

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou
Faculté des Science Biologique et des Science Agronomique
Département de Biologie



Mémoire de fin d'Etudes en vue de l'obtention du diplôme de master en science alimentaire
Spécialité biochimie de la nutrition
Thème

**Production d'un substitut de chocolat a base
de poudre de caroube**

Réalisé par : Mr BOUSSENOU Messipssa

Soutenu devant le jury composé de

Président : Mme MEDJDOUB-BENSAAD F	Professeur	UMMTO
Promoteur : Mme LAKABI L	MCA	UMMTO
Examineur : Mme AKDADER	MCB	UMMTO

Promotion 2022 /2023

Remerciements

Avant tout je remercier "Allah" tout puissant qui m'a donné le courage, la volonté et la force pour accomplir ce modeste travail. Merci de m'avoir éclairé le chemin de la réussite.

Ma reconnaissance va tout d'abord à Mme LAKABI Lynda MCA à UMMTO qui m'a honoré en acceptant de diriger ce travail, pour son encadrement rigoureux et méthodique et les compétences dont elle m'a fait bénéficier au long de toutes nos études. Je lui adresse également ma gratitude pour son aide précieuse et d'avoir été là pour moi, par ses conseils fructueux, son soutien continu et ses encouragements permanents. Merci de m'avoir guidé avec patience et d'avoir consacré autant d'heures pour les corrections de ce manuscrit.

J'exprime mon estime et mes remerciements à Mme MEDJDOUB-BENSSAD Professeur à UMMTO pour d'avoir accepté de présider le jury et de juger mon travail

J'exprime mon estime et mes remerciements à Mme AKDADER Samira MCB à UMMTO pour avoir pris sur son temps et a bien voulu accepter d'examiner ce modeste travail

Enfin, je remercier tous ceux ou celles qui ont contribué de près ou de loin à l'accomplissement

Dédicaces

*À l'aide de **DIEU**, le Tout-Puissant Je dédie ce travail à ma très chère mère Malika et ma famille Je les remercie pour leurs sacrifices, leurs patiences, leur soutien, l'aide et les encouragements qui m'ont apporté durant toutes ces années d'étude sans eux je ne serais pas ce que je suis aujourd'hui.*

La mémoire de mon grand-père maternelle Ahmed dieu l'accueils dans son vaste paradis et lui accorde sa miséricorde

A ma très chère sœurs Wassila, mes très chère frères Syphax et Massinissa

A ma meilleurs amie Ferial et ça famille

A tous mes amis

A ceux qui m'ont soutenu de près ou de loin.

Liste des figures

Figure 1 : Représente les principaux pays producteurs de cacao dans le monde	5
Figure 2 : La Consommation de chocolat dans le monde en 2021	6
Figure 3 : Des Tablettes de chocolat	7
Figure 4 : Le Caroubier (Ceratoniasiliqua L)	18
Figure 5 : Les Feuilles du caroubier	20
Figure 6 : Les Fleurs du caroubier	20
Figure 7 : Fruit du caroubier ; gousse verte à droite mure à gauche.....	21
Figure 8 : Graines du caroubier	21
Figure 9 : Structure des galactomannanes de la gomme de caroube et de la gomme tara...	23
Figure 10 : Carte géographique de la distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen	26
Figure 11 : Poudre de caroube 100% naturelle	31
Figure 12 : Margarine	31
Figure 13 : Poudre de cacao.....	31
Figure 14 : Sucre glace	31
Figure 15 : Chocolat noir.....	32
Figure 16 : Lait en poudre.....	32
Figure 17 : Une Balance	33
Figure 18 : Diagramme de l'essai de formulation de substituant de chocolat à partir de la poudre de la caroube	33
Figure 19 : Appréciation générale de l'ensemble des échantillons préparés et le témoin ...	37
Figure 20 : Appréciation générale de l'aspect	38
Figure 21 : Appréciation générale de la couleur	38
Figure 22 : Appréciation générale de l'odeur de caroube	39
Figure 23 : Appréciation générale du texteur.....	40
Figure 24 : Appréciation générale de la sucrosité.....	41
Figure 25 : Appréciation générale de l'amertume	41
Figure 26 : Appréciation générale de gout de lait.....	42
Figure 27 : Appréciation générale de gout de caroube	43

