

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département de Sciences Alimentaires
Filière : Sciences Alimentaires
Spécialité : Production et Transformation Laitière



Réf:.....

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Formulation d'un yaourt brassé enrichi avec sirop et poudre de
caroube**

Présenté par :

DJOUDAD AMAL

Soutenu le : 18/09/2025

Devant le jury composé de :

Mr MADANI KHODIR Professeur
M. BRAHMI NABILA MCA
M. TOUATI NAIMA MCA
M. BABOURI DIHIA
Doc

Président
Encadreur
Examineur
CO-Encadreur

Année universitaire : 2024 / 2025



REMERCIEMENTS

Nous tenons tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant et miséricordieux, qui nous a donné la force et la patience, la santé et le courage d'accomplir ce modeste travail.

On tient à exprimer nos vifs remerciements à notre promotrice **Mme Brahmi N** pour nous avoir acceptés de nous encadrés, ces précieux conseils, ces orientations et pour le temps qu'il nous a consacré à la réalisation de ce mémoire.

Un grand merci à la Co promotrice **Melle Babouri D** pour son soutien moral et physique, ces orientations sa disponibilité et la confiance qu'elle m'a fait, dont on gardera des souvenirs de ses qualités profondément humaine.

Nos remerciements vivement et très respectueusement les membres de jury Mr MADANI et Melle TOUATI, qui nous ont honorés en acceptant d'examiner notre travail.

Nous adressons aussi nos remerciements à **Mr F BERKATI** qui nous a ouvert les portes de TCHIN LAIT.

Nous tenons également à exprimer notre considération à **Mme Ferhat K** responsable de R&D pour son chaleureux accueil et tous les efforts fournis et ses conseils afin de contribuer à la réalisation de ce travail.

Un grand merci à **Mme Kebbiche A** et **Mr Bouguaci M** et l'ensemble d'équipe de R&D de Tchén Lait pour leur aide, leur disponibilité, et leur esprit d'équipe et leur soutien.

Nous remercions également tous les enseignants du département Science Alimentaire pour tout le savoir qu'ils nous ont donné durant notre cursus universitaire, ainsi que pour mes collègues de la promotion M2 PTL 2025.

Enfin un grand merci pour ceux qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail.

Dédicace

*Tout d'abord, je voudrais remercier **Dieu** le tout puissant qui m'a conduit à ce niveau académique et m'a donnée le courage et la patience et la santé pour faire ce travail.*

*À mon cher roi papa « **Ali** » model de sacrifice silencieux ; qui m'a élevé, et qui a pris soin de moi et m'a enseigné jusqu'à ce que j'atteigne ce que je suis maintenant que Dieu le protège et prolonge sa vie et sa santé.*

*Je suis honoré de dédier cet humble travail à la femme qui m'a donné naissance à ce monde et qui m'a donné son amour, sa tendresse et ses prières qui m'a accompagnée dans chaque étape à ma chère maman « **Ghania** » , que Dieu la protège et prenne soin d'elle et prolonge sa vie et sa bonne santé.*

*A mes chères sœurs **Rym, Yasmine, Nawal, Samia** et mes deux frères **Yahia** et **Nanah (Md Salah)** ma première force dans les moments de doute. Ce travail est aussi le vôtre.*

*Pour toute ma famille **Djoudad** et **Hanniche** cousins et cousines grands et petits ; surtout mes grands-parents **Md Tahar & Fatima** et **Zahra & Abd El Rahmane** .*

*Pour ma chère cousine Pr **Djoudad Kaji Hafsa** et Mr **Da Saadi Djerroud** qui m'ont toujours soutenir et m'ont donné la main et pour leur chaleureux conseils, ainsi que pour mon enseignante Madame **Guerfi F.***

*Pour mes jolies copines « **Nadjat ,Lina, Khaoula , Fatima , Ghouzlane , Hanane, Saida , Aicha ,Nadia Sihem, Chaima ,Dehbia** et sa maman adorable tante **Meriem , Isma, Ikram ,Aya , Asma , Amira , , Sylia ,Houda , Rahima et Chaima** » merci pour vos encouragements vos rires et votre présence constante vous avez embelli ce parcours .*

Je dédie ce travail à tous les enfants et les étudiants de Palestine, à ces armes courageuses qui au milieu des épreuves continuent de croire en la lumière de savoir ; votre résilience est une leçon de dignité, votre amour pour la connaissance est un acte de résistance, cette modeste œuvre est dédiée à vous en hommage à votre force, espoir et votre foi inébranlable en vie.



Liste des abréviations

AFSSA : Agence française de sécurité sanitaire des aliments

LB : *Lactobacillus*

JORA : journal officiel

mg : milligramme

g : Gramme

Kg : Kilogramme

µg : microgramme

ml : millilitre

L : litre

µl : microlitre

MG : matière grasse

N : normale

nm : nanomètre

CP : centpoise

m Pa s : milli pascal seconde

H : heures

Min : minutes

pH : Potentiel d'Hydrogène

°Brix : Degré Brix

C° : Degré Celsius

% : Pourcent

Abs : Absorbance

Listes des figures

Figure 1 : Aire de distribution du caroubier dans le monde	3
Figure 2 : Carte géographique de la distribution de caroubier en Algérie (A.N.R.H, 2004)....	4
Figure 3 : Fruit du caroubier A : gousses vertes non maturés ; B : gousses brunes maturés....	4
Figure 4 : Graines du caroubier	5
Figure 5 : Croquettes de caroube / pulpes	6
Figure 6 : Diagramme de fabrication des Yaourts	17
Figure 7 : A: gousses de caroube, B: pulpe sans graines découpés en morceaux, C: Graines.....	17
Figure 8 : Réaction entre $AlCl_3$ + et les flavonoïdes (Mbaebie, 2012).....	23
Figure 9 : le mélasse de caroube (Bouremoume <i>et al.</i> , 2023).....	24
Figure 10 : Un réfractomètre	25
Figure 11 : Un viscosimètre	25
Figure 12 : Evolution du PH dans les différents yaourts pendant la fermentation.....	35
Figure 13 : Evolution e l'acidité titrable dans les différents yaourts pendant la fermentation	35
Figure 14 : Evolution de degré Brix dans les différents yaourts pendant la fermentation....	36
Figure 15 : Evolution de la viscosité dans les différents yaourts pendant la fermentation.....	37
Figure 16 : Photo des produits finaux de yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube ..	38
Figure 17 : Les résultats d'analyses sensorielles pour l'apparence globale.....	39
Figure 18 : Les résultats d'analyses sensorielles pour la texture en bouche	40
Figure 19 : Les résultats d'analyses sensorielles pour l'odeur.....	41
Figure 20 : Les résultats d'analyses sensorielles pour le gout	42

LISTE DES TABLEAUX

N°	Titre	Page
1	Composition chimique de la poudre de caroube	11
2	Tableau représentatif du panel de dégustateurs	30
3	Propriétés physico-chimique de la poudre de caroube	31
4	Résultats phyto-chimiques de la poudre de caroube	34
5	Résultats physico-chimique du sirop de caroube	36
6	Résultats physico-chimiques de yaourt enrichi avec poudre et sirop de caroube	39

Table de matière

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction1

I- La bibliographie

I-Généralités sur le caroubier3

1/-Origine et aire de dispersion du caroubier3

2/-Description botanique de l'espèce *Ceratonia Siliqua*4

3/-Caroubier en Algérie et dans le monde 4

3-1/-Dans le monde4

3-2/-En Algérie5

4/-Présentation botanique du (*Ceratonia Siliqua*)..... 5

4-1 /-Arbre.....6

4-2/-Floraison..... 7

4-3/-Fleurs.....7

4-4/-Fruit7

4-5/- graines.....8

4-6/-Pulpes8

5/-Intérêts d'utilisation du caroubier9

6/-Utilisation dans le domaine agroalimentaire..... 9

6-1/-Utilisation cosmétique10

6-2/-Utilisation médicale10

6-3/-Utilisation chimique10

6-4/-Composition chimique de la caroube.....11

7/- Activités biologiques.....	11
7-1/- Propriétés antioxydantes :.....	11
Stress oxydatif	11
7 -2/- Effet antimicrobienne	12
7-3/- Effets antidiabétiques	12
7-4/- Effets gastro-intestinal.....	13
8/- Le sirop de caroube	13
8-1/- Fabrication du sirop de caroube.....	13
8-2/- Application alimentaire du sirop de caroube.....	13
8-3/- Les bienfaits du sirop de caroube	13
9-Le yaourt	15
9-1/- Définition du yaourt	15
9-2/- Processus de fabrication du yaourt	15
9-3/- Les différents types de yaourt	15
9-3-1/- Selon la technologie de fabrication	16
9-3-1-1/- Le yaourt ferme	16
9-3-1-2/- Le yaourt brassé	16
9-3-1-3/- Le yaourt à boire	16
9-3-2/- Selon la teneur en matière grasse	16
9-3-3/- Selon le gout	16
9-4/- Qualité de yaourt	16
9-4 -1/- Qualité organoleptique	16
A-Fermeté	17
B-Texture.....	17

C-Gout.....	17
D-Arome	17
9-4 -2/-Qualité hygiénique	17
9-5/- Composition de yaourt	18
9-5-1/- Les glucides	18
9-5-2/- Les protéines	18
9-5-3/- Les lipides	18
9-5-4/- Les minéraux	19
9-5-5/- Les vitamines	19

II - Matériel et méthodes

1/-Matériels et méthodes	21
1/-Lieu de stage	21
2/-Objectif du travail	21
3/-Préparation de la poudre de caroube	21
3-1/-Nettoyage	21
3-2/-Séchage	21
3-3/-Séparation de la pulpe	21
3-4/-Broyage et tamisage	22
4/-Analyses physico chimiques de la poudre de caroube	22
4-1/-Détermination du potentiel d'hydrogène (pH)	22
4-2/-Détermination d'humidité	22
4-3/Teneur en cendres	23
4-4/- Détermination de l'acidité titrable	23
4-5/-Sucres totaux	24

4-6 /-Détermination des fibres	24
4-7/- Détermination des lipides	25
5/-Analyses phyto-chimiques.....	25
6-3/- Teneur en polyphénols totaux	25
6-4/- Teneur en flavonoïdes	26
6-5/-Dosage des Tanins	27
7/-Préparation du sirop de caroube	27
8/-Analyses physico chimiques.....	28
8-1/-Détermination de degré de Brix.....	28
8-2/- Détermination de la viscosité	29
9-Préparation du yaourt brassé (méthode interne)	29
10/-Préparation des formulations de yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube	30
11/-Analyse sensorielle	30
11-1/-Evaluation sensorielle.....	30
11-2/-Etude sensorielle.....	30

III- Résultats et discussion

1-Résultats d'analyses physico-chimiques de la poudre de caroube	31
1-1-Détermination du pH	31
1-2-Détermination de l'acidité titrable.....	31
1-3-Détermination de taux d'humidité	32
1-4-Dosage des lipides	32
1-5- Dosages des sucres totaux.....	23
1-6-Détermination de la teneur en cendre	33
1-7-Détermination de la teneur en fibres	33

2-Résultats des analyses phyto-chimiques.....	34
2-1-Détermination des polyphénols	34
2-2-Détermination des flavonoïdes	35
2-3-Détermination des tanins	35
3-Résultats des analyses physico-chimiques de sirop de caroube.....	35
3-1-Détermination du Ph.	36
3-2-Détermination de l'acidité titrable	36
3-3-Détermination de degré Brix.....	36
3-4-Détermination de la viscosité	37
4-Résultats de yaourt enrichi avec poudre et sirop de caroube	37
4-1-Détermination du pH.....	38
4-2-Détermination de l'acidité titrable.....	39
4-3-Détermination de degré Brix	40
4-4-Détermination de la viscosité	41
5-Résultats d'analyses sensorielles.....	42
5-1- Apparence globale.....	42
5-2-Texture en bouche	43
5-3-Odeur	44
5-4-Gout	45

Conclusion et perspectives

Conclusion	46
------------------	----

Annexes

Références bibliographiques

Résumé

INTRODUCTION

Introduction

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L*), appartenant à la grande famille des légumineuses, est une essence presque endémique du pourtour méditerranéen, cultivé depuis longtemps pour ses produits dérivés mais aussi pour sa résistance au manque d'eau (**Biner et al., 2007 ; Avallone et al., 1997**). C'est un arbre qui pousse principalement dans la partie nord du pays (**Boublenza et al., 2019**). Le caroubier se révèle actuellement l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers puisque toutes les parties de l'arbre (feuille, fleur, fruit, bois, écorce et racine) sont utiles (**Aafi , 1996**).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L*) est un arbre emblématique de la région méditerranéenne, en particulier en Tunisie, où il pousse naturellement le long des côtes. Récemment, cet arbre a connu une exploitation croissante dans l'industrie alimentaire, tant dans des pays orientaux qu'occidentaux, pour la fabrication de divers produits alimentaires utilisés comme aliments, ingrédients ou additifs (**Rejeb ,1995 ; Tounsi et Kechaou, 2017**). Par exemple, le sirop de caroube est prisé comme aliment énergétique en raison de sa richesse en sucres (**Tetik et al., 2011**), tandis que la poudre de caroube peut être utilisée comme substitut du cacao grâce à ses qualités sensorielles et à l'absence de caféine (**Ayaz et al.,2009**).

Les améliorations apportées ces dernières années à la technologie de production des produits laitiers ont permis de créer des produits de pointe, adaptés aux exigences des consommateurs et du secteur (**FAO, 2020**).

Face à l'augmentation continue de la demande des consommateurs pour divers produits, l'investissement dans ce secteur agroalimentaire s'avère prometteur. En effet, l'industrie des yaourts fermentés a connu une telle expansion qu'elle est devenue une composante essentielle de notre secteur laitier en Algérie. Cependant, la caroube reste largement méconnue et sous-exploitée, n'ayant pas encore reçu l'attention qu'elle mérite, notamment dans la région de Bejaia, malgré l'intérêt croissant qui lui est accordé depuis plusieurs décennies. Il y'a peu d'études existantes sur la gousse, mais notre étude sera complémentaire aux études précédentes concernant la valorisation du caroubier par son incorporation dans différents aliments.

Dans ce cadre, le travail présenté dans ce manuscrit, réalisé à l'université de Bejaia et au laboratoire du centre **R&D** du groupe **TCHIN-LAIT**, a pour objectif d'enrichir un yaourt brassé à partir de poudre et de sirop de caroube, ainsi que d'évaluer la qualité physico-chimique et sensorielle des produits finaux.

Le travail se divise en deux volets. Le premier concerne une étude bibliographique axée sur la caroube et le Yaourt fermenté. La seconde partie présente l'aspect pratique, en commençant par le matériel et les méthodes utilisées dans le cadre de cette recherche. Cela inclut l'extraction de poudre et du sirop de caroube, la formulation de Yaourt à partir de ces additifs, ainsi que les diverses analyses réalisées durant cette phase. Ensuite, les résultats obtenus sont exposés et discutés, avant de conclure avec une conclusion et des perspectives.

CHAPITRE 1
BIBLIOGRAPHIQUE

I. Généralités sur le Caroubier

1. Origine et aire de dispersion du caroubier

Les preuves génétiques et fossiles indiquent que le caroubier et ses ancêtres ont probablement une origine pré-méditerranéenne. Il est probable que ces ancêtres étaient largement répandus autour de la mer de Téthys pendant le Paléogène, dans des forêts tropicales qui ont été appauvries par les extinctions successives lors de la transition vers le climat méditerranéen (Viruel et *al.*, 2020).

Le terme caroubier provient de l'arabe El kharroub. Son nom scientifique est *Ceratonia siliqua* L. Le genre *Ceratonia*, dérivé du grec *keratia*, signifie petite corne, tandis que l'épithète *siliqua*, en latin, fait référence à une gousse ou silique. L'origine géographique du caroubier reste floue. SCHWEINFURTH a suggéré qu'il pourrait provenir du Sud de l'Arabie. D'autres chercheurs, tels que VAVILOV et DE CANDOLLE, ont indiqué qu'il serait natif de la région est méditerranéenne, notamment en Turquie et en Syrie (Batlle et Tous, 1997), comme c'est illustré dans la (figure 01).



Figure 01 : Aire de distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997).

2. Classification botanique de l'espèce *Ceratonia siliqua* .L (Quezel et Santa, 1962).

La classification botanique permet d'identifier de nommer, et de ranger les plantes selon les caractéristiques communes

- Règne : Végétal
- Sous-règne : Viridiplantae
- Superdivision : Embryophyta
- Division : Tracheophyta
- Subdivision : Spermatophytina
- Classe : Magnoliopsida
- Superordre : Rosanae
- Ordre : Fabales
- Famille : Fabaceae
- Genre : *Ceratonia* L.
- Espèce : *Ceratonia siliqua* L

3. Caroubier en Algérie et dans le monde

3.1. Dans le monde

L'arbre *Ceratonia siliqua* L appartient à la famille des *Fabaceae* et se trouve naturellement en Grèce, en Italie, en Espagne, en Algérie, au Maroc, en Turquie et en Syrie. Autrefois, les anciens Grecs l'ont introduit en Grèce et en Italie, tandis que les Arabes l'ont propagé le long de la côte nord-africaine jusqu'en Espagne et au Portugal. Récemment, le caroubier s'est étendu vers des régions au climat méditerranéen similaire, comme la Californie, l'Arizona, le Mexique, le Chili, l'Argentine, l'Australie et l'Inde. En termes de production et d'exportation de caroube, l'Espagne occupe la première place dans le monde avec environ 315 000 tonnes par an, suivie par l'Italie, le Maroc, le Portugal, la Grèce, la Turquie et Chypre (Stavrou et al.,2018) .

3.2. En Algérie

Les caroubiers sont peu fréquemment cultivés dans l'Atlas saharien, mais beaucoup plus souvent dans le tell. On les retrouve généralement dans des zones au climat méditerranéen (Baumel et al., 2018), ainsi que dans des régions à climat continental, comme la steppe

algérienne, où des caroubiers sauvages ont été repérés à une altitude de 1168 m, dans des endroits où les températures descendent régulièrement à -10 °C (Mahdad ., 2013). L'espèce *C. siliqua* se trouve souvent en association avec l'olivier (*Olea europaea*), le lentisque (*Pistacia lentiscus*), et parfois avec l'olivier sauvage (*Olea oleaster*) et le lentisque du Mont Atlas (*Pistacia atlantica*), tandis que sa présence avec le laurier-rose (*Nerium oleander*) est rare dans les thalwegs de la steppe algérienne (Mahdad et al., 2022).

Le caroubier préfère les collines bien ensoleillées des régions côtières ou sublittorales telles que le Sahel algérien, Dahra, la Kabylie, la vallée de la Soummam (1074 hectares) et de l'Oued Isser, les collines d'Oran et les coteaux de Mostaganem à climat semi-aride chaud, ainsi que les plaines d'Annaba, de la Mitidja et de Boussaâda, et les vallées intérieures (1054 hectares) (Zitouni., 2010).

En Algérie, la distribution du caroubier en fonction du critère de production concerne les wilayas suivantes : Bejaia, Blida, Tipaza, Boumerdès, Ain-Defla, Bouira, Tlemcen, Mascara, Tizi Ouzou.

