Mots clés : caroube, valorisation, yaourt, mélasse, flan.

Abstract :

In this study, three methods of valorisation of carob pods were carried out : yoghurt fortified with carob powder, carob molasse and milk dessert. pH and titratable acidity analysis showed that carob solution is acid (4,35-0,28g/L). Physicochemical analysis of yoghurt enriched with carob powder revealed a decrease in pH (4,24-4,06), and an increase in titratable acidity (77-83°D) and a slight increase in degree Brix (16-18) and that the manufactured yoghurt is of excellent microbiological quality. The sensorial analysis unveiled that the panel prefers the carob-enriched yoghurt and especially the strawberry and banana aromatized yoghurt. The manufactured carob molasse is of acceptable quality and meets the production requirements (pH=5,26, degree Brix=68 and viscosity=277,77 centipoises). Finally, the organoleptic analysis highlighted that the milk dessert is of acceptable quality.

Key-words : Carob, valorization, yoghurt, molasse, milk dessert.

ملخص

تم إجراء ثلاث طرق للثمين في هذه الدراسة: الزبادي المخصب بالخروب ودبس الخروب وحلوى الحليب القائمة على الخروب. أشار تحليل الرقم الهيدروجيني والحموضة القابلة للمعايرة لمسحوق الخروب إلى أنه حمضي (4.35-0.28 جم/لتر). أظهرت التحاليل الفيزيائية والكيميائية للزبادي المدعم بالخروب انخفاضاً في درجة الحموضة (4.24-4.06)، وزيادة في الحموضة القابلة للمعايرة (77-83) درجة د (وزيادة طفيفة في درجة بريكس 16-18) درجة ب (وأن الزبادي وبالتالي يتم إنتاجها لها صفات ميكروبيولوجية ممتازة. وأظهرت التحاليل الحسية تفضيل الزبادي المدعم بمسحوق الخروب، والتفضيل للزبادي بنكهة الفراولة والموز. دبس الخروب الذي قمنا بإنتاجه ذو نوعية جيدة ويلبي متطلبات التصنيع) الأس الهيدروجيني 5.26 =، درجة بريكس 68 = واللزوجة 277.77 -مئوية. (وأخيراً أشارت التحاليل الحسية إلى أن نوعية الفلان مقبولة.

الكلمات المفتاحية: الخروب، الثمين، الزبادي، الدبس، الفلان.