Liste des tableaux

Tableau 1: La Composition chimique de la pulpe de caroube est souvent influencée par : l'origine, période de récolte, variétés, période de stockage	22
Tableau 2: Les Wilayas ont été classées par ordre décroissant selon la surface cultivée (ha).	27
Tableau 3: Tableau résumant la composition finale des produit obtenus	32
Tableau 4: Données brutes des résultats d'analyse hédonique de l'ensemble des catégories	62

Sommaire

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....1

Chapitre I : Généralité sur le chocolat

1-Etymologie	3
2-Historique	3
3-Informations sur le marché du cacao et du chocolat	4
4-Définition du chocolat.....	6
5-Composition chimique du chocolat :.....	7
5.1 Macronutriments :.....	7
5.1.1 Glucides :.....	7
5.1.2 Lipides :.....	8
5.1.3 Protéines :.....	8
5.1.4 Fibres :.....	9
5.2 Micronutriments :.....	9
5.2.1 Macronutriments :.....	9
5.2.2 Les Oligoéléments :.....	10
5.2.3 Les Vitamines :.....	10
5.3 Les Composés phénoliques :.....	10
5.4 Les Alcaloïdes :.....	10
5.4.1 Les Méthylxanthines :.....	10
5.4.2 Le Salsolinol :.....	11
5.5 Les Amines biogènes :.....	11
5.5.1 La Sérotonine :.....	11
5.5.2 La Tyramine :.....	11
5.5.3 La Phényléthylamine :.....	12
5.5.4 L’Histamine :.....	12
6- Effets sur la santé :.....	12
6.1 Chocolat et diabète :.....	13
6.2 Chocolat et obésité :.....	13
6.3 Chocolat, cholestérol et maladies cardiovasculaires :.....	13
6.4 Chocolat et migraine :.....	15
6.5 Chocolat et calculs rénaux :.....	15

6.6	Dépendance au chocolat :	15
-----	--------------------------------	----

Chapitre II : Généralité sur le caroube

1	Généralités sur la famille des fabacées.....	17
2	Présentation du caroubier.....	17
2.1	Genre Ceratonia.....	17
2.2	Taxonomie et systématique.....	18
3	Descriptions et but d'utilisation	19
3.1	Feuilles.....	19
3.2	Les Fleurs.....	20
3.3	Les Fruits	21
3.4	Les Graines	21
4	Composition chimique du caroubier.....	21
5	L'origine de caroubier.....	22
6	Revalorisation des sous-produits de la caroube.....	23
6.1	La Pulpe	23
6.2	Gomme extrait à partir des graines	23
7	Répartition géographique du caroubier.....	24
7.1	International	25
7.2	En Algérie	25
8	Production Du Caroubier.....	26
8.1	dans le monde entier	26
8.2	En Algérie	27
9	Intérêt et utilisation de caroubier.....	28
9.1	Industrie alimentaire	28
9.2	Domaine médical	28
9.3	Cosmétiques.....	29

Chapitre III : Matheriels et methodes

1	Substitut de chocolat à base de poudre de caroube.....	31
2	Préparation.....	33
3	Tests sensoriels.....	34

3.1 Principe des tests	34
3.2 Principes du test hédonique (test d'acceptation)	34
3.3 Analyse statistique.....	35

Chapitre IV : Resultas et discussion

1 Le résultat de l'appréciation générale est représenté dans le diagramme ci-dessous :	37
2 Résultats de l'analyse sensorielle	
2.1 Aspect :	37
2.2 Couleurs :	38
2.3 Odeur de caroube :	39
2.4 La Texteur	40
2.5 La sucrosité	40
2.6 L'amertume	41
2.7 Le goût de lait	42
2.8 Le goût de caroube	42
3 Discussions.....	47
Conclusion.....	48
Références bibliographiques	
Annexe	