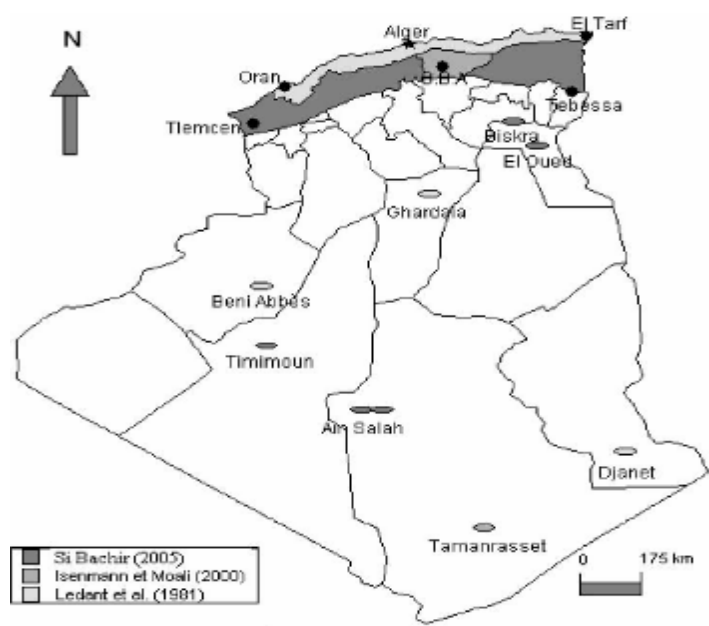


Figure 02 : Carte géographique de la distribution de caroubier en Algérie (A.N.R.H, 2004).

4. Présentation botanique du caroubier (*Ceratonia siliqua* L)

4.1. Arbre

Le caroubier est une plante qui peut se présenter sous la forme d'un arbre ou d'un arbuste

à feuillage persistant, ce qui signifie que ses feuilles restent vertes toute l'année sans tomber à une saison spécifique. Il a une croissance lente et peut atteindre une hauteur comprise entre 7 et 20 mètres. Généralement, le tronc de cet arbre est massif et tordu, avec une circonférence à la base variant entre 2 et 3 mètres (**Ait Chitt, 2007**).

Lorsqu'ils atteignent l'âge adulte, les arbres de *Ceratonia siliqua* L ont une écorce lisse et grise qui évolue ensuite pour devenir brune et rugueuse (**Melgarejo et Salazar, 2003**).

Le bois du caroubier change de couleur au fil du temps, passant d'un blanc jaunâtre à un rose veiné pour finalement devenir rouge foncé. Sa texture devient également plus rigide en vieillissant. Ce bois de qualité est utilisé dans divers domaines tels que l'armurerie et la fabrication de charbon (**Boudy, 1950 ; Benmahioul et al., 2011**).

4.2. Floraison

Le caroubier fleurit d'août à novembre. Pendant cette période, les fleurs du caroubier poussent pour donner des fruits, appelés gousses de caroube, qui arrivent à maturité à la fin du printemps de l'année suivante (**Batlle et Tous, 1997 ; Gharnit, 2003**).

4.3. Fleurs

Les fleurs du caroubier ont une teinte verdâtre et mesurent entre 6 et 16 mm de long. Elles sont disposées en spirale, avec chaque fleur légèrement décalée par rapport à celle qui la précède. Ces fleurs sont regroupées en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, ce qui indique qu'elles poussent à l'aisselle des feuilles (**Kicher et Ladjouzi, 2016**).

Ces fleurs sont généralement regroupées en grappes latérales qui sont dressées ou ascendantes, avec de courts pédoncules. Au début, les fleurs sont hermaphrodites ; cependant, au cours du développement et du fonctionnement des cellules, un axe est supprimé, ce qui conduit à la formation de fleurs mâles ou femelles (**Ait chitt et al., 2007**).

4.4. Le fruit

Le fruit du *Ceratonia siliqua* L est de grande taille, mesurant généralement entre 10 et 30 cm de long, 1,5 à 3,5 cm de large et 1 à 2,5 cm d'épaisseur, avec un poids variant de 15 à 40 g. Lorsqu'il est immature, il est de couleur verte, puis évolue vers une teinte brun foncé à noire et dégage un parfum agréable à maturité (en été). À ce stade, il est aplati, pouvant être droit ou courbé, et est divisé à l'intérieur par des cloisons pulpeuses. Il renferme de 5 à 16 graines brunes, représentant environ 10 à 20 % du poids de la gousse, en fonction du cultivar, du climat et des pratiques agricoles utilisées. (**Ait chit et al., 2007**).

La gousse se compose de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines. Initialement verte, sa couleur devient ensuite brun foncé une fois arrivée à maturité (**Kicher et Laddjouzi, 2016**).



Figure 03 : Fruits du caroubier, A : gousses vertes non mures, B : gousses brunes mures

4.5. Graines

Les graines de caroube sont de petite taille, aplaties et ovales, avec une extrémité basale tronquée et une extrémité apicale aplatie. Elles se composent de trois parties distinctes. Les téguments, une enveloppe externe solide et lisse de couleur brune, représentent initialement 30 à 33 % du poids total de la graine. Ensuite, la radicule, également connue sous le nom d'embryon, occupe 23 à 25 % de la graine. La radicule est riche en énergie car elle renferme une grande quantité de protéines solubles dans l'eau et de lipides principalement insaturés. Enfin, l'endosperme, situé entre les téguments et la radicule, constitue 40 à 50 % du poids de la graine. La gomme de caroube est principalement concentrée dans l'endosperme (**Dakia et al., 2008 ; Dakia, 2011**).

Selon **Batlle et Tous., (1997)**, Les graines de caroube mesurent entre 8 et 10 mm de long, entre 6 et 8 mm de large, et ont une épaisseur d'environ 3 à 5 mm (**Gharnit et al., 2006 ; Mahdad et Guaour., 2016**).



Figure 04 : Graines du caroubier

4.6. Pulpes

La composition chimique de la pulpe varie généralement en fonction du cultivar, de son origine et parfois de la période de récolte (**Albanell et al., 1991**). Elle renferme des glucides, en plus de fibres alimentaires, de tanins et de polyphénols (**Papagiannopoulos et al., 2004**). Le sucrose (65 à 75%) (**Petit et al., 1995**), le fructose (3 à 8%) et le glucose (3 à 5%) (**Avallone et al., 1997**), ce qui lui donne une saveur très sucrée (**Biner et al., 2007**). Mais pauvre en protéines (1-2%) et en lipides (0.5- 0.7%) (**Avallone et al., 1997**). Elle renferme également une concentration très élevée de fibres (27-40%) ainsi qu'une quantité de polyphénols (16 à 20%) (**Makris et al., 2004**). De plus, la pulpe constitue une excellente source de minéraux tels que (K, Ca, Na, Fe et de Mg) (**Matthausa et al., 2001**), et de vitamines (**Makris et al., 2004**). Elle est très riche en sucre (48 à 72%) .



Figure 05: Croquettes de caroube / Pulpe

5. Intérêts et utilisation du caroubier

Selon (**Boublenza et al., 2019**), le caroubier joue un rôle crucial sur le plan économique et socio-économique. Actuellement, il est considéré comme l'arbre le plus productif parmi les arbres fruitiers et forestiers. Toutes les parties de cet arbre, y compris les feuilles, les fleurs, la pulpe, les graines et l'écorce, sont précieuses. Notamment, le fruit est utilisé dans divers secteurs tels que l'alimentation, la pharmacie, la cosmétique et la tannerie.

5.1. Utilisation dans le domaine agroalimentaire

Deux produits dérivés de la caroube sont fréquemment utilisés dans les industries agroalimentaires : la farine et la gomme de caroube. Depuis longtemps, les gousses de caroube sont utilisées comme matières premières pour la fabrication d'additifs alimentaires. (**Biner et al., 2007**).

En Méditerranée, les gousses broyées en farine sont souvent utilisées comme alternative au cacao en raison de leur douceur, de leur saveur similaire au chocolat et de leur coût abordable. Elles sont couramment utilisées dans la fabrication de confiseries, de biscuits, de produits transformés et de boissons. (Ayaz *et al.*, 2009), En outre, la poudre de caroube extraite des gousses est considérée comme un édulcorant naturel, ce qui explique pourquoi elle est fréquemment préférée au cacao. Son principal avantage réside dans le fait qu'elle ne renferme aucun stimulant tel que la caféine ou la théobromine, contrairement au chocolat (Bengoechea *et al.*, 2008).

5.2. Utilisation Cosmétique

La gomme de caroube est appréciée pour sa capacité à créer des solutions très visqueuses, ce qui en fait un ingrédient courant dans la fabrication de savons, crèmes, dentifrices, etc. Ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes permettent d'obtenir des solutions visqueuses même à faible concentration (Roukas, 1998).

5.3. Utilisation médicale

Le caroubier est recommandé comme remède naturel pour divers problèmes digestifs tels que les reflux gastriques fréquents, l'irritation du côlon, l'acidité gastrique, la stéatorrhée, l'anémie et les carences nutritionnelles (Ayaz *et al.*, 2009).

En ce moment, la caroube est actuellement étudiée pour ses nouveaux antioxydants naturels présents dans la graine et la pulpe du fruit. Ces propriétés antioxydantes sont dues à la présence de composés phénoliques et de fibres. De plus, le caroubier est un allié efficace pour les régimes minceur. Des recherches scientifiques ont prouvé que cette plante médicinale peut aider à traiter les problèmes liés au surpoids et à l'obésité en bloquant certaines enzymes digestives grâce à sa haute teneur en tannins, tout en procurant une sensation de satiété. (Kawamura, 2008). La farine de caroube est connue pour ses propriétés régulatrices sur les niveaux de glucose sanguin et sa capacité à réduire le taux de cholestérol total. Des études biologiques ont démontré l'activité antimicrobienne de la pulpe de caroube contre *Staphylococcus aureus* (Kawamura, 2008). Les tanins présents dans la caroube pourraient expliquer le mécanisme d'adsorption de la caroube sur les entérotoxines produites par certaines souches d'*Escherichia Coli*, de *Staphylocoques* et de *Vibrio cholérique* (Batlle *et al.*, 1997).

5. 4. Utilisation chimique

La farine de caroube sert à l'extraction de sucre, à la fabrication d'acide citrique et à la fermentation de l'éthanol. Les racines et l'écorce sont utilisées dans le processus de tannage (Haddarah, 2013).

6. Composition chimique de la caroube

Le fruit de la caroube se compose d'un mélange complexe de métabolites primaires et secondaires, caractérisé par la présence de sucres et de fibres. On y trouve également une grande variété de polyphénols (voir tableau I), ainsi que de nombreux minéraux et acides aminés. La pulpe et les graines constituent les deux principaux éléments de la caroube, représentant respectivement 90 % et 10 % de son poids total (Goulas *et al.*, 2016 ; Mekhoukhe *et al.*, 2018; Van Rijs et Fogliano, 2020 ; Elaoufi *et al.*, 2022).

Tableau I : Composition chimique de la poudre de caroube (Kalifa et al., 2013).

Composant	Poudre de caroube %
Humidité	10,2
Glucides	38.7
Glucides réducteurs	11.6
Glucides non réducteurs	27.1
Fibres alimentaires	6,90
Tannins	6,70
Protéines et acide aminés	2,74
Lipides et acides gras	1,15
Cendres et minéraux	3

7. Activité biologique

De nombreuses recherches ont mis en évidence diverses réponses physiologiques liées au caroubier et à ses dérivés, qui pourraient être significatives pour favoriser la santé humaine ainsi que pour la prévention ou le traitement de certaines maladies chroniques (**Goulas et al., 2016**).

7.1. Propriété antioxydantes

7.1.1. Stress oxydatif

On observe une grande diversité de radicaux libres et d'ions, notamment les espèces réactives de l'oxygène et les espèces réactives de l'azote (**Loullis et Pinakoulaki, 2017**). Selon la quantité, ces radicaux libres peuvent avoir un double effet, agissant soit comme des composés bénéfiques, soit comme des substances toxiques.

Les polyphénols, en tant qu'antioxydants d'origine externe, jouent un rôle dans la neutralisation des excès de ROS/RNS. Étant particulièrement riche en acides phénoliques, la caroube contribue à la chélation des radicaux libres, ce qui aide à prévenir le stress oxydatif (**Loullis et Pinakoulaki, 2017**). L'extrait phénolique de caroube influence les cellules d'adénomes et offre une protection contre les agents de stress oxydatif, notamment le H₂O₂. (**Klenow et al., 2009**).

7.2. Effet anti microbienne

La poudre de caroube (riche en pectines, tanins, mannanes et galactanes) est efficace dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles (**Berger.,1951**). Les tanins sont probablement responsables de la lutte antibactérienne : sur la base de la teneur en tanins, auxquels l'activité antimicrobienne a été liée, l'extrait de caroube inhibe les germes *Cellvibrio fulvus* et *Clostridium cellulosolvens* à 15 µg/ml, *Sporocytophaga myxococcoides* à 45 µg/ml et *Bacillus subtilis* à 75 µg/ml. Les concentrations inhibitrices de l'acide tannique ont été trouvées à 12, 10, 45 et 30 µg/ml, respectivement (**Henis et al.,1964**).

7.3. Effet antidiabétique

La réduction de l'hyperglycémie après les repas par l'inhibition de deux enzymes clés liées au diabète de type 2, à savoir l' α -amylase et l' α -glucosidase, constitue une approche thérapeutique essentielle pour la gestion de cette maladie. En effet, l' α -glucosidase, en exerçant son activité catalytique, libère du glucose dans la circulation sanguine, entraînant une élévation de son niveau. En limitant l'absorption intestinale des glucides grâce aux inhibiteurs de l' α -glucosidase, on parvient à contrôler l'augmentation du taux de glucose sanguin (**Rtibi et al., 2017**). Les

infusions à base de feuilles, de farine de germe, de pulpe, de gomme de caroube et d'écorce de tige de caroubier montrent une activité inhibitrice *in vitro* sur l' α -amylase et l' α -glucosidase (Custódio *et al.*, 2015). Les inositols possèdent un fort potentiel pour la santé et ont été suggérés comme traitement pour des affections telles que le diabète, l'obésité, l'athérosclérose et l'hypertension (Nasar-Abbas *et al.*, 2015).

7.3. Effet gastro-intestinal

(Vivatvakin et Buachum, 2003) et (Miyazawa *et al.*, 2007) ont prouvés que des agents épaississants comme la gomme de caroube (galactomannanes) ont été utilisés avec succès pour traiter le reflux gastro-œsophagien (régurgitations) chez les bébés.

8. Le sirop de la caroube

8.1. Fabrication de sirop de caroube

Parmi les différents produits de la caroube, l'un des plus populaires et des plus commercialisés est le sirop de caroube (Kavaz ., 2006).

Le sirop de caroube élaboré peut servir dans différentes recettes alimentaires en tant qu'alternative au sucre. Il est couramment employé pour attendrir et conserver les fruits de saison, ainsi que pour la réalisation de gâteaux, de biscuits et de confiseries faites maison. De plus, il peut être utilisé comme nappage pour les desserts, à verser sur des brochettes ou des crêpes, pour mariner la viande, ou encore comme édulcorant dans les boissons, qu'elles soient chaudes ou froides (Nasar-Abbas *et al.*, 2015).

8.2. Application alimentaire du sirop de caroube (Tetik *et al.*, 2011)

Le sirop de caroube trouve plusieurs applications alimentaires :

- *Le sirop de caroube est consommé comme un aliment énergétique grâce à sa composition nutritionnelle riche en sucres

- *Il est consommé avec le yaourt

- * Il est utilisé comme édulcorant naturel au lieu du miel pour la consommation du produit traditionnel « assida ».

- * Il est utilisé avec le sirop et la pâte de date pour la préparation des produits de pâtisserie.

8.3. Les bienfaits du sirop de caroube

Le sirop de caroube trouve également des applications thérapeutiques comme un remède

naturel pour soulager ou traiter certaines maladies courantes liées au système digestif (aphtes buccales, douleurs abdominales, crise hémorroïdaire, ulcères d'estomac, reflux gastrique, ballonnement, constipation et diarrhée) et système respiratoire (mal de gorge, toux, expectoration, grippe et bronchite) (**Tounsi et Kechaou 2019**).

En outre, le sirop de caroube a montré *in vitro* des activités antioxydantes, anti-inflammatoires et antiprolifératives élevées (**Wang et al.,2011 ; Ioannou et al.,2023**). En particulier, le sirop de caroube a réduit la prolifération de la lignée cellulaire de l'adénocarcinome du côlon en favorisant l'apoptose (**Ben Ayache et al.,2020**). En outre, le sirop de caroube a montré une activité anti-diarrhéique principalement grâce à sa capacité à inhiber la croissance des bactéries pathogènes (telles que *Escherichia coli*) (**Dhaouadi et al., 2014**) ;(**Rtibi et al.,2017**).

La plupart des effets biologiques des extraits et produits de caroube ont été liés à la présence de composés phénoliques (**Stavrou et al., 2018**). Plusieurs composés phénoliques appartenant à différentes classes ont été identifiés et quantifiés dans les produits de caroube. La classe la plus importante de composés phénoliques dans la caroube était représentée par les acides phénoliques (principalement l'acide galique, l'acide protocatéchuique, l'acide coumarique, l'acide férulique et l'acide caféique), les gallotannins, les flavanols (catéchines et procyanidines) et les flavonols (dérivés de la quercétine et de la myricétine) (**Dhaouadi et al., 2014 ; Chait et al.,2020 ; Papaginnopoulos et al.,2004**). Le profil phénolique quali-quantitatif variait en fonction des produits de caroube. Par exemple, dans la fibre de caroube, les composés phénoliques les plus importants étaient les flavonols et les gallotannins hydrolysables, tandis que dans le sirop de caroube, le profil phénolique était dominé par l'acide galique, qui pouvait représenter jusqu'à 90 % des composés phénoliques totaux (**Dhaouadi et al., 2014 ; Ioannou et al., 2023 ; Papaginnopoulos et al., 2004**).

Sa composition minérale, qui comprend des macroéléments (potassium, calcium, magnésium et sodium) et des microéléments, principalement du fer et du zinc, est particulièrement intéressante (**Tounsi et al., 2024**). Le sirop de caroube contient des composés bioactifs aux propriétés antioxydantes et antimicrobiennes (**Rodriguez-Solana et al., 2021**).

Ces composés sont principalement des polyphénols, des molécules de brunissement non enzymatiques (HMF, mélanoidines) et des substances volatiles. Bien que plusieurs études aient étudié la présence de ces composés et évalué leur bioactivité bénéfique *in vitro* (**Zinnani et**

al.,2024 ; Tounsi et al.,2020). Le potentiel prébiotique des produits à base de caroube et le rôle de ces composés bioactifs restent largement inexplorés. L'innovation de cette recherche réside dans la caractérisation du potentiel prébiotique des sirops de caroube, jusqu'à présent mal décrit, et dans sa comparaison avec les sirops de caroube artisanaux et commerciaux, révélant ainsi les composés organiques volatils potentiellement responsables de cette activité prébiotique. Cette recherche contribuera à la compréhension scientifique des propriétés fonctionnelles du sirop de caroube tout en soutenant la préservation et la promotion de pratiques de production locales et durables dans les communautés méditerranéennes.

II. Le Yaourt

1. Définition de Yaourt

Le mot "yaourt" trouve son origine dans le terme turc "yoğurt". Il découle du verbe turc « yoğurmak », qui fait référence à la fermentation bactérienne permettant de transformer le lait en un produit plus consistant (Gün, 2012).

Le yaourt est un produit laitier coagulé obtenu par la fermentation lactique acide, réalisée grâce à deux bactéries essentielles : '*Lactobacillus bulgaricus*' et '*Streptococcus thermophilus*'. Ce processus se fait à partir de lait pasteurisé ou concentré, avec ou sans ajout de lait en poudre, de fruits ou de sucres. Les microorganismes présents dans le produit final doivent être en bonne santé et en quantité suffisante (Luquet, 1990). Cette fermentation provoque une baisse du pH et une acidité titrable qui doit être de 0,7 % (Van Asseche, 1994).