Le chocolat est l'un des aliments et produits de confiserie les plus populaires dans le monde, il est essentiellement composé de cacao, de beurre de cacao, de sucre, de lait et d'ingrédients destinés à lui conférer des saveurs distinctives (**Direction générale de la concurrence, de la consommation et de la répression des fraudes 2023**)

Dans le monde, la consommation mondiale de cacao était d'environ 0,97 kg par personne, le chiffre d'affaires mondial du chocolat est de 72 milliards d'euros en 2015 (77 milliards de dollars) et en croissance notamment grâce à l'appétit grandissant de l'Asie où les consommations par habitant sont beaucoup plus faibles qu'en Occident, il existe toutefois de grandes variations régionales : la consommation moyenne par personne était d'environ 1,87 kg en Europe, 1,20 kg en Amérique, 0,11 kg en Asie/Océanie et 0,13 kg en Afrique (**planetoscope**)

L'augmentation de la consommation mondiale de chocolat, notamment dans les pays émergents, influe directement sur le prix du cacao qui connaît une hausse forte et constante depuis plusieurs années. Le marché est aussi marqué par une montée en puissance des considérations éthiques dans l'acte de consommation. Les consommateurs sont de plus en plus enclins à payer plus cher un chocolat de qualité, éthique et responsable (Benjamin 2019)

Une plante de très longue durée de vie, qui donne un fruit aux propriétés inattendues, Riche en vitamines, fibres, anti-oxydants et protéines, la caroube est ce que l'on peut qualifier de super aliment, cette gousse qui se récolte à l'automne, qui intéresse ceux qui aiment le goût du chocolat, elle a le même goût que la fève de cacao : or, elle ne contient pas d'alcaloïde, ni la caféine, ni la théobromine présentes dans la fève de cacao (**pascale 2021**)

En résumé la poudre de caroube c'est donc le même goût que le cacao sans les excès de sucre et sans le côté excitant ni addictif du chocolat, en fait, il vous suffit de remplacer chaque

Cuillère de cacao ou par la même dose de poudre de caroube, cette technique fonctionne aussi bien pour la réalisation de "chocolat chaud", de glaçage de gâteaux et dans l'élaboration de toutes les pâtisseries à base de cacao

Si la caroube reste plutôt méconnue du grand public, elle figure pourtant dans de nombreuses préparations culinaires que nous consommons régulièrement, telles que les glaces, sauces, soupes, produits laitiers et céréaliers. Elle possède aussi de nombreux atouts qui font d'elle un aliment de choix

INTRODUCTION

C'est à la lumière de toutes s'est données que nous avons conduit cette présente étude. Il s'agit de préparation d'une tablette de chocolat à base de poudre de caroube, La première partie seras consacrer aux recherches bibliographiques sur les généralités de chocolat et caroube puis dans la partie pratique je citerais les matériels et méthodes a fin de réaliser cette étude et à la fin une partie résultat et discussion pour traiter les donnes recueille et je vais clôturer avec une conclusion.

1- Etymologie

Une origine très controversée pour les uns, le chocolat dériverait des mots aztèques « tchoco » et « lattle » signifiant « le bruit fait par le batteur de chocolat quand il remue la boisson dans la chocolatière avec un moulinet ». Pour d'autres, le mot cacao est d'origine aztéco-mexicaine et dérive des mots « cacahuatl » cacao « cacahuaquahuilt » cacaoyer et « cacahuazintle » cabosse. Le mot chocolat, lui, aurait une origine maya et dériverait du mot « xacoati » (Alexandra 2009)

2- Historique

Ce sont les Mayas qui ont utilisé la fève de cacao pour la première fois. Ils la broyaient pour en obtenir une boisson chaude avec un mélange d'épices ou de vanille, ce mets divin était alors servi lors de cérémonies religieuses. La fève de cacao était employée également comme monnaie d'échange.

Après la colonisation des Amériques, 1528 marque l'arrivée de la fève de cacao en Europe. Ce fût Hernan Cortes, explorateur au service du royaume d'Espagne, qui ramena la fève de cacao, avec la découverte de la canne à sucre, le chocolat chaud devint moins amer. Au XVIème siècle, le roi d'Espagne Charles Quint appréciait cette boisson chocolatée. Très vite, elle se répandit au travers du clergé et de la noblesse dans toute l'Europe. (Vincent, 2019)

C'est durant le règne du Bien-Aimé Louis XV, que les premières machines destinées à fabriquer le chocolat virent le jour. Des ateliers spécialisés s'installèrent à Paris petit à petit. En 1770, Marie-Antoinette arriva alors à Versailles avec son propre chocolatier. Ce « chocolatier de la Reine » inventa ainsi de nouvelles recettes, mélangeant par exemple le chocolat avec la fleur d'oranger ou encore de l'amande douce. (Vincent, 2019)

Au début du XIXème siècle, les premières « manufactures de chocolat » parviennent à industrialiser la torréfaction et le concassage des fèves et ainsi à augmenter fortement le volume et la productivité du cacao traité (François-Louis Cailler et Philippe Suchard en Suisse, Jean-Antoine Menier en France). Mais la véritable rupture dans l'histoire du chocolata lieu aux Pays-Bas, lorsque Casparus Van Houten découvre le procédé par pression hydraulique permettant la séparation du beurre de la poudre de cacao en 1828. Cette invention ouvre la voie à une production massive d'un chocolat abordable par une large majorité. Elle inaugure l'ère

de la boisson chocolatée instantanée et rend possible la fabrication de chocolat « solide » **(Harwich, 2008)**.

En 1828, Casparus Van Houten fût le premier à déposer le brevet en ce qui concerne la solubilisation du cacao (dégraissage). C'est le début du chocolat en poudre, les frères Fry en 1847 inventent la tablette de chocolat en mélangeant la poudre de cacao avec le beurre de cacao, le chocolat au lait apparait en 1875. C'est Henri Nestlé qui trouve le procédé de condensation du lait. La première tablette de chocolat au lait à croquer apparait, Puis, en 1879, Rudolf Lindt donne du fondant à la matière en malaxant longuement la pâte de chocolat et en ajoutant du beurre de cacao. **(Vincent, 2019)**

A partir du XXème siècle, l'industrie est lancée et la fabrication de chocolat se diversifie à travers diverses formes telles que la boisson et la pâtisserie. En 1932, John Mars créait la première barre chocolatée et "le Mars" fait son entrée. C'est alors que de nombreux concurrents viennent le seconder sur le marché mondial. ainsi, le chocolat devint au fil du temps un produit populaire répandu dans le monde entier et très largement consommé

3- Informations sur le marché du cacao et du chocolat

Environ 95 % de la production mondiale de cacao provient de petits agriculteurs qui cultivent en moyenne 2 à 5 hectares. On estime qu'au moins cinq millions de petits agriculteurs travaillent dans les plantations de cacao. La culture du cacao nécessite un travail physique lourd, qui se fait encore à la main dans la plupart des pays **(Hutz-Adams et al., 2016)**.

La plupart du cacao produit dans le monde est du Forastero standard. La production de cacao fin ou FFC (« fin » ou « saveur ») ne représente qu'environ 7% de la production mondiale, et plus de la moitié provient de l'Équateur **(Hutz-Adams et al., 2016)**.