D'après le Codex Alimentarius et la FAO (Food and Agriculture Organization, 1975), Le yaourt est un produit laitier coagulé qui est obtenu après la fermentation du lait entier, demi écrémé ou écrémé, par deux bactéries : *Streptococcus thermophiles* et *lactobacillus bulgaricus*. Elles métabolisent le sucre du lait, le lactose en acide lactique et doivent rester vivantes dans le produit final qui n'est donc pas stérilisé (Tamime et Robinson, 2007).

Les microorganismes doivent se trouver vivants et abondants dans le produit final (Syndifrais, 1997).

Il existe des yaourts glacés dans lesquels les ferments utilisés peuvent survivre à la congélation, restant ainsi actifs après la décongélation (B.T.S/Bio analyses et contrôles).

2. Processus de fabrication du yaourt

Les méthodes de fabrication des yaourts et des laits fermentés sont caractérisées par trois phases distinctes, chacune comprenant plusieurs étapes (**figure**).

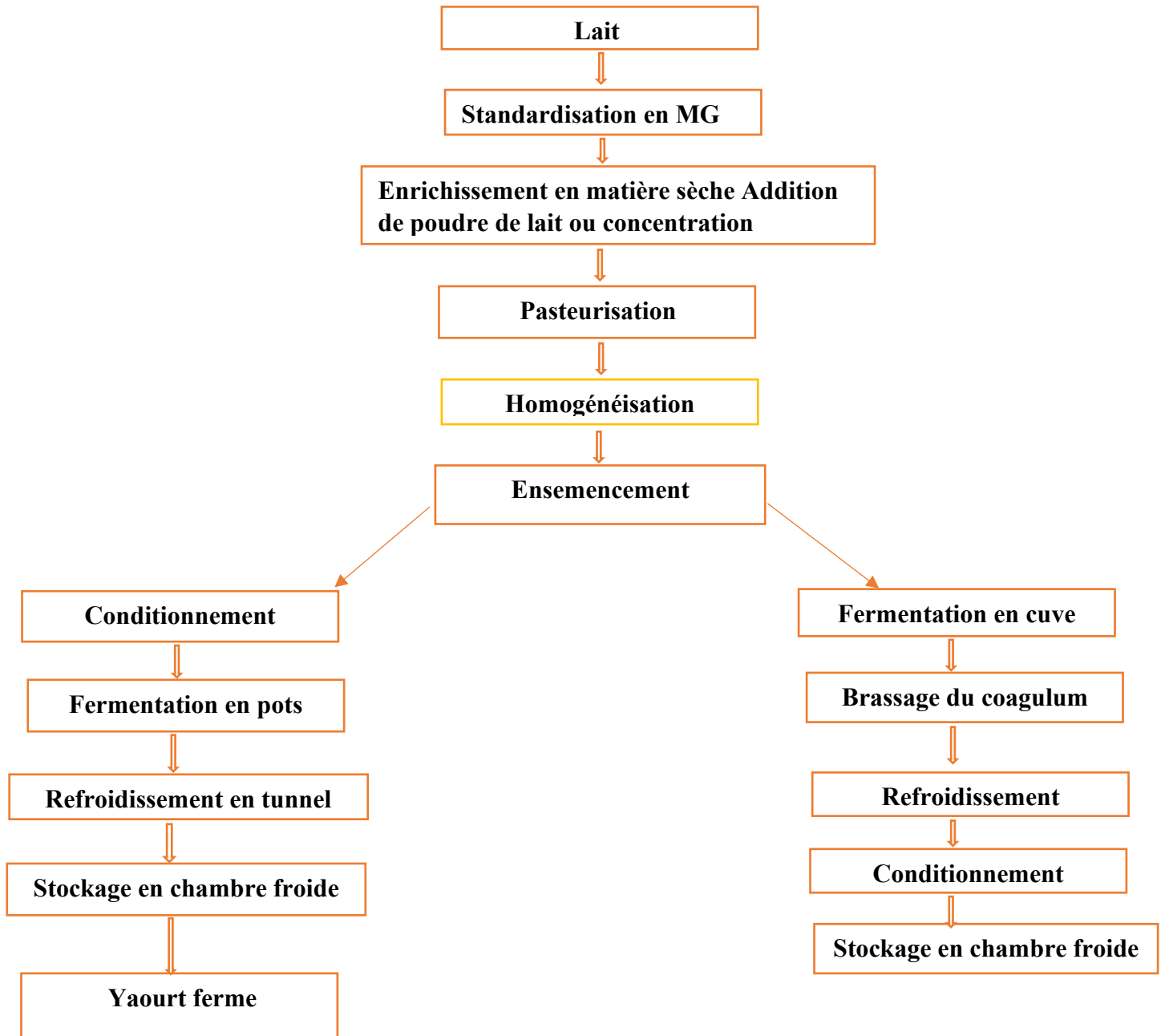


Figure 06 : Diagramme de fabrication des yaourts (Bourlioux, 2011)

3. les Différents types de yaourt

Le yaourt est différent selon plusieurs critères : Selon La technologie de fabrication, selon la teneur en matières grasses et selon le goût.

3.1. Selon la technologie de fabrication (Vignola.,2000)

3.1.1. Le yaourt ferme (Étuvé ou traditionnel)

Le laitensemencé est placé directement dans des récipients où la fermentation se déroulera. Il est essentiel de ne plus remuer le mélange afin d'obtenir une consistance ferme. Une fois formé, un refroidissement sur place sera réalisé à une température de 2 °C, comme pour le yaourt nature

3.1.2. Le yaourt brassé

La fermentation du laitensemencé se déroulera dans des cuves en acier inoxydable avant le brassage et l'emballage. Il s'agit généralement de yaourts nature ou aux fruits, avec une texture veloutée et aromatisé.

3.1.3. Le yaourt à boire (boisson)

Possède une consistance liquide permettant une consommation sans cuillère, dont la méthode de production est similaire à celle du yaourt brassé, mais où le caillé est transformé en une texture liquide avant d'être conditionné (**Hammadi ., 2016**).

3.2. Selon la teneur en matière grasse (Cidil., 2009)

- ☐ Yaourt entier : au minimum 3% de matière grasse en poids.
- ☐ Yaourt partiellement écrémé : moins de 3% en matière grasse.
- ☐ Yaourt écrémé : au maximum 0,5% de matière grasse.

3.3. Selon le gout (Hammadi., 2016)

Selon le gout, nous avons remarqué les différents types de yaourts suivants

- ☐ Yaourt naturels (sans addition).
- ☐ Yaourt sucrés.
- ☐ Yaourt aux fruits, miel, à la confiture : moins de 30% d'éléments ajoutés.
- ☐ Yaourt aromatisés : arôme naturel ou synthétique autorisé par la législation

4 .Qualité de Yaourt

4.1. Qualité organoleptique

Le yaourt doit répondre aux caractéristiques suivantes :

a. Fermeté

L'objectif principal lors de la fabrication du yaourt est de garantir une texture et une dureté constantes tout au long du processus de production et durant toute la période de conservation. Il est peu probable que la fermeté du yaourt soit influencée pendant la phase de conservation (Shakeel Hanif et *al.*, 2012).

b. Texture

Les variations de texture observées entre les yaourts sont liées au type de lait employé ainsi qu'à leurs différences de composition (Shakeel Hanif et *al.*, 2012). En effet, une concentration élevée en matière sèche totale favorise une plus grande fermeté du gel tout en diminuant le niveau de synérèse (Mohammeed et *al.*, 2004).

c. Goût

La diminution du goût du yaourt est causée par l'augmentation de l'acidité, l'oxydation des graisses ou la dégradation des protéines (Shakeel Hanif et *al.*, 2012). Les activités protéolytiques des bactéries lactiques peuvent engendrer certains effets indésirables sur le lait fermenté. La formation de peptides amers est principalement due à la protéolyse effectuée par *Lb. delbrueckii* ssp bulgaricus durant la période de stockage (Gürsoy et *al.*, 2010).

D. Arôme

Les éléments aromatiques qui participent à l'arôme final du yaourt peuvent être classés en quatre catégories : les acides non volatils (comme l'acide lactique et l'acide pyruvique), les acides volatils (tels que l'acide butyrique et l'acide acétique), les composés carbonyles (comme l'acétaldéhyde et le diacétyl) ainsi que divers autres composés (y compris les acides aminés et les produits issus de la dégradation thermique) (Serra et *al.*, 2009).

4.2. Qualité hygiénique

Selon la norme nationale de 1998, N°35 parue au **Journal Officiel**, les yaourts ne doivent contenir aucun germe pathogène. Le traitement thermique appliqué sur le lait avant fabrication

du yaourt est suffisant pour détruire les micro-organismes non sporulés pathogènes ou non. Leur présence dans le yaourt ne peut être que de manière accidentelle. Le pH acide du yaourt le rend hostile aux germes pathogènes, comme pour la plupart des autres germes indésirables.

Les levures et les moisissures peuvent se développer dans le yaourt. Leur présence est principalement due à l'air ambiant, dont la contamination se produit lors de l'étape de conditionnement (**Larpen et Bourgois, 1989**).

5. Composition du yaourt

Le lait, principalement celui de vache, constitue la matière première essentielle pour la production de yaourt (**Tamime et Robinson, 1999**). Les yaourts contiennent une quantité plus élevée de protéines, de calcium et de lactose par rapport au lait ordinaire. Ces produits présentent des niveaux de sucre variables, avec une concentration de saccharose allant de 7 à 12 (**Syndifrais, 1997**).

5.1. Les glucides

La principale modification due à la fermentation de la teneur en lactose de 20 à 30 %. En partant d'un lait enrichi de poudre de lait écrémé au taux de 2 %, la teneur du yaourt en lactose résiduel est de l'ordre de 4,5 g pour 100 g. La dégradation du lactose conduit à la formation de galactose, de glucose et d'acide lactique qui passe d'un niveau pratiquement nul à un niveau de 0,8 à 1 %, dont 50 à 100 % d'acide L+ lactique selon les ferments (**Syndifrais, 1997**).

La quantité finale de galactose se situe autour de 1 à 1,5 %. Les niveaux de glucose et d'oligosaccharides sont très bas (**Syndifrais, 1997**).

5.2. Les protéines

Il a été suggéré que les protéines présentes dans le yaourt sont plus facilement digestibles que celles du lait, car une prédigestion bactérienne des protéines lactées peut se produire dans le yaourt. Cette affirmation est renforcée par des preuves montrant une concentration plus élevée d'acides aminés libres, notamment la proline et la glycine, dans le yaourt par rapport au lait (**Oskar et al., 2003**).

Les bactéries lactiques produisent des enzymes qui partiellement hydrolysent les protéines du lait. Ainsi, un yaourt contient davantage de peptides et d'acides aminés que le lait (**Rasic et al., 1971**).

5.3. Les lipides

L'hydrolyse des triglycérides se déroule de manière très douce et n'affecte pas de façon significative la valeur nutritionnelle (**Syndifrais, 1997**). Il existe une hydrolyse très modérée des triglycérides qui n'a pas d'incidence nutritionnelle observable (**Bourlioux et al., 2011**).

5.4. Les minéraux

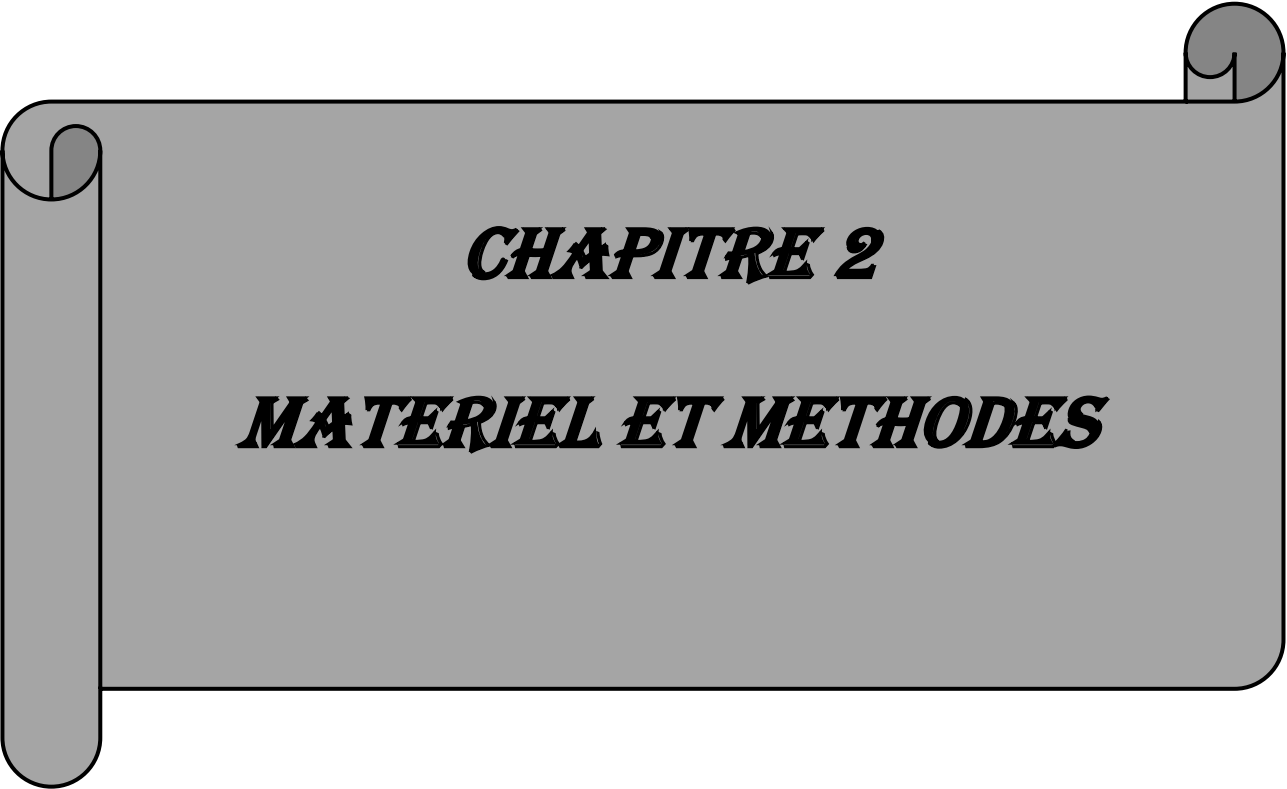
Outre sa richesse en protéines, le yaourt constitue également une très bonne source de calcium et de phosphore. Grâce à son pH plus bas que celui du lait, le calcium et le magnésium se trouvent dans le yaourt principalement sous forme ionique (**Oskar et al., 2003**).

Un pot de yaourt de 125 g apporte 180 à 200 mg de calcium (**Syndifrais, 1997**).

5.5. Les vitamines

La teneur en vitamines du yaourt est principalement déterminée par la composition du lait employé. En outre, celle-ci sera également modifiée durant le processus de fermentation, qui est influencé par la souche utilisée.

La concentration en vitamines liposolubles A et D dépend de la quantité présente dans le lait utilisé (**Syndifrais, 1997**).



CHAPITRE 2

MATERIEL ET METHODES

I. Matériels et méthodes

1. Lieu de stage

L'ensemble des manipulations de ce travail effectuées sur les différents échantillons préparés ont été réalisés au niveau du laboratoire de Technologie alimentaire de l'université de Bejaia et d'autre au niveau de laboratoire de recherche et développement (R & D) du groupe **TCHIN-LAIT**.

2. Objectif du travail

Dans le cadre de notre stage, nous nous sommes entraînés à l'usine Tchín Lait de Bejaia. Cette formation nous a apporté beaucoup de connaissances et nous a permis de nous sentir satisfaits et d'appliquer toutes nos connaissances théoriques que nous avons acquises lors de nos études universitaires, dans un véritable environnement professionnel.

L'objectif de notre travail consiste dans la valorisation du sirop de caroube par l'incorporation de ce dernier dans la fabrication d'un yaourt fermenté et étudier son effet sur la qualité physicochimique et organoleptique du yaourt fabriquée.

3 .Préparation de la poudre de caroube

Les gousses de caroubes utilisés pour la préparation de la poudre et le sirop sont issues de la wilaya de Mila.

3.1. Nettoyage

Pour nettoyer les gousses de caroube, rincez-les d'abord à l'eau froide pour éliminer la poussière et les impuretés

3.2. Séchage

Etaler les gousses de caroube sur une plaque couverte avec du papier aluminium et les mettent au four à 40°C pour éviter la prolifération des bactéries et la dénaturation des nutriments de la caroube jusqu'à ce qu'elle soit cassantes.

3.3. Séparation de la pulpe

Sert à séparer la pulpe de caroube avec les graines et découper en morceaux.



Figure 07 : A) Gousses de caroube ; B) Pulpe sans graines découpés en morceaux ; C) Graines

3.4. Broyage et tamisage

Sert à broyer la pulpe de caroube à l'aide d'un mortier et un pilon avant de les mettent dans un broyeur à fin d'obtenir une poudre fine, puis faire passer la poudre dans un tamis de 250µm

4. Analyses physico chimique de la poudre de caroube

4.1. Mesure du potentiel d'hydrogène (pH)

Principe

Mesure en unités de pH de la différence de potentiel entre deux électrodes en verre immergées dans une solution aqueuse de gomme de caroube (NF V 05-108, 1970).

Mode opératoire

0,5 de poudre mis dans 25 ml eau distille, sous agitation pendant 30 min puis filtrer, mesurer le pH après l'avoir étalonné. (Demerkol tarakaci , 2018).

4 .2.Détermination de taux d'humidité

Principe

Le séchage de la poudre de caroube permet d'évaluer son taux d'humidité. Cette opération consiste à placer les échantillons dans une étuve à 105 °C pendant 24 heures, jusqu'à ce qu'un poids constant soit atteint (Doymaz et al., 2004).

Mode opératoire

2 g de poudre ont été mesuré dans des boites de pétri en verre puis placer dans une étuve a 105 °C, peser et faire chaque 1 h jusqu'à ce que le poids soit stabilisé.

$$H \% = (mf - ms) / mf * 100$$

Mf : matière végétale fraîche

Ms : matière végétale après séchage (AOAC 1990).

4.3. Teneur de cendres

Principe

Le taux de cendres a été mesuré en brûlant des échantillons dans un four à moufle jusqu'à obtenir un résidu de couleur blanche (Boussaid et al., 2020).

Mode opératoire

2 g de poudre ont été pesés dans des creusets en porcelaine, puis mis au four à 900°C pendant 2h. Le poids a été mesuré avant et après l'incinération. (AFNOR, 1985).

$$\text{Cendres \%} = (m_i - m_f) / m_i * 100$$

m_i : masse initiale

m_f : masse finale

4.4. Détermination de l'acidité titrable

Principe

L'acidité titrable se définit par le titrage d'une solution aqueuse à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH), en utilisant un indicateur coloré tel que la phénolphthaléine. L'acidité titrable des boissons a été quantifiée en équivalent d'acide citrique.

Mode opératoire

Selon la norme *NF-V05-101- 1974*, 0,5 g d'échantillon additionné à 50 ml d'eau distillé. Agitation jusqu'obtention d'un liquide homogène pendant 30 min, le mélange a été chauffé pendant 30 min puis filtré. Un volume de 10ml de la solution filtré a été prélevé dans un bécher de 50 ml puis ajouter 10 ml d'eau distillé et quelques gouttes de phénolphthaléine, titration avec NaOH (0,1 N).

$$\text{Acidité titrable \%} = 250.V_1.100 / V_0.M .10 * 0.07$$

M : masse en g (produit prélevé)

V_0 : volume (ml) de prise d'essai

V_1 : volume de la solution hydroxyde de solution utilisé (0,1N)

250 : facteur de conservation qui varie selon le protocole

10 : facteur d'échelle pour ajouter les unités

4.5. Sucres totaux

Principe

Le dosage repose sur la réaction de condensation entre les produits de déshydratation des oses et un chromogène, le phénol. Ce processus entraîne la formation de chromophores de teinte jaune-orange, dont l'apparition est surveillée par la mesure de l'augmentation de la densité optique à 485 nm, selon **(Dubois et al.,1956)**.