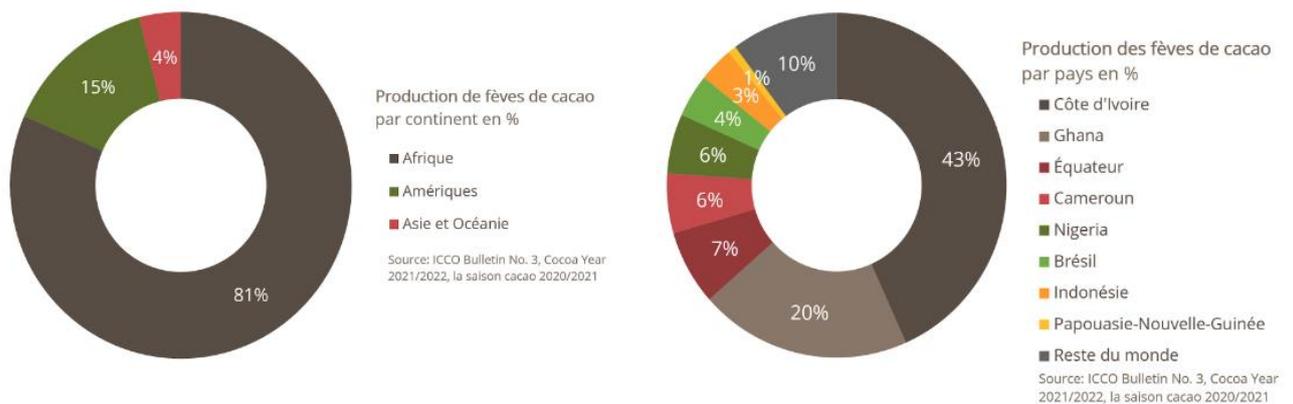


Figure 1 : représente les principaux pays producteurs de cacao dans le monde (ICCO bulletin no3, cacao year 2021/2022)

Actuellement, la consommation de cacao est encore dominée par l'Europe et l'Amérique du Nord. Les pays les plus importants sont les États-Unis, l'Allemagne et la France, chacun contribuant à 18 %, 8,4 % et 5,5 % de la récolte mondiale (**Hutz-Adams et al., 2016**).

Le marché mondial du chocolat est très dynamique avec un grand nombre d'acteurs régionaux et mondiaux. Il est très compétitif et différents acteurs proposent des produits à des prix différents. Actuellement la majorité des fabricants de chocolat sont situés aux États-Unis ou en Europe et étendent leurs activités aux pays en développement tels que l'Afrique et l'APAC (Asie-Pacifique) (**Technavio, 2016**).

La région EMEA (Europe, Moyen-Orient et Afrique) a dominé le marché du chocolat en 2015. En 2016, il y avait 2,55 millions de tonnes d'expéditions de chocolat en Europe. Les supermarchés et les hypermarchés étaient les canaux de distribution les plus populaires pour les produits chocolatés en 2015 (**Technavio, 2016**).

La consommation mondiale de chocolat ne cesse d'augmenter depuis plusieurs décennies. Ces dernières années, cette tendance s'est accélérée en raison de la forte augmentation de la demande de produits chocolatés dans de nombreux pays, en particulier dans les pays en développement. Certains parlent d'une « augmentation explosive » de la demande internationale : quatre millions de tonnes de chocolat ont été vendues dans le monde en 2013, soit une augmentation de 32 % en dix ans (**Alliot et al., 2016**).

Le chocolat au lait est le type de chocolat le plus courant sur le marché et détenait la plus grande part de marché sur le marché mondial en 2015 (Technavio, 2016).