Mode opératoire

0,5 g de poudre a été mélangé à 12,5 d'éthanol 80%,et faire agiter le mélange pendant 2 h à température ambiante, puis filtrer et conserver le mélange à 4 °C. Dans une série de tube à essai 200 µl d'extrait additionné à 200 µl phénol à (1%) et 1 ml acide sulfuriques concentré.

Après chauffer le mélange à 100 °C pendant 5 min et après refroidissement la densité optique a été mesurer à 480 nm, un blanc dont 200 µl d'éthanol 80%, remplace l'extrait ; une courbe d'étalonnage a été réalisée avec un standard du glucose **(Dubois et al.,1956)**.

4.6. Détermination des fibres

Principe

Les fibres alimentaires sont des polymères glucidiques d'origine végétale, associées ou non dans la plante à la lignine ou à d'autres constituants non glucidiques (polyphénols, cires, saponosides, phytostérols...) **(AFSSA, 2002)**.

L'apport en fibres provient majoritairement des végétaux qui constituent notre alimentation : fruits, légumes, diverses graines et céréales **(Bruneton, 1999)**.

Mode opératoire

Selon **AACC, méthode 32-10-01**

Peser environ 1 g d'échantillon broyé (≈ 1 mm) avec une précision de 1 mg. Ajouter 150 ml d'acide sulfurique à 1,25 % (préchauffé) dans le tube, pour accélérer l'ébullition.

Ajouter 3 à 5 gouttes de n-octanol (anti-mousse). Après faire bouillir pendant 30 minutes avec un reflux constant. Ensuite faire aspirer pour vidanger l'acide et rincer 3 fois avec 50 ml d'eau déionisée chaude. Ajouter 150 ml de KOH à 1,25 %, plus quelques gouttes de n-octanol. Faire

bouillir 30 minutes, et répéter le rinçage avec l'eau déionisée chaude trois fois, puis 3 fois avec 25 ml d'acétone, en remuant et en soufflant de l'air comprimé. Sécher les creusets dans un four à 105 °C pendant une heure ou jusqu'à poids constant. Après peser le creuset après dessiccation. A la fin calciner à 550 °C pendant 3 h pour retirer les cendres, puis reconditionner dans un dessiccateur.

→ La différence de poids correspond à la teneur en fibres brutes (sans cendres).

4.7 .Détermination des Lipides

Principe

L'extraction par solvant organique (Hexane), spécifique pour la détermination du taux de la matière grasse est réalisée avec un appareil de type Soxhlet. A la fin de l'extraction, on peut admettre que toute la matière grasse est transférée dans le solvant (ISO 659, 1998).

Mode opératoire

1g d'échantillon dans 200ml HCl à 6N, après faire une ébullition pendant 1h. Ensuite filtrer et laver à l'aide de l'eau distille. Faire sécher le filtrat à 103°C pendant 1h.

un ballon séché préalablement puis l'ajout de 200ml d'hexane, placer le filtre dans une cartouche et boucher avec de coton cadré, ensuite placer la cartouche dans soxlet et placer le réfrigérant (alimentation en eau). Allumer le chauffe ballon et attendre le 1^{er} siphonage et calculer le temps, faire le calcul pour 20 siphonage, distiller le maximum d'hexane (à récupérer). Enfin récupérer le ballon et sécher à 103°C/1-2H et peser après séchage.

$$\text{MG} = \frac{m(\text{ballon} + \text{échantillon}) \text{ après séchage} - m(\text{ballon vide}) * 100}{m(\text{échantillon})}$$

5. Analyses phyto-chimiques

5.1. Teneur en polyphénols totaux

Principe

Le dosage des polyphénols a été réalisé à l'aide du réactif colorimétrique Folin-Ciocalteu, suivant la méthode décrite par (Singleton et al.,1999). Tous les composés phénoliques sont oxydés par ce réactif, qui est de couleur jaune et composé d'un mélange d'acide phosphotungstique et d'acide phosphomolybdique. Lors de l'oxydation des phénols, ces acides sont réduits en un mélange d'oxyde bleu de tungstène et de molybdène. La teinte bleue ainsi

générée est proportionnelle à la concentration des composés phénoliques, avec une absorbance maximale observée à 760 nm.

Mode opératoire

La teneur phénolique total (TPC) des extraits a été déterminé selon (Singleton et Rossi, 1965). 200 µl d'extrait dilué a été mélangé à 1 ml de réactif de folin-ciocalteu à 10% après un temps de repos de 1 à 8 min, 800 µl de la solution Na₂CO₃ (7,5%, p/v), ensuite mesurer l'absorbance après 2 h d'incubation à température ambiante et dans l'obscurité à 765 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV. L'acide gallique a été utilisé comme standard de référence et les composés phénoliques totaux ont été exprimés en mg équivalent d'acide gallique (EAG) par g de pulpe séchée.

5.2. La teneur totale en flavonoïdes

Principe

La méthode du trichlorure d'aluminium est utilisée pour quantifier les flavonoïdes dans les extraits aqueux et méthanolique de *Ceratonia siliqua* (Baharun et al., 1996).

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre en position 5 susceptible de donner en présence de chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre par chélation de l'ion Al³⁺. La coloration jaune produite est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (Ribéreau-Gayon et Gautheret, 1968).

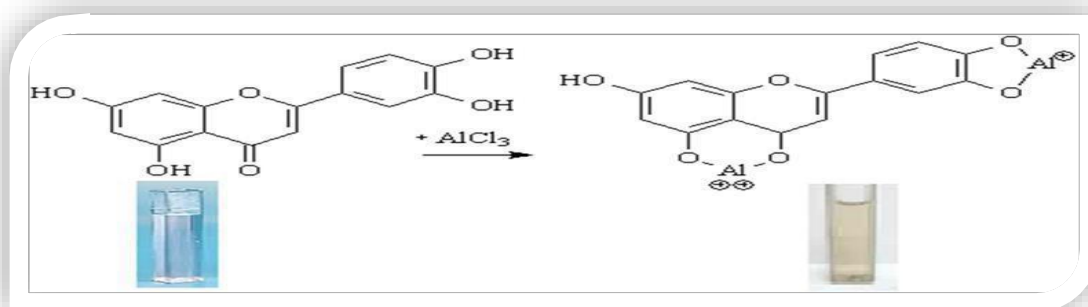


Figure 8 : Réaction entre AlCl₃ + et les flavonoïdes (Mbaebie,2012).

Mode opératoire

250 µl d'extrait ont été mélangé à 1,25 ml d'eau, puis 75µL d'une solution de NaNO₂ à 5%. Après un temps de repos de 6 minutes, 150µL d'une solution d'AlCl₃6H₂O à 10% ont été

ajoutés, après laisser à reposer pendant 5 minutes supplémentaires avant d'ajouter 0,5 ml de solution 1 MNaOH. Le mélange a été porté à 2,5 ml avec de l'eau distillée et bien mélangé. L'absorbance a été mesurée immédiatement par rapport au blanc à 510 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. Enfin les résultats ont été calculés et exprimés en mg d'équivalents de (+) catéchine (mg d'échantillon) (Heimler *et al.*, 2005).

5.3. Tanins

Principe

Le mélange de l'extrait tannique avec le réactif chlorure ferrique provoque la coloration rouge violette du complexe, d'où la formation des ions (Fe^{3+}) (Bate Smith, 1973).

Mode opératoire

50 μ l de l'extrait ajouté 3mL d'une solution de vanilline à 4% de méthanol et 1,5 ml d'acide chlorhydrique concentré. Ensuite le mélange est reposé pendant 15 minutes, et l'absorption a été mesurée à 500 nm contre du méthanol comme blanc. La quantité de tanin condensé a été calculée et exprimée en mg d'équivalents catéchine (mg d'ECA/g d'échantillon) (Broadhuest et Jones, 1978).

6. Préparation du sirop de caroube

Selon la méthode traditionnelle, le sirop de caroube était préparé en trois étapes principales : extraction, filtration et concentration.

Le processus consistait à laver et à sécher au soleil les gousses de caroube (pulpes et graines) jusqu'à déshydratation complète, broyer les gousses dans un mortier traditionnel. 200g de gousses broyées étaient mélangés à 500ml d'eau distillé et conservés toute la nuit. Le lendemain, la macération était filtrée sur un tissu, le filtrat était ensuite porté à ébullition pendant environ 6 heures jusqu'à l'obtention d'une consistance sirupeuse, conservé dans des bouteilles en verre à 4 °C (Ben Ayache S *et al.*, 2020).



Figure 9: le mélasse de caroube (Bouremoume *et al.*, 2023)

7. Analyses physico-chimiques

7.1. Détermination du degré de Brix

Principe

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans les mêmes conditions de préparation et de température. Cette concentration est exprimée pourcentage massique (AFNOR, 1970).

Mode opératoire

Le degré Brix ($^{\circ}\text{B}$) consiste à utiliser un réfractomètre, nettoyer le prisme de réfractomètre avec l'eau distillé puis quelques gouttes de l'échantillon sont placées sur le prisme du réfractomètre, après l'appareil mesure l'indice de réfraction de la solution. Le réfractomètre fournit une lecture directe de la valeur Brix.



Figure 10: Un réfractomètre (internet)

2. Détermination de la Viscosité (méthode interne)

Principe

La viscosité d'un fluide est mesurée à l'aide d'un viscosimètre rotatif, qui évalue la viscosité à un gradient de vitesse spécifique. Son fonctionnement repose sur l'application d'une force de mouvement sur un axe central, qui est un élément mobile de taille fixe tournant à une vitesse constante. La plage de mesure dépend de la vitesse de rotation de cet élément, ainsi que de ses dimensions et de sa forme, en plus du couple de torsion du ressort calibré. La résistance à la rotation de l'élément mobile est enregistrée grâce à un ressort spiral interne, puis convertie en unités de viscosité, telles que les centpoises ou les milli-pascal secondes (Decodts et Flamarion, 1985).

Mode opératoire

La viscosité des échantillons a été déterminée à l'aide d'un viscosimètre rotatif de modèle FUNGILAB. L'évolution de la viscosité a été établie de la manière suivante : choisir le mobile approprié (R1, R2, R3, R4, R5, R6 ou R7), puis insérer ce mobile dans le produit à tester (100 ml) jusqu'à ce que le niveau du liquide atteigne le repère indiqué sur la tige. La valeur est ensuite lue directement sur l'écran.



Figure 11 : un viscosimètre (internet)

8. Préparation du yaourt brassé (méthode interne)

Pour préparer un yaourt brassé ; le lait doit être à (4-6°C), ensuite faire un préchauffage à (70°C), puis homogénéiser. Après faire une pasteurisation à (95°C/1-2min), et chauffer le mélange pour la destruction des micro-organismes, puis refroidir le lait pasteurisé à environ (45°C),ensemencer le lait pasteurisé avec des ferments lactiques et agiter pendant (2-3min). La maturation se fait dans des tanks (4-6H) jusqu'à (pH=4,6) à fin de formation de la texture, ensuite faire un brassage à (45°C), puis abaissement de la température à (6°C) pour stopper la fermentation, conditionner le produit fini dans des tanks après le mettre dans la chambre froide à 14°C. Enfin l'obtention d'un yaourt brassé.

9. Préparation des formulations de yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube

Pour préparer deux formulations différentes d'un yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube, on a utilisé dans la formulation (1) : 3g de poudre et 9g de sirop de caroube et 84g de la masse blanche ; pour la formulation (2) : 1g de poudre et 15g du sirop de caroube avec 88g de la masse blanche.

10. Analyse sensorielle

L'analyse sensorielle, souvent désignée sous le terme de métrologie sensorielle, regroupe l'ensemble des techniques, outils et instruments employés pour évaluer avec précision les caractéristiques organoleptiques d'un produit. Ces caractéristiques sollicitent les sens humains, notamment le goût, l'odorat, la vue, le toucher et l'ouïe. Grâce à l'analyse sensorielle, il est possible de décrire et de quantifier de manière systématique toutes les perceptions humaines liées à un produit (Lefebvre et Bassereau, 2003).

10.1. Evaluation sensorielle

Cette section est consacrée à l'évaluation sensorielle des 3 échantillons de yaourts brassés enrichi avec la poudre et sirop de caroube formulés durant laquelle une variété de tests ont été réalisés.

Un panel de dégustateurs composé de 16 personnes adultes âgés des 21 à 48 ans sains et habilités à l'évaluation sensorielle des yaourts enrichis

Tableau II : Tableau représentatif du panel de dégustateurs

Personnes	Nombre	Age
Homme	10	29 – 47
Femme	6	21 – 48

Les critères des propriétés organoleptiques sont : apparence globale, texture en bouche, odeur, goût.

11.2. Etude statistique

Toutes les données représentent la moyenne de trois essais. Pour le traitement des données une étude statistique a été réalisée en utilisant un logiciel GMP. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité $p < 0,05$.

CHAPITRE 3
RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

II -Résultats et discussion

1. Analyses physico-chimiques de la poudre de caroube

Une détermination de certains paramètres physiques a été réalisée (tableau III)

Tableau III : Propriétés physico chimiques de la poudre de caroube

pH	Acidité titrable %	Fibres	Humidité %	Cendres %	Lipides	Sucres totaux
5,36±0,01	4,95 ± 0,5	15,97 ± 0,012	11,02±0,29	1,26±0,31	1,68±0,12	418,79±13,6

1.1. Détermination du pH

La valeur du pH est une expression de l'activité des ions hydrogène : plus elle est faible, plus l'acidité de l'environnement augmente (**Battle et Tous, 1997 ; Kivrak et al., 2015**). La poudre analysée présente un pH acide de 5,36, en accord avec le résultat rapporté par (**Rajem et al., 2016**), qui est de l'ordre de 5,39. Selon (**Celik ,2019**) ce niveau de pH légèrement acide se situe au voisinage du point isoélectrique de nombreuses protéines alimentaires, où leur solubilité est au plus bas. En effet, il a montré que la solubilité des protéines atteint un minimum significatif ($\approx 12\%$) à pH 5. Ainsi, le pH de la poudre de caroube est compatible avec celui du yaourt et peut contribuer à la fermeté du gel.

2.2. Détermination de l'acidité titrable

Nos résultats de l'acidité titrable est de 4,95. Cette acidité est principalement attribuable aux composés phénoliques (acides phénoliques, gallotannins et flavonoïdes), déjà identifiés comme contributeurs majeurs au caractère acide de la caroube (**Papagiannopoulos et al.,2004 ; Cavdarova et al., 2014**).

La concentration de ces métabolites secondaires varie considérablement en fonction de la composition chimique du fruit, de la période de récolte et des conditions environnementales (**Owet et al.,2003 ; Ayaz et al., 2007 ; Biner et al., 2007**). En effet, (**Jrad et al.,2020**) ont montré que les yaourts co-fermentés avec de la poudre de caroube présentaient une acidité titrable plus élevée que le témoin, confirmant le rôle de la caroube dans la stimulation de l'activité fermentaire et l'amélioration du profil sensoriel. Cette acidité, combinée à la richesse

en fibres et polyphénols, contribue également à limiter la synérèse et à améliorer la stabilité du produit.

1.3. Détermination du taux d'humidité

Le taux d'humidité de l'échantillon de caroube analyse est de 11,02 % ; une valeur supérieur à celle rapporté par (Youssef et *al.*,2013), qui est de 5,3%, mais très proches de celle obtenue par (Khlifa et *al.*,2013), soit $10,2 \pm 0,13\%$. Ces différences sont principalement attribuées aux diverses conditions pédoclimatiques (Boublenza ,2019) Ainsi aux conditions environnementales, à la période de récolte, aux variétés cultivées, au degré de maturation et au type de plante (male, femelle ou hermaphrodites) (Simsek et *al.*,2017).

1.4. Dosage des lipides

Les lipides représentent des constituants biologiques essentiels sur le plan nutritionnel, en raison de leur valeur énergétique et de leur rôle comme source d'acides gras essentiels et de vitamines liposolubles. Dans notre étude, la poudre de caroube a présenté une teneur en lipides de 1,68 g/100 g. Cette valeur est comparable à celle rapportée par Rababah et *al.*,(2013) pour la pulpe de caroube de Jordanie (1,2 g/100 g). Bien que relativement faible par rapport à d'autres matrices végétales, cette teneur confirme que la caroube est un fruit naturellement pauvre en matières grasses.

Par ailleurs, il a été rapporté que l'huile extraite de la poudre de caroube est composée de 17 acides gras, dont les principaux sont l'acide oléique (40,45 %), l'acide linoléique (23,19 %), l'acide palmitique (11,01 %) et l'acide stéarique (3,08 %) (Papaefstathiou et *al.*, 2018). La présence de ces acides gras, notamment les insaturés, confère un intérêt nutritionnel particulier à la caroube, en dépit de sa faible teneur totale en lipides. Ainsi, la poudre de caroube peut être considérée comme un ingrédient adapté aux formulations alimentaires à faible teneur en matières grasses, tout en apportant des acides gras bénéfiques et des composés liposolubles d'intérêt pour la santé.

1.5. Dosage des sucres totaux

La caroube est un fruit particulièrement riche en sucres, avec une teneur globale comprise entre 40 et 60 % (soit environ 500 g/kg), ce qui explique sa saveur très sucrée (Petit et Pinilla, 1995).

En Algérie, (**Boublenza et al.,2019**) ont rapporté des concentrations en sucres variant de 43,2 % à 50,3 % dans des échantillons issus d'arbres sauvages ou cultivés provenant de dix sites distincts.

Dans notre étude, la farine de caroube a présenté une teneur en sucres totaux de (41,87 %), une valeur qui reste dans l'intervalle général décrit par (**Petit et Pinilla ,1995**), mais qui demeure légèrement inférieure aux concentrations observées en Algérie par (**Boublenza et al.,2019**). Cette différence peut être attribuée au stade de maturité des gousses au moment de la récolte. En effet **Jdir et al., (2021)** ont montré que la variabilité de la teneur en sucres de la pulpe de caroube est expliquée à 91,7 % par le stade de maturation, tandis que l'altitude, la géolocalisation et le géotype n'ont qu'un effet négligeable.

Au-delà de sa richesse glucidique, la caroube présente un intérêt nutritionnel particulier. Plusieurs travaux ont montré son effet hypoglycémiant, suggérant un rôle bénéfique dans le contrôle et la réduction de la glycémie chez les personnes diabétiques (**Tabatabai et Li, 2000 ; Gruendel et al., 2007**).

1.6. Détermination de la teneur en cendre

Les cendres fournissent une estimation de la teneur en minéraux tels que le calcium, le potassium, le phosphore, le magnésium, le Fer, etc. Les minéraux sont importants pour de nombreuses fonctions biologiques dans l'organisme et leur contribution à la santé (**Ribeiro et al., 2008**).

La valeur trouvée estimée à 1,26 mg est inférieure à celles trouvées par **Avallone et al, (1997)** qui varie entre 2% à 6% ces teneurs s'expliquent par la provenance géographique des échantillons, les conditions climatiques et les caractères édaphiques des sols (**Youssef et al., 2013**).

1.7. Détermination de la teneur en fibres

Les résultats obtenus pour la pulpe, avec une teneur en fibres alimentaires de $15,97 \pm 0,012$ % de matière sèche, dépassent nettement les 10,99 % de MS rapportés par (**Yousif et Alghzawi., (2000)** pour une pulpe de caroube similaire. Une teneur aussi élevée confère à la pulpe un intérêt nutritionnel marqué : selon (**Elleuch et al.,2011**), les fibres alimentaires contribuent à l'amélioration du transit intestinal, à la régulation de la glycémie et à la réduction du cholestérol sanguin. Elles présentent également des fonctionnalités technologiques (capacité

de rétention d'eau, augmentation de la viscosité, amélioration de la texture) utiles dans la formulation de produits transformés tels que les yaourts enrichis. Ainsi, la valeur obtenue confirme à la fois l'intérêt nutritionnel et le potentiel technologique de la pulpe dans le développement d'aliments fonctionnels.

2. Analyses phyto-chimiques de la poudre de caroube

L'analyse phyto-chimique nous a permis de mettre en évidence la présence de métabolites secondaires au niveau de la poudre de l'espèce *Ceratonia siliqua* L.

Tableau IV : Résultats phyto-chimique de la poudre de caroube

Paramètres	Polyphenols mg EAG/g MS	Flavonoïdes mg ECA/g MS	Tanins mg ECA/g MS
Valeur	27,89 ± 3,1	0,94 ± 0,04	3,19 ± 0,11

2.1. Détermination des polyphénols

Dans notre étude, la farine de caroube a présenté une teneur de 27,89 mg EAG/g MS qui est supérieure par rapport aux résultats de **Ben Othmen et al., (2019)** qui ont obtenu 20,72- 40,92 mg EAG /g MS , ce qui confirme son caractère particulièrement riche en composés phénoliques **Avallone et al.,(1997)** ont par ailleurs montrés que cette teneur peut varier considérablement en fonction de la provenance géographique, de la variété, des conditions culturales et du degré de maturité, avec des valeurs comprises entre 15,8 et 24,4 mg EAG/g MS dans des gousses issues de huit localités d'une même région.

2.2. Détermination des flavonoïdes

Dans notre étude, la teneur en flavonoïdes totaux (TFT) a été évaluée à 0,94 mg EQ/g MS, valeur inférieure à celles rapportées par **(El Bouzdoudi et al.,2016)**, qui ont observé des TFT comprises entre 1,41 et 4,83 mg EQ/g MS dans la pulpe de caroube provenant d'arbres sauvages et domestiqués au Maroc. Cette différence pourrait s'expliquer par des variations dans les conditions de culture, le stade de maturation des fruits, ainsi que par les méthodes d'extraction et d'analyse employées **(El Bouzdoudi et al., 2016 ; Rababah et al., 2013)**. Malgré cette teneur relativement faible, la caroube demeure une source pertinente de composés bioactifs, pouvant

contribuer à la valeur nutritionnelle et fonctionnelle des produits alimentaires (Laaraj et al., 2024).

2.3. Détermination des tanins

La teneur en tanins condensés (TTC) obtenue dans notre étude, estimée à 3,19 mg EC/g MS, est en accord avec les valeurs rapportées par (Avallone et al.,1997), qui ont observé des TTC comprises entre 2,09 et 3,89 mg EC/g MS, ainsi qu'avec celles de (Kyratzis et al.,2021), dont les résultats varient de 0 à 97,8 mg EC/g MS, et avec les données d'(El Bouzdoudi et al.,2016), qui ont rapporté des valeurs comprises entre 1,47 et 7,36 mg EC/g MS. Ces variations peuvent s'expliquer par des différences dans les conditions de culture, le stade de maturation des fruits, ainsi que par les méthodes d'extraction et d'analyse employées.

Dans le cas de la caroube, malgré une teneur modérée en TTC, ces composés peuvent contribuer à la stabilité oxydative des produits alimentaires et à leurs effets bénéfiques sur la santé, notamment en limitant l'oxydation des lipides et en modulant certaines interactions enzymatiques dans l'organisme.

3. Analyses physico-chimiques du sirop de caroube

Tableau V : Résultats physico-chimiques du sirop de caroube.

Paramètre	pH	Acidité titrable %	Brix %	Viscosité CP (m.Pa.s)
Valeur	5,11	0,88±1,50225397	70,3	413,2

3.1. Détermination du pH

Le sirop de caroube se caractérise par un pH acide d'environ 5, probablement lié à la présence d'acides organiques, ainsi qu'à une couleur noire attribuable aux pigments bruns formés lors des réactions de brunissement pendant la concentration du jus (Maskan et al., 2002).

Selon (Leila et al.,2021), le pH du sirop de caroube dépasse 5, avec des valeurs comprises entre (5,14 et 5,20), ce qui est comparable à notre résultat de (5,11). Nos résultats sont également similaires à ceux obtenus pour les sirops de dattes étudiés par (Mimouni 2015), qui présentent un pH de 4,74 pour la variété Degla Beida et de 5,28 pour la variété Deglet Nour.

Le pH des sirops de fruits et de sève d'arbres est influencé par leur composition en acides organiques et en minéraux, ainsi que par la présence éventuelle de micro-organismes lors du traitement et du stockage (Toufeili et al., 2022). Ces facteurs expliquent en partie les variations observées entre différents types de sirops.

3.2. Détermination de l'acidité titrable

On constate que les valeurs d'acidité du sirop analysé est dans la fourchette normale fixée par le **Codex Alimentarius., (2001)** qui est de 50 meq/kg. Cela indique l'absence de fermentations indésirables. Ces valeurs sont proches à celles trouvées par (Doukani et al., 2014): 19,56 à 38,91 méq /kg et par (Achour et al., 2014): 10 à 40 meq/kg.

La teneur obtenue de l'acidité titrable est de $0,88 \pm 1,50$. Cette valeur est supérieure à celle révélée par Tounsi et al. (2019) au niveau de mélasse tunisienne avec 0,51 g/100g AC mais proche à celle rapportée par Simsek et Artik (2002) au niveau de mélasse turque 0,61 g/100gAC et celle énoncée par Sengul et al., (2009) qui est de 0,60 g /100 acide citrique.

3.3. Détermination du degré Brix

Le degré Brix élevé du sirop s'explique par la concentration prolongée, qui intensifie les réactions biochimiques, en particulier l'évaporation de l'eau, la caramélisation et la dégradation des composés phénoliques (Bozkurt Göğüş & Eren, 1999).

D'après les données du tableau IV, le °Brix de la mélasse de caroube est de 70,3°, valeur proche de celles rapportées par (Tetik et al.,2011), comprises entre 66° et 73°, ainsi que de celle obtenue par (Goulas et Aresti 2021) avec 73,7°. Selon la littérature, la teneur en solides solubles de la mélasse de caroube ne dépasse généralement pas 75° Brix, avec des valeurs variantes entre 66,6 et 73,7°, ce qui dépend principalement de la concentration en sucres solubles, notamment le glucose, le fructose et le saccharose (Tetik et al., 2011 ; Tounsi et al., 2019).

3.4. Détermination de la viscosité du sirop de caroube

La viscosité dynamique mesurée pour notre sirop de caroube 413,2 mPa.s à 25 °C est très proche de celle rapportée pour le sirop de datte $428 \pm 5,66$ mPa.s et nettement inférieure à celle du sirop de caroube commercial étudié par (Tounsi & Kechaou.,2022) (1284 mPa.s). L'écart observé s'explique essentiellement par une teneur en matière sèche probablement plus faible,

une élimination partielle des fractions colloïdales (fibres, gommés, polyphénols) lors de la préparation et par les conditions de mesure (température et vitesse de cisaillement) qui influencent fortement la rhéologie. Plusieurs travaux confirment que l'abaissement du °Brix entraîne une diminution marquée de la viscosité des pekmez ou des blends de sirops (**Sengül et al.,2007**) tandis que la présence de composés colloïdaux et de fibres contribue à l'épaississement (**Razavi et al.,2007**). Ces éléments suggèrent que, bien que dérivé de la même matière première, notre sirop de caroube présente un comportement rhéologique plus fluide et se rapproche davantage du sirop de datte du commerce, ce qui traduit des différences de concentration, de filtration ou de paramètres technologiques.

3. Résultats de yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube

Le tableau VI suivant présente les résultats d'analyses physico-chimiques de yaourt enrichi avec sirop et poudre de caroube.

Tableau VI : Résultats physico-chimiques de yaourt enrichi avec la poudre et sirop de caroube.

Formulation	pH	Acidité °D	Brix	Viscosité cp (m Pa s)
E2 (9%-3%)	4,95 ±0,05 ^a	103,5 ± 1,5 ^a	28,1 ±0,1 ^a	18800 ± 100 ^a
E3 (15%-1%)	4,79 ± 0,09 ^{ab}	98 ± 1 ^b	21,5 ± 0,5 ^b	16720 ± 120 ^b
Témoin	4,80 ±0,1 ^b	73 ± 1 ^c	18± 0,1 ^c	3500 ± 100 ^c

4.1. Détermination du pH

L'évolution du ph dans les différents yaourts pendant la fermentation comme le montre (**la figure 12**).

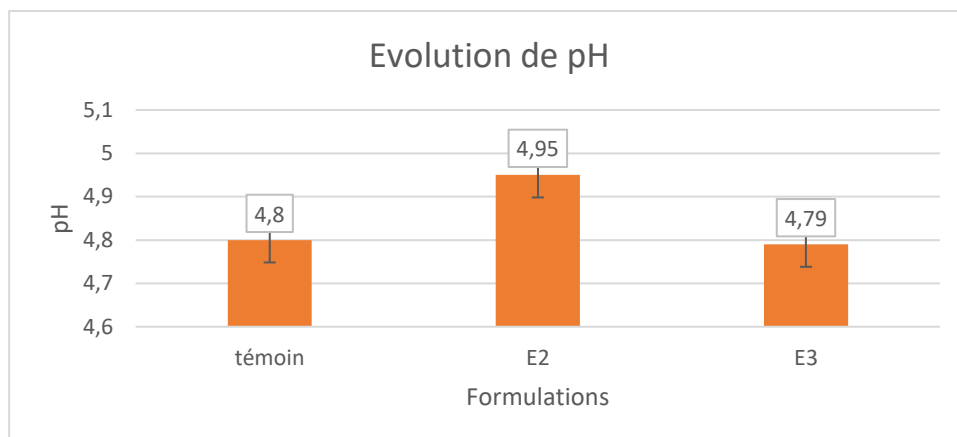


Figure 12 : Evolution du pH dans les différents yaourts pendant la fermentation.

Les valeurs de pH obtenues pour les différentes formulations de yaourt montrent une variation significative selon la teneur en sirop et en poudre de caroube. La formulation 1 présente la valeur de pH la plus élevée (4,95), statistiquement différente du témoin 4,6 et légèrement supérieure à la formulation 2. La formulation 2 affiche un pH intermédiaire 4,79 qui ne diffère pas significativement de la formulation 1 mais reste plus élevé que le témoin.

Ces résultats suggèrent que l'incorporation de sirop et de poudre de caroube tend à augmenter légèrement l'acidité du yaourt, ainsi activer les ferments. D'une manière générale, les mélasses sont caractérisées par un pH acide qui peut être expliqué par la dégradation des sucres en acides, ou par l'hydrolyse du HMF en acide lévulinique et acide formique (Toker *et al.*, 2013 ; Tounsi *et al.*, 2019). Le témoin reste le plus acide, ce qui confirme l'impact des ajouts de sirop et poudre de caroube sur les propriétés acido-basiques du produit final.

4.2.Détermination de l'Acidité

L'évolution de l'acidité dans les différents yaourts pendant la fermentation comme le montre (la figure 13).

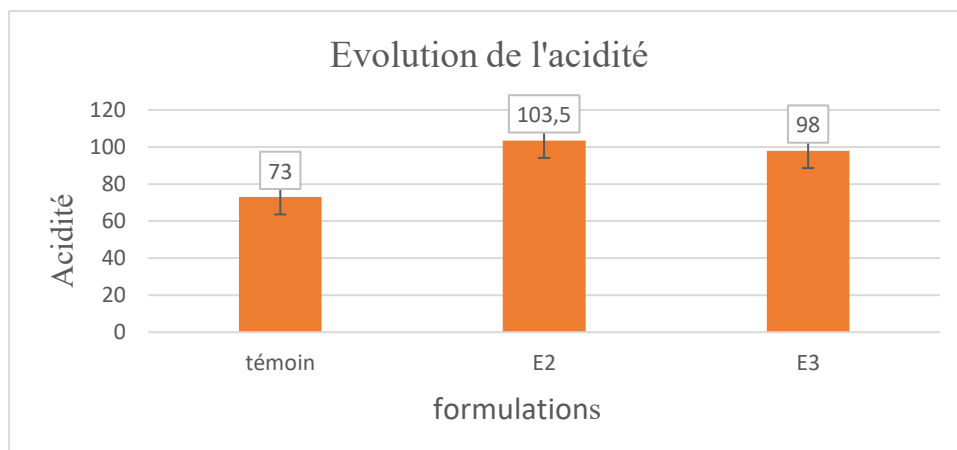


Figure 13 : Evolution de l'acidité dans les différents yaourts pendant la fermentation.

Les mesures d'acidité titrable, exprimées en degrés Dornic, montrent des différences significatives entre les formulations ($p < 0,05$). La formulation enrichie en sirop de caroube (F1) présente la plus forte acidité titrable, suivie de (F2) ; le témoin a l'acidité titrable la plus faible $62,0 \pm 1,0$ °D. Il est important de rappeler que pH et acidité titrable évaluent deux propriétés complémentaires mais distinctes : le pH mesure la concentration en ions hydrogène libres (acidité instantanée), tandis que l'acidité titrable quantifie la quantité totale d'acides présents (capacité à être neutralisée par une base).

L'augmentation de l'acidité du yaourt enrichie de la caroube selon **Radia et al.,(2022)** est due à une meilleure croissance microbienne, notamment des bactéries lactiques, favorisée par la présence de caroube. Par ailleurs, selon **Öncel et Ozdemir,. (2023)**, cet effet s'expliquerait aussi par la présence de composés phénoliques et par la teneur élevée en fibres alimentaires de la caroube, qui influencent les propriétés physiques du yaourt.

4.3. Détermination de degré Brix

L'évolution de degré Brix dans les différents yaourts pendant la fermentation comme le montre (la figure 14).

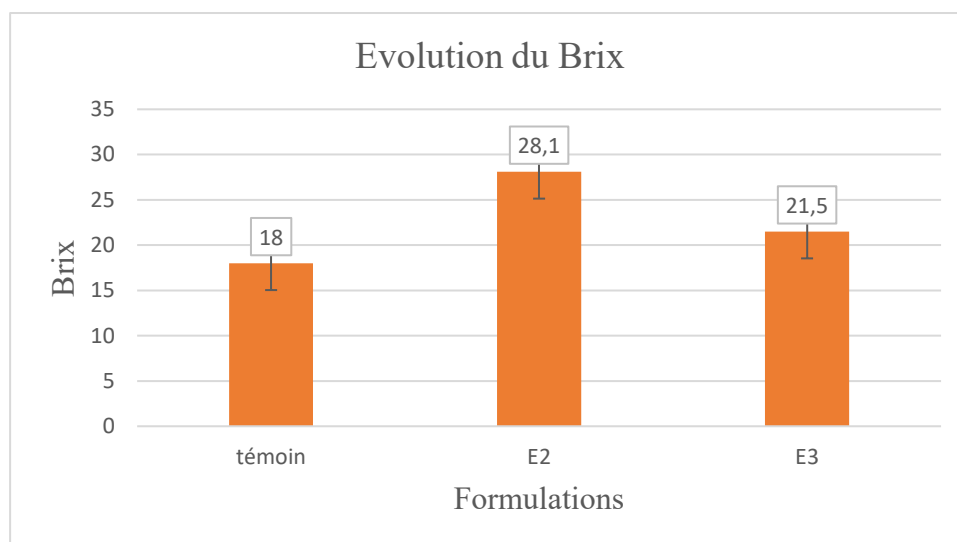


Figure 14 : Evolution de degré Brix dans les différents yaourts pendant la fermentation.

La teneur en solides solubles (°Brix) varie significativement selon les formulations : la formulation enrichie en sirop de caroube (F1) atteint 28,1 °Brix alors que le témoin reste à 18,0 ± 1,0 °Brix, ce qui traduit un apport important en sucres solubles et en composés fonctionnels de la caroube, améliorant potentiellement la valeur nutritionnelle et la perception sensorielle du yaourt (**Tounsi et al., 2021**).

Des travaux similaires montrent qu'un enrichissement en fraise peut accroître le °Brix du yaourt jusqu'à 58 % et stabiliser les paramètres physico-chimiques et microbiens pendant 30 jours de conservation à 6 °C (**Ait Ouddoudi & Banoune., 2018**). Les galactomannanes et les sucres fermentescibles du sirop de caroube soutiennent la texture et l'activité métabolique des bactéries lactiques, favorisant la viscosité et limitant le synérèse (**Tounsi et al., 2021**).

Les bactéries lactiques métabolisent les sucres disponibles (lactose endogène et sucres exogènes) par fermentation lactique, produisant de l'acide lactique, ce qui acidifie le produit et contribue à son profil sensoriel typique (**Tamang et al., 2016**). Des études récentes confirment que l'incorporation de farine de pulpe de caroube (4 % p/v) accroît la viabilité des probiotiques de 15,96 %, augmente l'acidité titrable et améliore l'activité antioxydante (DPPH + 62,8 %, chélateur de fer + 35,8 %) du yaourt, tout en maintenant un profil sensoriel favorable (**Arab et al., 2022**).

4.4. Détermination de la viscosité

L'évolution de la viscosité dans les différents yaourts pendant la fermentation comme le montre (la figure 15).

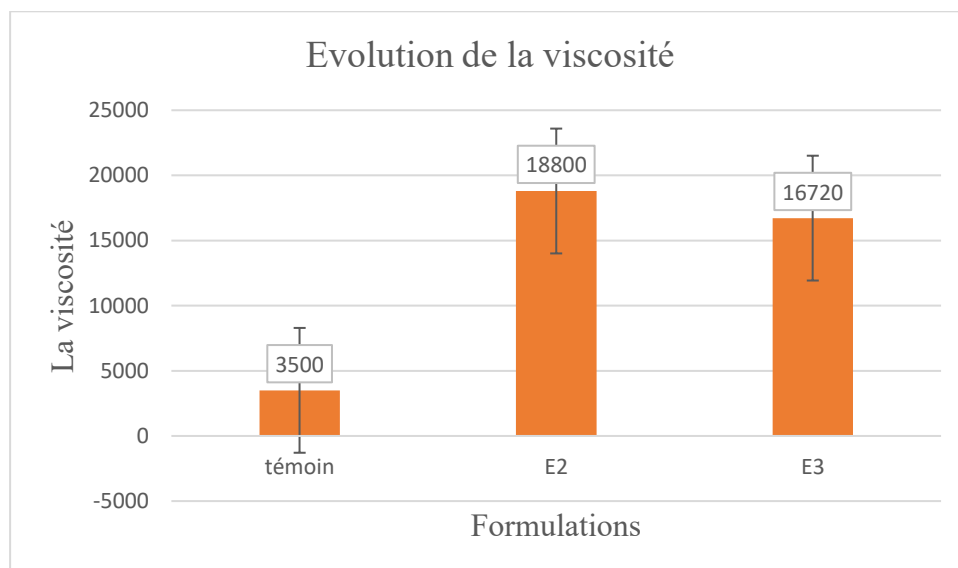


Figure 15 : Evolution de la viscosité dans les différents yaourts pendant la fermentation.

La viscosité varie nettement selon l'enrichissement en caroube : la formulation E2 (1 % de poudre + 15 % de sirop de caroube) atteint $18\,800 \pm 100$ cP, E3 (3 % de poudre + 9 % de sirop) présente $16\,720 \pm 120$ cP et le témoin seulement $3\,500 \pm 100$ cP. Cette augmentation substantielle de la viscosité apparente est attribuable à l'apport de matières sèches solubles et de polysaccharides colloïdaux (galactomannanes) présents dans le sirop et la poudre de caroube, capables d'augmenter la rétention d'eau et la résistance au cisaillement (Tounsi et al.,2021).