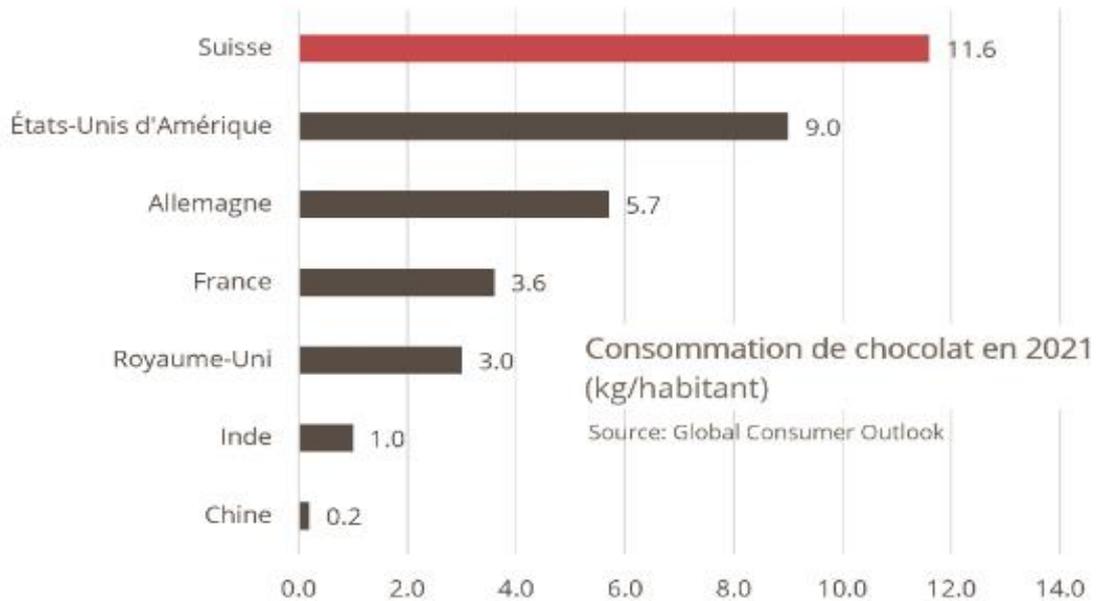


Figure 2 : La consommation de chocolat dans le monde en 2021 (Global consumer outlook)

4- Définition du chocolat

Le chocolat est un produit fabriqué à partir de matières dérivées du cacao grâce à un processus de production approprié, qui peut être combiné avec des produits laitiers, des sucres et/ou des édulcorants et d'autres additifs. Autres produits à usage alimentaire, à l'exception de la farine et de l'amidon (à l'exception des produits suivants : farine de blé, de maïs ou de riz et/ou chocolat à la taza d'une teneur en amidon allant jusqu'à 8 % en poids et le célèbre chocolat a farine de la taza et/ou amidon de blé, de maïs ou de riz) et des graisses animales autres que la matière grasse du lait peuvent être ajoutées jusqu'à un maximum de 18 % en poids pour fabriquer divers produits chocolatés. Ces additifs ne doivent pas dépasser 40% de la masse totale du produit fini (CODEX STAN 87-1981, Rev.1 - 2003).



Figure 3 : Des tablettes de chocolat (Passeportsante)

D'un point de vue physique, le chocolat peut être défini comme une pâte à tartiner presque sans eau composée de très fines particules non grasses (saccharose, lactose, protéines, minéraux) dans une phase grasse solidifiée composée principalement de triglycérides. Ces triglycérides proviennent uniquement de la masse de cacao dans le cas du chocolat noir, mais ils proviennent également du lait dans le cas du chocolat au lait ou blanc (**Multon, 1992**).

5- Composition chimique du chocolat :

5.1 Macronutriments :

Les macronutriments constituent la majeure partie de l'alimentation et fournissent l'énergie ainsi que bon nombre de nutriments essentiels. Les glucides, les protéines (comprenant les acides aminés essentiels), les lipides (comprenant les acides gras essentiels)

5.1.1 Glucides :

La teneur en glucides du chocolat est estimée à plus de 45 %, dont il existe différents types (USDA, 2010). Le premier est le saccharose, que l'on retrouve dans tous les types de chocolat noir, au lait ou blanc. Un maximum de 20% de glucose peut également être ajouté à la composition chocolatée. Le lactose se trouve dans le chocolat au lait et le chocolat blanc. Le fructose est utilisé pour sucrer le chocolat et réduire la douceur finale, il peut être ajouté jusqu'à 5% du poids total du chocolat (PNNS, 2007). Le chocolat contient de l'amidon provenant de la poudre de cacao (**Favier, 1995**).

Les glucides devraient représenter 45 à 55 % de l'apport énergétique total. Cependant, le chocolat noir contient environ 47 calories glucidiques, ce qui est quantitativement approprié.

Qualitativement, le glucide le plus important dans le chocolat est le saccharose. Le chocolat ne devant pas représenter plus de 10 % de l'apport énergétique total, le chocolat est un aliment déséquilibré en termes de qualité glucidique (**Favier, 1995**).