Malgré une teneur plus élevée en poudre dans E3, la prédominance du sirop dans E2 explique sa viscosité supérieure, les sucres et hydrocolloïdes étant mieux solubilisés et distribués, ce qui accroît la viscosité de la phase continue (Sadoud et al.,2020). Des résultats analogues ont été rapportés pour d'autres yaourts enrichis : l'ajout de pulpe ou de farine de caroube accroît significativement la viscosité, diminue la synérèse et améliore la stabilité physique (Arab et al.,2022). Sur le plan mécanistique, les galactomannanes forment un réseau physico-chimique interagissant avec les protéines laitières, augmentant ainsi la consistance et limitant l'exsudat (Ramos et al.,2017). Ces données confirment que l'enrichissement en sirop et poudre de

caroube confère des avantages technologiques et fonctionnels majeurs : viscosité accrue, réduction de la synérèse et amélioration de la qualité sensorielle et de la conservation du yaourt.

5. Résultats d'analyses sensorielles

Pour visualiser les résultats, les données sont présentés dans (figure 16).

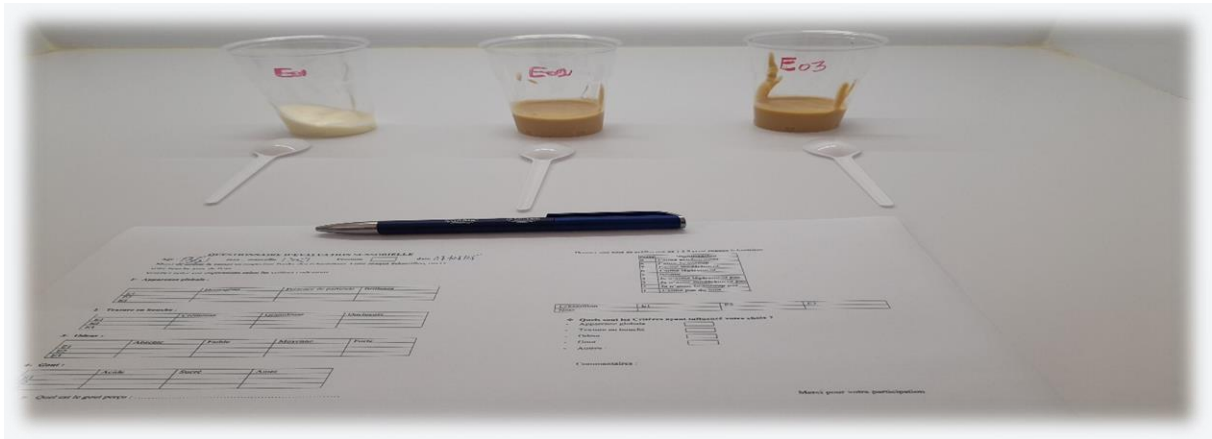


Figure 16 : Résultats des produits finaux de yaourt enrichi avec poudre et sirop de caroube.

1. Apparence globale

Les résultats d'analyses sensorielles pour l'apparence globale comme le montre (la figure 17).

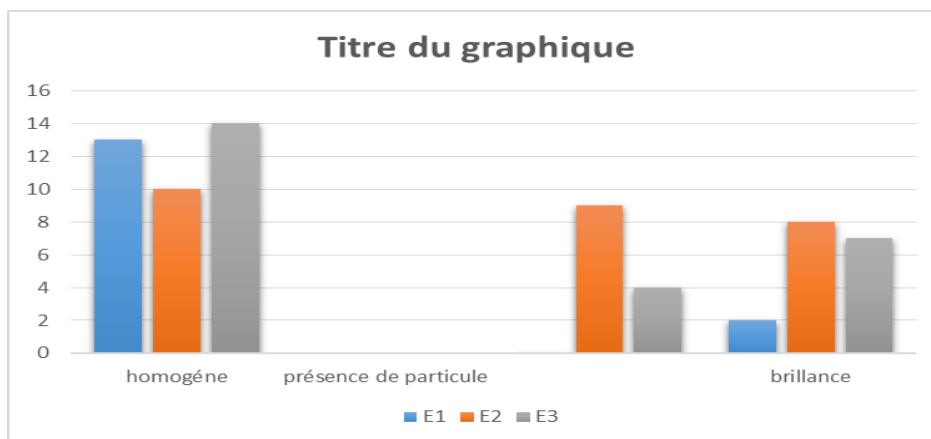


Figure 17 : Les résultats d'analyses sensorielles pour l'apparence globale.

- **Homogénéité** : l'échantillon E1 (témoin) obtient la meilleure note, suivi de près par E2 (3 % poudre, 9 % sirop) ; E3 (1 % poudre, 15 % sirop) présente l'homogénéité la plus faible.

- **Présence de particules** : E2 est jugé le plus chargé en particules, alors qu'E1 n'en présente pratiquement pas ; E3 se situe dans une position intermédiaire.
- **Brillance** : E2 ressort comme le plus brillant, suivi de E3 ; E1 apparaît nettement moins brillant.

Ces résultats suggèrent que l'augmentation de la proportion de sirop E3 favorise la brillance mais s'accompagne d'une perception accrue de particules et d'une homogénéité moindre. À l'inverse, la formulation E2, plus riche en poudre, présente un aspect régulier et sans particules mais avec une brillance réduite. Le témoin E1 offre un compromis : bonne homogénéité, brillance satisfaisante et particules modérées.

2. Texture en bouche

Les résultats d'analyses sensorielles pour la texture en bouche comme le montre (la figure 18).

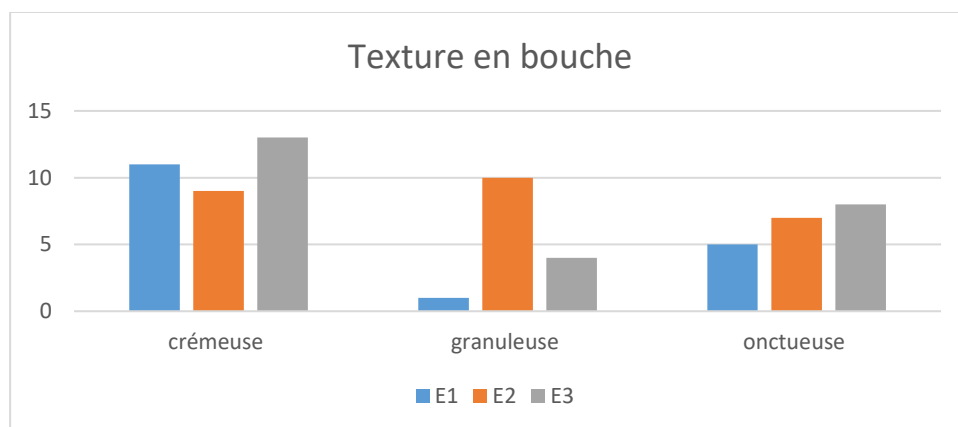


Figure 18: Les résultats d'analyses sensorielles pour la texture en bouche.

L'évaluation sensorielle de la texture en bouche révèle des différences nettes entre les trois formulations.

- **Crémeuse** : l'échantillon E1 (témoin) obtient la note la plus élevée, suivi de près par E2 (3 % poudre, 9 % sirop) ; E3 (1 % poudre, 15 % sirop) apparaît légèrement moins crémeux.
- **Granuleuse** : E2 présente le caractère granuleux le plus marqué, tandis que E1 et E3 affichent des valeurs très faibles à modérées.
- **Onctueuse** : E3 domine, suivi par E2 puis E1.

Ces résultats indiquent que la proportion élevée de poudre dans E2 induit une texture plus granuleuse au détriment de la crèmeusité. À l'inverse, E3 et E1, plus équilibrés, conservent une sensation en bouche plus lisse et agréable, avec une prédominance de crémeux et d'onctuosité. Le témoin E3 offre ainsi le profil textural le plus harmonieux.

3. Odeur

Les résultats d'analyses sensorielles pour l'odeur comme le montre (la figure 19).

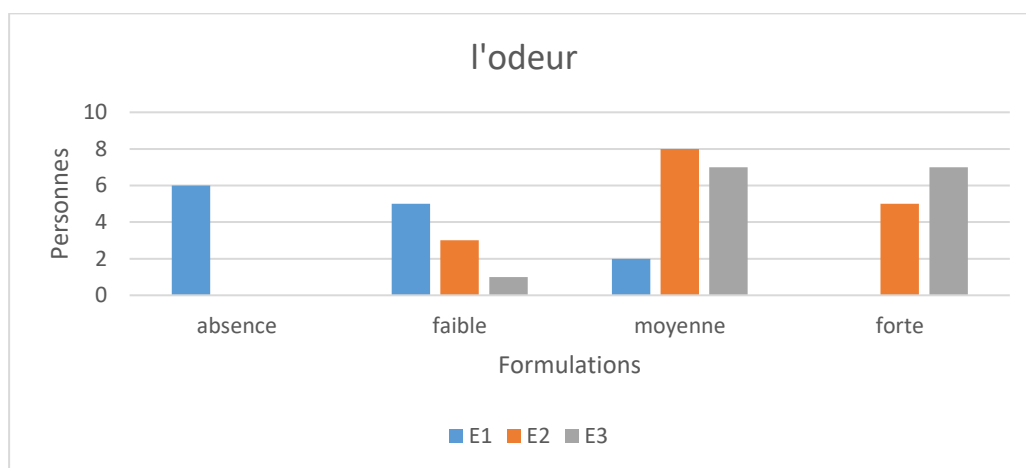


Figure 19 : Les résultats d'analyses sensorielles pour l'odeur.

L'évaluation de l'intensité olfactive met en évidence trois profils distincts.

- **Absence / Faible** : l'échantillon E2 (3 % poudre, 9 % sirop) concentre la majorité des appréciations en absence (6) et faible (5), traduisant une odeur très discrète.
- **Moyenne** : l'échantillon E3 (1 % poudre, 15 % sirop) obtient la valeur la plus élevée (8), suivi de **E3** (7), indiquant une perception modérée.
- **Forte** : **E3** domine (7), suivi de E2 (5), alors que E1 ne présente aucune intensité forte.

Ces résultats montrent que la formulation E2 développe une odeur faible, probablement liée à la proportion plus élevée de poudre. L'augmentation du sirop dans E3 accroît nettement l'intensité, tandis que le témoin E1 se caractérise par les jugements les plus marqués (moyens à forts), traduisant une odeur plus développée et homogène.

4 . Gout

Les résultats d'analyses sensorielles pour le gout comme le montre (la figure 20).

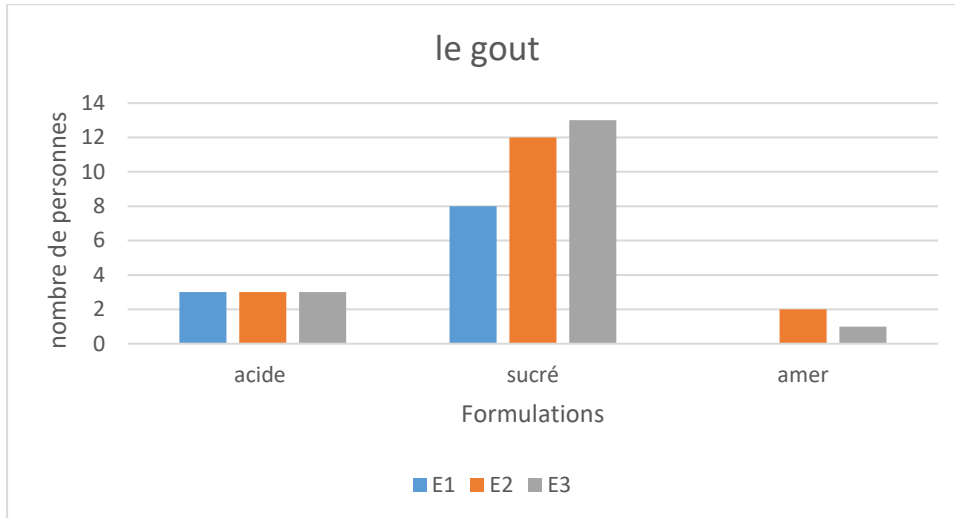


Figure 20 : Les résultats d'analyses sensorielles pour le goût.

L'analyse sensorielle du goût met en évidence trois profils distincts.

- **Acide** : les trois échantillons (E1, E2, E3) obtiennent des valeurs similaires, faibles, traduisant une perception acide limitée.
- **Sucré** : E3 et E2 dominent nettement, alors qu'E1 présente une intensité plus modérée.
- **Amer** : seule une légère perception est signalée pour E2 (≈ 2) et E3 (≈ 1), absente pour E1.

Ces résultats suggèrent que l'augmentation du sirop dans E3 renforce nettement la sensation sucrée tout en générant une très faible amertume. Le témoin E1 se distingue par la douceur la plus marquée, associée à une amertume quasi nulle. La formulation E2 (plus riche en poudre) reste moins sucrée et sans amertume perceptible. Dans l'ensemble, E2 et surtout E3 offrent un profil gustatif plus doux et agréable, alors qu'E1 exprime un goût plus neutre.

***CONCLUSION ET
PERSPECTIVES***

CONCLUSION

L'étude menée a permis de caractériser la poudre et le sirop de caroube, puis d'évaluer leur impact sur la qualité d'un yaourt expérimental. L'analyse physico-chimique et phyto-chimique de la poudre a révélé une humidité modérée, une richesse en fibres et en composés phénoliques, confirmant son intérêt comme ingrédient fonctionnel et source de substances bioactives. Le sirop de caroube s'est distingué par un °Brix élevé, une forte teneur en sucres, traduisant un potentiel énergétique et une capacité à augmenter la matière sèche des formulations. Sur cette base, trois yaourts ont été élaborés : E1 (3 % poudre, 9 % sirop), E2 (1 % poudre, 15 % sirop) et un témoin sans incorporation. Les résultats physico-chimiques montrent que l'augmentation du sirop accroît le °Brix, la densité et la charge en sucres, tandis qu'une proportion plus importante de poudre améliore la rétention d'eau, la cohésion et l'équilibre acido-basique de la matrice. Le témoin conserve des valeurs intermédiaires, offrant un point de référence utile pour juger l'effet des ajouts. Dans l'ensemble, le sirop agit comme vecteur de sucres et de matière sèche, alors que la poudre apporte structure, fibres et composés bioactifs ; leur association modulable permet d'orienter le profil nutritionnel et technologique du yaourt. Ces travaux soulignent l'intérêt de la caroube comme ingrédient de valorisation pour les produits laitiers et ouvrent la voie à des ajustements fins des proportions sirop/poudre afin de concilier stabilité, valeur nutritive et attentes du consommateur.

Au regard des résultats obtenus, plusieurs prolongements peuvent être envisagés :

- Examiner la stabilité physicochimique, microbiologique et organoleptique des formulations au cours du stockage, afin de déterminer leur durée de vie commerciale et leurs conditions optimales de conservation.
- Mener des analyses *in vitro* (activité antioxydante, pouvoir prébiotique) et éventuellement *in vivo* pour confirmer les bénéfices nutritionnels et physiologiques liés à la consommation de yaourts enrichis en caroube.
- Envisager le développement d'une gamme diversifiée de produits laitiers ou végétaux (boissons fermentées, fromages frais, desserts fonctionnels) intégrant différents ratios poudre/sirop de caroube afin de répondre aux attentes croissantes du marché des aliments santé.
- Étudier la possibilité d'utiliser d'autres fractions de la gousse (fibres insolubles, graines) dans une démarche zéro-déchet, renforçant ainsi l'intérêt économique et environnemental de cette ressource locale.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

-A-

- **AFNOR, (1985).** Contrôle de la qualité des produits laitiers –Analyses physiques et chimiques, 3 ème édition : 107-121-125-167-251 (321 pages).
- **AFNOR., 1986.** Recueil des normes françaises ‘‘Contrôle de la qualité des produits laitiers’’.
- **Aafi, A. (1996).** Le caroubier: Caractères botaniques et écologiques, groupements végétaux, techniques d’élevage en pépinière, traitement et soins culturaux, utilisation et production. *Centre national de la recherche forestière. Maroc*, 1-7.
- **Achour H. et Khali, M. (2014).** Composition physico-chimique des miels algériens: Détermination des éléments traces et des éléments potentiellement toxiques. *Afrique Sci.* 10: 127 - 136.
- **Ait Chitt M., Belmir M., et Lazrek A., (2007).** Production des plantes sélectionnées et gréffées du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture. IAV Rabat, 153 :1- 4.
- **Ait Ouddoudi A., et Banoune M., 2018.** Effet des fruits additionnés au yaourt sur la flore lactique et les paramètres physico-chimiques au cours de la conservation. Mémoire de Master. Université A. Mira – Béjaia. 66 p.
- **Albanell, E., Caja, G., & Plaixats, J. (1991).** Characteristics of Spanish carob pods and nutritive value of carob kibbles. *Options*
- **A.N.R.H., (2004).** L’atlas pratique de l’Algérie, Edition populaire de l’armée (EPA). 116p.
- **AOAC. (1990).** Official Methods of Analysis. AOAC, 15th Edition.
- **Arab, R., Freidja, M. L., Oomah, B. D., Benali, S., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2020).** Quality parameters, probiotic viability and sensory properties of probiotic stirred sesame yogurt. *The Annals of the University Dunarea de Jos of Galati Fascicle VI – Food Technology*, 44 (1), 9-25. <https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2020.1.01>
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M., & Monzani A., (1997).** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua* L.) : Protein, fat, carbohydrates, and tannins. *J. Food com. Anal*, 10 : 166-172.
- **Ayaz, F. A., Torun, H., Glew, R. H., Bak, Z. D., Chuang, L. T., Presley, J. M., & Andrews, R., (2009).** Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) flour prepared commercially and domestically. *Plant foods for human nutrition*, 64(4)/286.

-B-

- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunete, C., Dine, T., Vasseur, J., Gazin, J.C., Pinkas, M., Luycky, M., Gazin, M. (1996) Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittel-Forschung*. 46: 1086-1089.
- Bate-Smith E.C., (1973). Ahaemanalysis of tannin: The concept of relative orstingency, *Phytochemistry* N°12, pp. 907-212.
- Batlle I. & Tous J., (1997). Carob tree. (*Ceratonia siliqua* L.) Promoting the conservation and use of underutilized and G neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben /International Plant Resources Institute. Rome. Italy.
- Baumel, A., Mirleau, P., Viruel, J., Bou Dagher Kharrat, M., La Malfa, S., Ouahmane, L., Diadema, K., Moakhar, M., Sanguin, H., & Médail, F. (2018). Assessment of plant species diversity associated with the carob tree (*Ceratonia siliqua*, Fabaceae) at the Mediterranean scale. *Plant Ecology and Evolution*, 151(2), 185–193, doi: 10.5091/plecevo.2018.1423.
- Ben Ayache, S.; Behija Saafi, E.; Emhemmed, F.; Flamini, G.; Achour, L.;Muller, C.D. Biological activities of aqueous extracts from carob plant (*Ceratonia siliqua* L.) by antioxidant, analgesic and proapoptotic properties evaluation. *Molecules* 2020, 25, 3120
- Benmahiole B., Kaid-harache M. et Daguin F., (2011). Le caroubier une espèce méditerranéen à usage multiple. 51-58p.
- Bengoechea C., Romero A., Villanueva A., Moreno G., Alaiz M., Milla n, F., Guerrero, A., Puppo, M.C., (2008). Composition and structure of carob (*Ceratoonia siliqua* L.) germ proteins. *Food Chemistry*, 107 : 675-683.
- Ben Othmen, K.B.; Elfalleh, W.; Lachiheb, B.; Haddad, M. Evolution of phytochemical and antioxidant activity of Tunisian carob (*Ceratonia siliqua* L.) pods during maturation. *EuroBiotech J.* 2019, 3, 135–142.
- Berger H (1951) Locust bean, *Ceratonia siliqua*, a new dietetic remedy; antidiarrheal properties of carob meal and clinical use of carob bean meal for inspissation. *Med Welt* 20:665–9.
- Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Akus M., et Pekmezei M., (2007). Sugar profiles of the pods cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L) in Turkey. *Food chemistry* 100 : 1453-1455.

- □ **Boublenza, I., Ghezlaoui, S., Mahdad, M., Vasaï, F., & Chemat, F., (2019).** Algerian carob (*Ceratonia siliqua* L.) populations. Morphological and chemical variability of their fruits and seeds. *Scientia Horticulturae*, 256, 108537.
- **Boudy ,P(1990)** Economic forestière Nord Africain ,Tome 2
- **Bourlioux P., Braesco V. et Denis Mater D.G. (2011).** Yaourts et autres laits fermentés. *Cahiers de nutrition et de diététique*. 46(6): 305-314.
- **Bouremoume B, Fadlaoui K, Rouagdia M. (2023).** Master QPSA l'université de 08 mai 1954 Guelma.
- **Boussaid L., Aguedal H., Iddou A. & Bouras N. (2020).** Aperçu sur les caractéristiques physicochimiques et biochimiques de trois sirops de dattes (Rob) élaborés traditionnellement dans la région d'Adrar (Algérie). *International Journal of Natural Resources and Environment*, 2 ,8.
- **Bozkurt, H., Gogus, F. et Eren, S., (1999).** Réaction de brunissement non enzymatique dans le jus de raisin bouilli et ses modèles pendant le stockage. *Food Chemistry* 64 : 89-93
- **Bradford, M. M. (1976).** A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
- **Bruneton J., (1999).** Pharmacologie-phytochimie-plantes médicinales, Tech.et Doc.ed. Lavoisier (3^e Edition), Paris.

-C-

- **Cavdarova, M., & Makris, D. P. (2014).** Extraction kinetics of phenolics from carob (*Ceratonia siliqua* L.) kibbles using environmentally benign solvents. *Waste and Biomass Valorization*, 5, 773-779.
- **Chait, Y.A.; Gunenc, A.; Bendali, F.; Hosseinian, F(2020).** Simulated gastrointestinal digestion and in vitro colonic fermentation of carob polyphenols: Bioaccessibility and bioactivity. *LWT-Food Sci. Technol.*117, 108623.
- **Cidil, 2009** Du lait aux produits laitiers, France, Paris : Cidil, 19p.
- **Codex Alimentarius (2001).** Codex stan 12-1981, Rev. 1 (1987), Rev. 2
- **Custódio, L.; Patarra, J.; Albericio, F.; Neng, N.R.; Nogueira, J.; 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, 1–5.

-D-

- **Dhaouadi, K.; Belkhir, M.; Akinicho, I.; Raboudi, F.; Pamies, D.; Barraón, E.; Estevan, C.; Fattouch, S.** Sucrose supplementation during traditional carob syrup processing affected its chemical characteristics and biological activities. *LWT-Food Sci. Technol.* **2014**, 57, 1–8.
- **Dakia P. A., (2011).** Carob (*Ceratonia siliqua L.*) seeds, endosperm and germ composition, and application to health. In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 293-299). Academic Press.
- **Dakia P.A., Blecker C., Robert C., Wathelet B., Paquot M., (2008).** Composition and physicochemical properties of locust bean gum extracted from whole seeds by acid and water dehulling pre-treatment. *Food Hydrocolloids*, 22 : 807-818.
- **Dantas, A.M.; Fernandes, F.G.; Magnani, M.; da Silva Campelo Borges, G.** Gastrointestinal digestion assays for evaluating the bioaccessibility of phenolic compounds in fruits and their derivatives: An overview. *Food Res. Int.* **2023**, 170, 112920.
- **Doukani K., Tabak S., Derriche A., Hacini Z (2014).** Étude physico-chimique et phyto-chimique de quelques types de miels Algériens. *Revue Ecologie-Environnement* 10:37-49.
- **Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. T., & Smith, F. (1956).** Colorimetric method for determination of sugars and related substances. *Analytical Chemistry*, 28(3), 350-356.
- **Doymaz I., Gorel O. & Akgun N.A. (2004).** Drying characteristics of the solid by product of olive oil extraction. *Biosynthèse Engine*, 88, 213-219.

-E-

- **Elaoufi, MM, Bouterfas, K., Djebbar, AA, Meziani, S., Rezki, H., Kermas, F.& Yasmina, BM (2022).** Composition chimique, effets anti-ulcéreux et anti-inflammatoires des gousses de caroube (*Ceratonia siliqua L.*) Polyphénols d'ain temouchent. *Journal de la microbiologie, de la biotechnologie et des sciences alimentaire*
- **Elleuch, M., Bedigian, D., Roiseux, O., Besbes, S., Blecker, C., & Attia, H. (2011).** Dietary fibre and fibre-rich by-products of food processing: Characterisation, technological functionality and commercial applications: A review. *Food Chemistry*, 124(2), 411–421.
- **El Bouzdoudi, B., El Ansari, Z. N., Mangalagiu, I., Mantu, D., Badoc, A., & Lamarti, A. (2016).** Determination of polyphenols content in carob pulp from wild and domesticated Moroccan trees. *American Journal of Plant Sciences*, 7(14), 1937-1951.

-F-

□ **FAO ., (2020).** OECD/FAO 2020.OECD- FAO AGRICULTURAL OUTLOOK 2020-2029.Dairy and dairy products. 174-183. **ISBN:** 978-92-5-132539

-G-

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

□ **Goulas, V., Stylos, E., Chatziathanasiadou, M. V., Mavromoustakos, T., & Tzakos, A. G. (2016).** Functional components of carob fruit: Linking the chemical and biological space. *International journal of molecular sciences*, 17(11), 1875.

□ **Goulas, V., & Aresti, P. (2021).** Physicochemical properties of carob syrup reveal d-pinitol as an index of sucrose supplementation. *Food and Environment Safety Journal*, 20(3).

□ **Gruendel S., Otto B., Garcia A.L., Wagner K., Mueller C., Weickert M.O., Heldwein W., Koebnick C., (2007),** Carob pulp preparation rich in insoluble dietary fibre and polyphenols increases plasma glucose and serum insulin responses in combination with a glucose load in humans, *Br. J. Nutr.*, Vol. 98, N°1, pp.101-5.

□ **Gün, M. (2012).** The Turkish contribution to the world's culture and language : The origins of yogurt. *Turkish Studies*, 7(2), 45-58.

□ **Gürsoy A., Durlu-Özkaya F., Yildiz F. et Aslim B., (2010).** Set Type Yoghurt Production by Exopolysaccharide Producing Turkish Origin Domestic Strains of *Streptococcus thermophilus* (W22) and *Lactobacillus delbrueckii* ssp. *bulgaricus* (B3). *Kafkas Universitesi Veteriner Fakultesi Dergisi*, 16, 81-86.

-H-

□ **Haddarah A., (2013).** L'influence des cultivars sur les propriétés fonctionnelles de la caroube Libanaise. Thèse de doctorat : L'Université Libanaise (Ecole Doctorale des Sciences et Technologie) Et l'Université de Lorraine (France), 132p.

□ **Hammadi ., (2016)** Contrôle de la qualité physico-chimique et microbiologique du yaourt brassé et liquide de la laiterie de WANISS, Projet de fin d'études en vue de l'Obtention du Diplôme De Docteur Vétérinaire, Université Saad Dahlab-Blida, 8-9p.□

□ **Henis Y, Tagari H, Volcanoi R (1964)** Effect of water extracts of carob pods, tannic acid, and their derivatives on the morphology and growth of microorganisms. *Appl Microbiol* 12:204-9.

-I-

- Ikegaya, A., Ohba, S., Nakajima, T., Toyozumi, T., Ito, S., & Arai, E. (2020). Practical long-term storage of strawberries in refrigerated containers at ice temperature. *Food Science & Nutrition*, 8(9), 5138-5148.
- Iipumbu, L. (2008). *Compositional analysis of locally cultivated carob (Ceratonia siliqua) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors* (Doctoral dissertation, Stellenbosch: Stellenbosch University). South Africa, pp. 107.
- ISO 659, (1998). Graines oléagineuses — Détermination de la teneur en huile (Méthode de référence)

-J -

- J.O.R.A. N°35., (1998). Arrête interministériel du 25 Ramadhan 1418 correspondant au 24Janvier 1998 modifiant et complétant l'arrête du 14 Safar 1415 correspondant au 23 Juillet 1994 relatif au spécification microbiologique de certaines denrées alimentaires p 7.
- Jrad Z, Oussaief O, Bouhemda T, Khorchani T, EL-Hatmi H (2019) Potential effects of ultrafiltration process and date powder on textural, sensory, bacterial viability, antioxidant properties and phenolic profile of dromedary Greek yogurt. *Int J Food Sci Technol* 54:854–861

-K -

- Kahlouche, A., Benrabah, A., & Boumediene, F. (2022). Le skyr et le yaourt nature traditionnel : formulation et caractérisation comparée. *Agrobiologia*, 12(2), 3164-3173.
- Kavaz, A. (2006). *Ticari probiyotik kültür ile üretilen muzlu yoğurtların depolama süresince çeşitli niteliklerinin incelenmesi* (Publication No. 181479)[Master's thesis, Atatürk University]. YOK Thesis Center.
- Kawamura, Y. (2008). Carob Bean Gum: Chemical and technical Assessment. Joint FAO/WHO Expert Committee on Food Additives: Geneva, Switzerland.
- Khelifa, M., Bahloul, A., & Kitane, S. (2013). Determination of chemical composition of carob pod (*Ceratonia siliqua* L) and its morphological study. *Journal of Materials and Environmental. Sciences*, 4(3), 348-353..
- Kicher, H et Ladjouzi, A., (2016). Valorisation des sous-produits de la caroube (*Ceratonia Siliqua* L.). Mémoire de fin d'étude ; Université A. Mira – Bejaïa.

- Kivrak, N. E., Aşkın, B., & Küçüköner, E. (2015). Comparison of some physicochemical properties of locust bean seeds gum extracted by acid and water pre-treatments. *Food and Nutrition Sciences*, 6(02), 278.
- Kielkopf, C. L., D'Agostino, D., & Biresaw, G. (2020). Nutritional composition of carob (*Ceratonia siliqua* L) powder from mechanical separation of pods. *Journal of food composition and analysis*, 93, 103586.
- Klenow S. & Gleis M., 2009. New insight into the influence of carob extract and gallic acid on hemin induced modulation of HT29 cell growth parameters, *Toxicology in Vitro*, 23, 1055-1061.
- Kyrtatzis, A. C., Antoniou, C., Papayiannis, L. C., Graziani, G., Rouphael, Y., & Kyriacou, M. C. (2021). Pod morphology, primary and secondary metabolite profiles in nongrafted and grafted carob germplasm are configured by agro-environmental zone, genotype, and growing season. *Front. Plant science*, 11: 612376.

-L-

- Laaraj, S. et al. Nutritional benefits and antihyperglycemic potential of carob fruit (*Ceratonia siliqua* L.): An overview. *Ecol. Eng. Environ. Technol.* **25** (2024).
- Larpent et Bourgois, 1989. Les bactéries lactiques, Les microorganismes de fermentations.
- Leila tounsi, H Kechaou, N Kechaou 2021. Study of the physico-chemical and functional properties of carob syrup
- Lefebvre A & Bassereau J.F. (2003). « L'analyse sensorielle, une méthode de mesure au service des acteurs de la conception : ses avantages, ses limites, ses voies d'amélioration. Application aux emballages. », 3-11
- Loullis A, Pinakoulaki E, 2017. Carob as cocoa substitute: a review on composition, health benefits and food applications. *Eur Food Res Technol* 0:1–19.
- Luquet F.M. (1990). Les produits Laitiers Transformation et technologie. 2e édition lait et produits laitiers vache, brebis, chèvre. Tech-doc Apria Lavoisier. P2-85-206

-M-

- Mahdad, M.Y. (2013). Situation et perspectives d'amélioration du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) dans le Nord-ouest de l'Algérie. Thèse de Magister, Université de Tlemcen, Algérie, pp. 83.
- Mahdad, M.Y. (2022). Caractérisation par l'outil morphométrique, physico-chimique et moléculaire de la diversité génétique chez *Ceratonia siliqua* L. : identification et sélection des

premiers cultivars de caroubier en Algérie. Thèse doctorale, Université de Tlemcen, Algérie, pp. 120.

- **Mahdad M. Y., Guaour S.B. (2016).** Le caroubier (*Ceratonia Siliqua L.*) dans le Nord-Ouest de l'Algérie, Situation et perspective d'amélioration. Éditions Universitaires européennes. 90 pages.
- **Markis D.P. & Kefalas P., (2004).** Carob pods (*Ceratonia siliqua L*) as a source of polyphenolic antioxidant. Food Technol. Biotechnol. 42 : 105-146.
- **Maskan, A., Kaya, S. & Maskan, M. (2002).** Effect of Concentration and Drying Processes on Color Change of Grape Juice and Leather(Pestil). Journal of Food Engineering 54, 75-80.
- **Matthausa B. Et Ozcan M. (2001).** Lipid evaluation of cultivated and wild carob (*Ceratonia siliqua L.*) seed oil growing in Turkey. Scientia Horticulturae 130, pp: 181–184.
- **Mbaebie B.O., Edeoga H. O. & Afolayan A. J., (2012):** Phytochemical analysis and antioxidants activities of aqueous stem bark extract of *Schotia latifolia* Jacq. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 118-124.
- **Mekhoukhe, A.; Kicher, H.; Ladjouzi, A.; Medouni-Haroune, L.; Brahmi, F.; Medouni-Adrar, S.; Madani, K (2018).** Antioxidant activity of carob seeds and chemical composition of their bean gum by-products. J. Complement. Integr. Med. 16, 1.
- **Melgarejo, P., & Salazar, D.M., (2003).** Tratado de fruticultura para zonas áridas y semiáridas. Vol. II. Mundi-Prensa. España, pp. 19-162.
- **Mimouni Y (2015).** Développement de produits diététiques hypoglycémisants à base de dattes molles variété «Ghars», la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. Thèse de doctorat en Sciences Biologiques. Université de Ouargla. 142 P.
- **Mohammeed H.A., Abu-Jdayil B. et Al- Shawabkeh A., (2004).** Effect of solid concentration on the rheological properties of Labneh (concentrated yoghurt) produced from sheep milk. Journal of Food Engineering, 61, 347-352.
- **Mole S., Waterman P.G. (1987).** Tonic acid proteolytic enzymes: enzyme inhibition substrate derivation, Photochemistry, N° 26, pp. 99-102

-N-

- **Nasar-Abbas SM, Huma ZE, Vu TH, Khan MK, Esbenshade H, Jayasena V(2016).** Carob Kibble: A bioactive-rich food ingredient. Compr Rev Food Sci Food Saf. 15:63–72

-O-

- **Öncel, B., & Ozdemir, Y. (2023).** Investigation of the effect of using carob molasses pulp (CMP) on physicochemical, functional and sensory properties of yogurt. *Toros University Journal of Food, Nutrition and Gastronomy*, 2. <https://doi.org/10.58625/jfng-2075>.

□ **Oskar et al.,2003.** Yogurt and Gut function, American Society For Clinical Nutrition, 246-247.

- **P** -

□ **Papaefstathiou, E., Agapiou, A., Giannopoulos, S., & Kokkinofa, R. (2018).** Nutritional characterization of carobs and traditional carob products. *Food science & nutrition*, 6, 2151-2161.

□ **Papagiannopoulos, M., Wollseifen, H. R., Mellenthin, A., Haber, B., & Galensa, R. (2004).** Identification and quantification of polyphenols in Carob Fruits (*Ceratonia siliqua* L.) and derived products by HPLC-UV-ESI/MS n. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(12), 3784-3791.

□ **Petit M.D., et Pinilla J.M., (1995).** Production and purification of a sugar syrup from carob pods. *LWT - Food Science and Technology*, 28 : 145-152..

- **Q** -

□ **Quezel, P et Santa, S., (1962).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques (tome1). Editions du centre national de la recherche scientifique. pp. 557.

- **R** -

□ **Rababah, T. M., Al-u'datt, M., Ereifej, K., Almajwal, A., Al-Mahasneh, M.,Brewer, S., & Yang, W. (2013).** Chemical, functional and sensory properties of carob juice. *Journal of Food Quality*, 36(4), 238-244.

□ **Radia, A., Freidja, M., Oomah, B. D., Benali, S., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L. (2020).** Original research paper quality parameters, probiotic viability and sensory properties of probiotic stirred sesame yogurt. 9-25.

<https://doi.org/10.35219/foodtechnology.2020.1.01>.

□ **Radia, A., Hano, C., Oomah, D., Yous, F., Ayoub, S., Madani, K., & Boulekbache-Makhlouf, L.(2022).** Impact of carob (*Ceratonia Ciliqua* L.) pulp flour supplementation on probiotic viability, milk fermentation and antioxidant capacity during yogurt storage. *The North African Journal of Food and Nutrition Research*, 6(14), 154-164. <https://doi.org/10.51745/najfnr.6.14.154-164>

□ **Rasic J, Curcic R, Stojsavljevic T, Obradovic B. (1971).** A study on the amino acids of yoghurt. *Milchwissenschaft* 26, 496-499.

□ **Razavi, Seyed M.A., Mohammad B. Habibi Najafi, et Zahra Alaei. 2007.** « The Time Independent Rheological Properties of Low Fat Sesame Paste/Date Syrup Blends as a Function of Fat Substitutes and Temperature ». *Food Hydrocolloids* 21 (2) : 198-202.

□ **Rejeb MN (1995)** le caroubier en Tunisie : situation et perspectives d'alimentation en Quel avenir pour l'amélioration des plantes ? Ed AUPELF URGF .John ibbey Eurotext .Paris, pp.79.

- **Redjem N., ET Derghal W., 2016.** « Contribution à la formulation d'un biscuit à base de caroube et lactosérum ». Thèse de doctorat, p.3
- **Ribéreau-Gayon. (1968).** Les composés phénoliques des végétaux. Ed Dunod, Paris, p : 5-7, 10-13, 55-86.
- **Rtibi, K.; Selmi, S.; Grami, D.; Amri, M.; Eto, B.; El-Benna, J.; Sebai, H.; Marzouki, L.(2017).** Chemical constituents and pharmacological actions of carob pods and leaves (*Ceratonia siliqua* L.) on the gastrointestinal tract: A review. *Biomed. Pharmacother.* 93,522–528.
- **Rodriguez-Solana, R., Romano, A., & Moreno-Rojas, J. M. (2021).** Carob pulp: A nutritional and functional by-product worldwide spread in the formulation of different food products and beverages. A Review. *Processes*, 9(7), 1146.<https://doi.org/10.3390/pr9071146>.
- **Roukas T, (1998).** Citric acid production from carob pod extract by cell recycle of *Aspergillus Niger*, *Food Biotechnology* 12, 91–104.