5.1.2 Lipides :

La fraction lipidique représente environ 30 % du chocolat (Favier, 1995). Il se compose de beurre de cacao avec les acides gras lactiques du chocolat au lait (Robert, 1990). Certains types de chocolat contiennent des matières grasses végétales en plus du beurre de cacao jusqu'à 5% (Codex Stan). Les lipides du beurre de cacao sont presque exclusivement sous forme de triglycérides (94%), de petites quantités de diglycérides (4%), d'acides gras libres (1,3%) et de monoglycérides rares, et d'une petite quantité d'insaponifiables tels que les stérols et les traces. De vitamines. D (Daverio, 2005). Parmi les triglycérides, 3° sont saturés, 83° sont monoinsaturés et 14° sont monoinsaturés et insaturés. Le beurre de cacao est composé de près de trois triglycérides monoinsaturés : 21 % POP (2-oléodipalmitine), 37 % POS (1-palmito-2-oléo-3-stéarine) et 25 % SOS (2-oléodistéarine) (**Martin, 1987**).

Le beurre de cacao contient 62,5 % d'acides gras saturés par rapport aux acides gras totaux, dont l'acide palmitique (26,6 %) et l'acide stéarique (34,7 %). Les acides gras monoinsaturés, dont le principal représentant est l'acide oléique (34,1 % des AG totaux), constituent (34,4 %) la teneur totale en acides gras (Feinberg, 1987). Le cholestérol se trouve principalement dans le chocolat au lait et le chocolat blanc (18,2 mg et 23 mg pour 100 g), car ce dernier contient du lait à forte teneur en cholestérol en raison de sa forte teneur en graisses animales (**Anses, 2013**).

Les lipides devraient représenter 30 à 35 % de l'apport énergétique total. Cependant, le chocolat noir contient plus de 52 calories provenant des lipides. Ainsi, d'un point de vue nutritionnel, le chocolat est un aliment très riche en lipides.

De plus, sa composition en acides gras ne respecte pas la répartition actuellement recommandée des différents acides gras qui sont : 25 % d'acides gras saturés, 50 % d'acides gras monoinsaturés et 25 % d'acides gras polyinsaturés. Cependant, l'acide stéarique occupe une place particulière parmi les acides gras saturés (**Kris-Etherton et al 1993**).

5.1.3 Protéines :

Les protéines représentent 5 à 10 % du chocolat. Ces protéines végétales sont obtenues à partir de la pâte de cacao, mais aussi de la poudre de lait ajoutée à certains chocolatés (**Berg et al., 2008 ; Alais et al., 2008**).

Qualitativement, le chocolat noir contient 8 acides aminés nécessaires à l'organisme (isoleucine, leucine, lysine, phénylalanine, méthionine, thréonine, tryptophane et valine) **(Robert, 1990)**.

Les protéines présentes dans le chocolat sont maltraitées au niveau digestif. Ceci peut s'expliquer par le fait que lors de la fermentation les protéines se combinent avec les tanins, formant des complexes insolubles qui ne sont pas sensibles à la dégradation de la pepsine au niveau gastrique **(Lanteaume et al., 1972)**.

Les protéines devraient représenter 10 à 15 % de l'apport énergétique total. Dans le chocolat noir, cependant, ils représentent moins de 4 % de l'apport énergétique total **(Robert, 1990)**.

5.1.4 Fibres :

Les fibres sont des polysaccharides complexes. 100 g de chocolat noir contiennent 9 g : 4 g de lignine, 2 g de cellulose, 1,8 g de gomme, 1,2 g de pentosane **(Lerno, 1992)**.

Les fibres permettent d'augmenter l'élimination du cholestérol et des sels biliaires en réduisant la circulation entérohépatique due à l'augmentation du transit intestinal. La quantité quotidienne de fibres devrait être de 20 à 40 g. Cependant, dans le cas du chocolat, leurs petites quantités ont peu d'effet sur le passage, compte tenu de la faible teneur en hydratation et en résidus du chocolat **(Robert, 1990)**.