-S-

- **Serra M., Trujillo A.J., Guamis B. et Ferragut V. (2009).** Evaluation of physical properties during storage of set and stirred yogurts made from ultra-high pressure homogenization-treated milk. *Food Hydrocolloids*. 23, 82–91.
- **Sengül, M., Fatih Ertugay, M., Sengül, M., & Yüksel, Y. (2007).** Rheological characteristics of carob pekmez. *International Journal of Food Properties*, 10(1), 39-46.
- **Shakeel Hanif M., Zahoor1 T., Iqbal Z., Ihsan-ul-Haq. et Arif A.M., 2012.** Effect of storage on rheological and sensory characteristics of cow and buffalo milk yogurt. *Pakistan Journal of Food Sciences*, 22, 61-70
- **Simsek, A., & ARTIK, N. (2002).** Değişik meyvelerden üretilen pekmezlerin bileşim unsurları üzerine araştırma. *Gıda*, 27(6).
- **Simsek, S.; Ozcan, M.M.; Al Juhaimi, F.; ElBabiker, E.; Ghafoor, K (2017).** Amino Acid and Sugar Contents of Wild and Cultivated Carob (*Ceratonia siliqua*) Pods Collected in Different Harvest Periods. *Chem. Nat. Compd.* 53, 1008–1009.
- **Singleton, V. L. & Rossi, J. A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic - phosphotungstic acid reagent. *American Journal of Enology Viticulture* 16, 144-58.□

- Singleton, VL, Orthofer, R. et Lamuela-Raventos, RM (1999). Analyse des phénols totaux et autres substrats d'oxydation et antioxydants par le réactif de Folin-Ciocalteu. *Methods in Enzymology*, 299, 152-178. [http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879\(99\)99017-1](http://dx.doi.org/10.1016/S0076-6879(99)99017-1)
- Stavrou, IJ, Christou, A., et Kapnissi-Christodoulou, CP (2018). Polyphénols dans les caroubes : une revue de leur composition, de leur capacité antioxydante et de leurs effets cytotoxiques, et de leur impact sur la santé. *Chimie alimentaire*, 269, 355-374.
- Syndifrais, 1997. Yaourts, laits fermentés, Mission Scientifique de Syndifrais, Le Lait, INRA Editions, 77(3), 321-358.

-T-

- Tabatabai A., et Li S., (2000). Dietary fiber and type 2 diabetes, *Clin Excell Nurse Pract.* Vol.4, N°5, pp. 272-6.
- Tamang, J.P, Watanabe, K, and Holzapfel, W.H (2016). Review : Diversity of microorganismes in global fermented foods and beverages. *Front. Microbiol* 7:377. doi : 10.3389/fmicb.2016.00377
- Tamime, AY et Robinson, RK (1999) Yaourt : science et technologie. 2e édition, CRC Press, Boca Raton, FL.
- Tamime, A. Y., et Robinson, R. K. (2007). Nutritional value of yoghurt. In A. Y. Tamime et R. K. Robinson (Éds.), *Tamime and Robinson's Yoghurt* (Third Edition) (p. 646684). <https://doi.org/10.1533/9781845692612.646>
- Tetik, N., Turhan, I., Oziyci, H. R. & Karhan, M. (2011). Determination of d -Pinitol in Carob Syrup. *International Journal of Food Sciences and Nutrition* 62, 572-76.
- Toker, O. S., Dogan, M., Ersöz, N. B., & Yilmaz, M. T. (2013). 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. *Industrial Crops and Products*, 50, 137-144.
- Toufeili, I.; Itani, M.; Zeidan, M.; Al Yamani, O.; Kharroubi, S., (2022) Nutritional and Functional Potential of Carob Syrup Versus Date and Maple Syrup. *Food Technol. Biotechnol.*, 60, 266–278.
- Tounsi, L. & Kechaou, N. (2017). Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) et ses fruits : descriptions, intérêts et applications. Sarrebruck, Allemagne : Éditions Universitaires Européennes.
- Tounsi L., Kchaou H., Chaker F., Bredai S., Kechaou N., (2019). Effect of adding carob molasses on physical and nutritional quality parameters of sesame paste. *Association of Food Scientists & Technologists*, 56(3):1502–1509.

- **Tounsi L., Ghazala I., Kechaou1 N., (2020).** Physicochemical and phytochemical properties of Tunisian carob molasses. *Journal of Food Measurement and Characterization*, 14: 20–30.
- **Tounsi, L.; Kechaou, N. Comparative study between carob and date syrups. J.,(2022).** *Oasis Agric. Sustain. Dev.* 4, 55–61.
- **Tounsi L, Y Khaldi , MA Balti , F Chaker ,N Kechaou (2024)** .Industrial application of sesame by-product :optimization of incorporation ratio into halva using response surface methodology .*Journal of Food Measurment and Characterisation* 18(12),10130-10138 .

-V-

- **VanRijs, P., &Fogliano, V. (2020).** La torréfaction de la farine de caroube diminue la capacité à lier les glyco conjugués des acides biliaires. *Nourriture et fonction* ,11 (7), 5924-5932.
- **Vignola Carol, L., (2000).** sciences et technologie du lait. Ecole polytechnique Montréal
- **Viruel J. Le Galliot N. Pironon S. Nieto-Feliner G. Suc JP. Lakhal-Mirleau F. Juin M. Selva1 M. Bou Dagher Kharrat M. Ouahmane L. La Malfa S. Diadema K. Sanguin H. Médail F. Baumel A. (2020).** A strong east–west Mediterranean divergence supports a new phylogeographic history of the carob tree (*Ceratonia siliqua*, Leguminosae) and multiple domestications from native populations. *Journal of Biogeography*, 47 : 460-471. DOI :10.1111/jbi.13726.

-W-

- **Wang, B.S.; Chang, L.W.; Kang, Z.C.; Chu, H.L.; Tai, H.M.; Huang, M.H (2011).** Inhibitory effects of molasses on mutation and nitric oxide production. *Food Chem.*126, 1102-1107.

-Y-

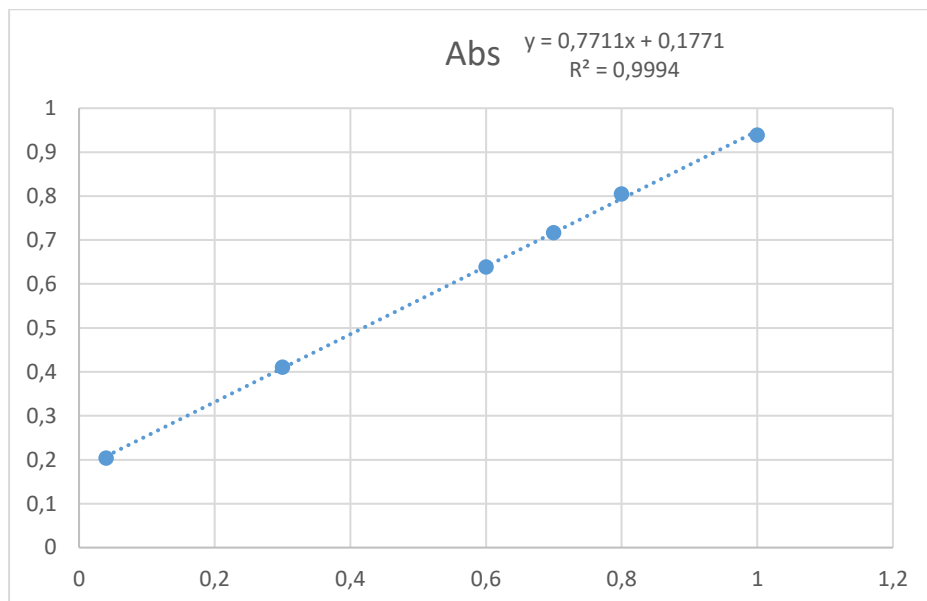
- **Yousif A. K., et Alghazawi H. M., (2000).** Processing and caracterezation of carob powder, *Food chemistery*, 69(3) : 283-287.
- **Youssef, MKE, El-Manfaloty, MM et Ali, HM (2013).** Évaluation de la compositionchimique immédiate, de l'état nutritionnel, de la composition en acides gras et descomposés phénoliques de la caroube (*Ceratonia Siliqua L.*). *Alimentation et santépublique* ,3 (6), 304-308.

-Z-

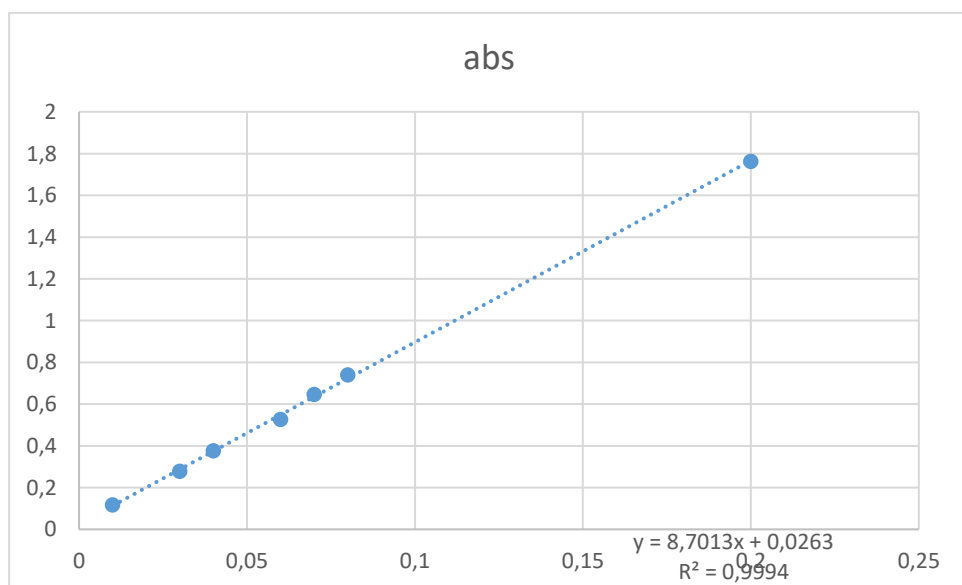
- **Zannini, M.; Cattivelli, A.; Nissen, L.; Conte, A.; Gianotti, A.; Tagliazucchi, D., (2024)** Identification, Bioaccessibility, and Antioxidant Properties of Phenolic Compounds in Carob Syrup. *Foods*, 13, 2196.

ANNEXES

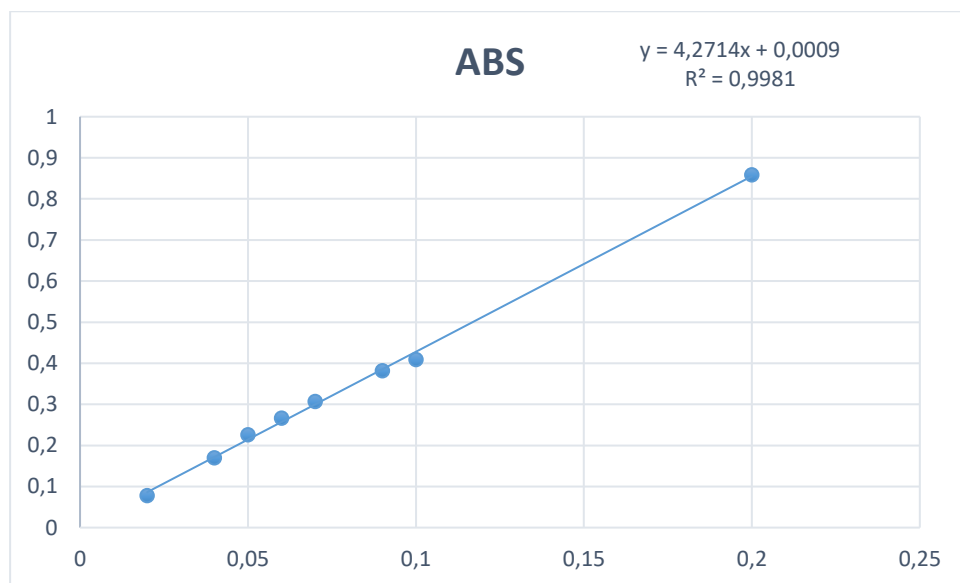
Courbe d'étalonnage sucres totaux



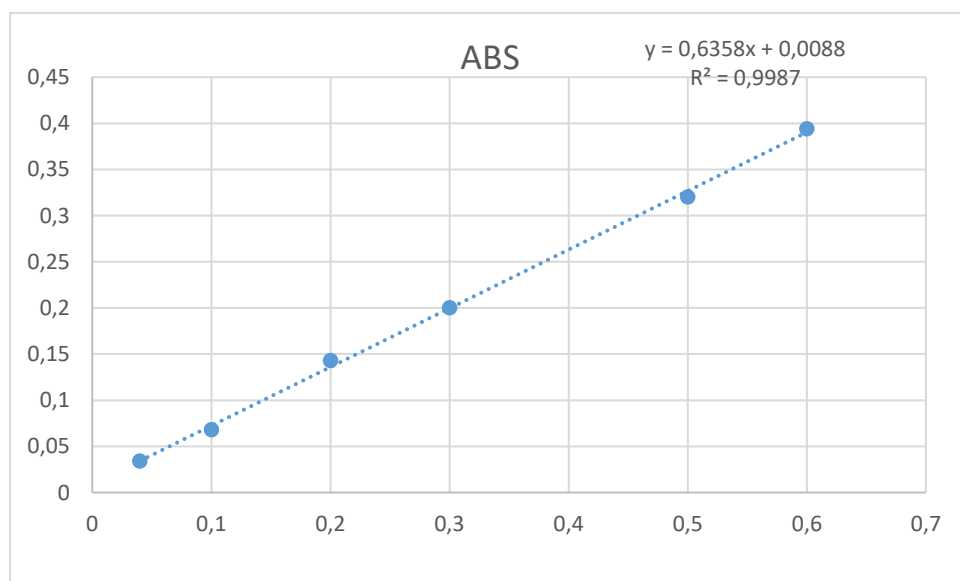
Courbe d'étalonnage polyphénols



Courbe d'étalonnage flavonoids



Courbe d'étalonnage tannins



QUESTIONNAIRE D’EVALUATION SENSORIELLEAge : sexe : masculin Féminin date :

Merci de goûter le yaourt en respectant l'ordre des échantillons. Entre chaque échantillon, rincez votre bouche avec de l'eau. Veuillez noter vos impressions selon les critères ci-dessous.

1-Apparence globale :

	Homogène	Présence de particule	Brillance
E1			
E2			
E3			

2- Texture en bouche :

	Crémeuse	Granuleuse	Onctueuse
E1			
E2			
E3			

3-Odeur

	Absente	Faible	Moyenne	Forte
E1				
E2				
E3				

4-Gout

	Acide	Sucré	Amer
E1			
E2			
E3			

➤ Quel est le gout perçu :

Donnez une note de préférence de 1 à 9 pour chaque échantillon

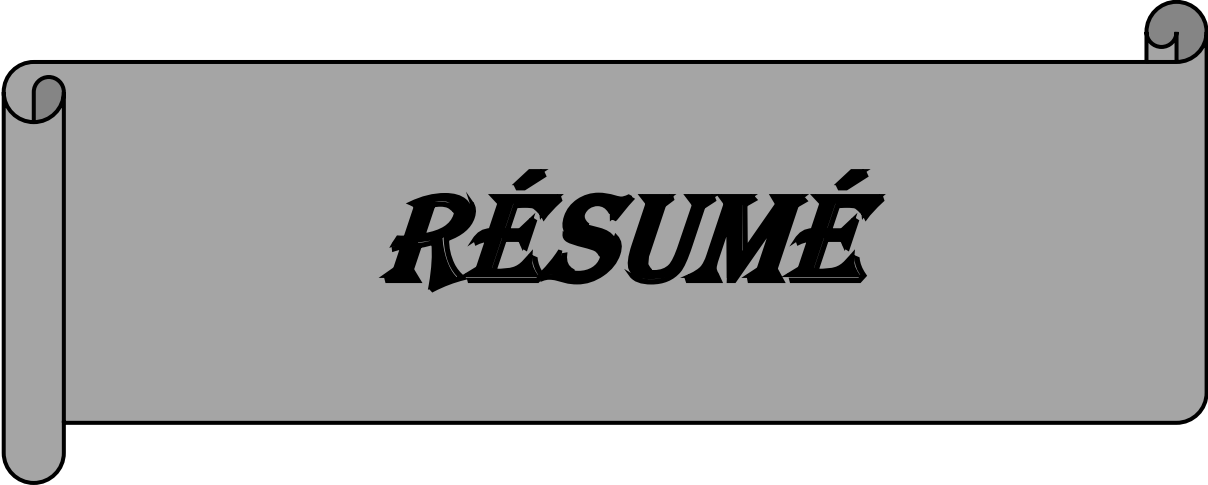
Note	Signification
9	J'aime extrêmement
8	J'aime beaucoup
7	J'aime modérément
6	J'aime légèrement
5	Neutre
4	Je n'aime légèrement pas
3	Je n'aime modérément pas
2	Je n'aime beaucoup pas
1	Je n'aime pas du tout

Echantillon	E1	E2	E3
Note			

❖ **Quels sont les Critères ayant influencé votre choix ?**

- Apparence globale
- Texture en bouche
- Odeur
- Gout
- Autres :

Commentaires :



RÉSUMÉ

Résumé

Le présent travail a permis de caractériser la poudre et le sirop de la caroube, d'évaluer leur impact sur la qualité d'un yaourt expérimental. L'analyse physico-chimique et phyto-chimique de la poudre a révélé une humidité modérée, une richesse en fibres et en composés phénoliques, Le sirop de caroube s'est distingué par un °Brix élevé, une forte teneur en sucres, ainsi trois yaourts ont été élaborés : E1 (3 % poudre, 9 % sirop), E2 (1 % poudre, 15 % sirop) et un témoin sans incorporation. Les résultats physico-chimiques montrent que l'augmentation du sirop accroît le °Brix, la densité et la charge en sucres, tandis qu'une proportion plus importante de poudre améliore la rétention d'eau, la cohésion et l'équilibre acido-basique de la matrice. Ces travaux soulignent l'intérêt de la caroube comme ingrédient de valorisation pour les produits laitiers et ouvrent la voie à des ajustements fins des proportions sirop/poudre afin de concilier stabilité, valeur nutritive et attentes du consommateur.

Abstract

This study characterized carob powder and syrup and evaluated their impact on the quality of an experimental yogurt. Physicochemical and phytochemical analysis of the powder revealed moderate moisture content and high levels of fiber and phenolic compounds. Carob syrup was distinguished by high Brix, high sugar content, and three yogurts were developed: E1 (3% powder, 9% syrup), E2 (1% powder, 15% syrup), and a control without incorporation. Physicochemical results show that increasing the syrup increases Brix, density, and sugar content, while a higher proportion of powder improves water retention, cohesion, and the acid-base balance of the matrix. This work highlights the value of carob as an ingredient for dairy products and paves the way for fine adjustments to the syrup/powder proportions in order to reconcile stability, nutritional value, and consumer expectations.

ملخص

صفت هذه الدراسة مسحوق وشراب الخروب، وقيمت تأثيرهما على جودة زبادي تجريبي. كشف التحليل الفيزيائي والكيميائي النباتي للمسحوق عن نسبة رطوبة متوسطة، ومحتوى عالٍ من الألياف، ومركبات فينولية عالية. تميز شراب الخروب بارتفاع درجة بريكس (Brix) ونسبة سكر عالية. تم إنتاج ثلاثة أنواع من الزبادي (E1: مسحوق 3%، شراب 9%، E2: مسحوق 1%، شراب 15%)، ونموذج ضابط بدون إضافة. تُظهر النتائج الفيزيائية والكيميائية أن زيادة محتوى الشراب تزيد من درجة بريكس (Brix) والكثافة ومحتوى السكر، بينما تحسن نسبة المسحوق الأعلى احتباس الماء، وتماسك القوام، وتوازن الحمض والقاعدة في المصفوفة. يُبرز هذا العمل قيمة الخروب كمكون قيم لمنتجات الألبان، ويفتح المجال لضبط نسب الشراب/المسحوق بدقة للتوفيق بين الثبات والقيمة الغذائية وتوقعات المستهلك.