5.2 Micronutriments :

5.2.1 Macronutriments :

Le chocolat contient principalement du potassium, suivi du phosphore, du magnésium, du sodium et du calcium, comme résumé dans le tableau IV.

Le chocolat noir contient plus de potassium, de phosphore et de magnésium que les autres types de chocolat. En effet, il apporte 18% de potassium, 33% de phosphore et 57% des Apports Nutritionnels Recommandés (ANC) de magnésium pour 100 grammes de chocolat noir.

Le calcium est principalement obtenu à partir du chocolat au lait et du chocolat blanc. Ces deux chocolats produisent environ 25 degrés d'ANC pour 100g. Cependant, ce calcium est mal utilisé car il contient des oxalates, qui se combinent avec lui pour former des oxalates de calcium insolubles qui ne peuvent pas être absorbés dans le tractus gastro-intestinal **(Massey et al., 1993)**.

Cent grammes (100g) de chocolat noir contiennent 7 mg de sodium. Le manque de sodium lui permet d'être consommé par les personnes ayant un régime pauvre en sodium, en particulier les patients hypertendus et ceux qui prennent des corticoïdes.

5.2.2 Les oligoéléments :

Le chocolat noir en contient plus que les autres types, spécialement le fer, manganèse, cuivre et zinc

5.2.3 Les vitamines :

Le chocolat est un aliment naturellement riche en vitamines et ce d'autant plus que les vitamines C et K2 ne sont pas présentes et la vitamine D est retrouvée à l'état de trace. Les vitamines A et K1 sont présentes dans le chocolat au lait et absentes pour les autres. La vitamine B1 n'est présente que pour le chocolat noir.

5.3 Les composés phénoliques :

D'après les recherches de Counet et al., (2005), le chocolat est composé de 170 mg de flavonoïdes pour 100 g de chocolat, soit : la plupart c'est des flavanols, catéchine et épicatechine, et les oligomères proanthocyanidoliques qui en découlent, les flavanols comme la quercétine et des polyphénols n'appartenant pas à la classe des flavonoïdes : l'acide férulique, un acide hydroxycinnamique et des stilbènes, le trans-resvératrol et le trans-piceide, en faibles quantités (Counet et al., 2005).

Le chocolat renferme des tanins à hauteur de 1 g /100 g (Robert, 1990). Ils sont retrouvés sous la forme de polymères de catéchine et d'épicatechine qui sont un résultat de la condensation de trois à dix molécules de flavan-3-ol (Jannel-Oudot et Misler, 1997 ; Wollgast et Anklam, 2000).

Tous ces polyphénols sont brusquement antioxydants et protègent vu que les antioxydants entre les vitamines C et E (Paris et al., 1981).

5.4 Les alcaloïdes :

C'est une famille très variée qui a pour caractéristiques la présence d'au moins un atome d'azote, une grande activité biologique et une solubilité variant avec le pH (Brunetto et al., 2005).

5.4.1 Les méthylxanthines :

La théobromine est la principale base purique du cacao, suivie de la caféine et de la théophylline qui existe en faibles proportions relativement aux deux autres xanthines (**Brunetto et al., 2005**).

5.4.2 Le salsolinol :

Le chocolat contient du salsolinol, un alcaloïde dérivé de la dopamine qui est produit dans l'organisme (**Beuzard, 2003**).

Il est flux pour le chocolat noir à une intégration de 19,75 µg/g. Le chocolat au lait ne contient que 5,2 µg/g de salsolinol (**Melzig et al., 2000**).

Le salsolinol favorise entre autres l'augmentation du rapport d'une amine biogène, la phényléthylamine, en inhibant l'enzyme qui la régule (**Melzig et al., 2000**).

5.5 Les amines biogènes :

5.5.1 La sérotonine :

Est une amine biogène au niveau périphérique et un neuromédiateur au niveau du système nerveux central (**Borel, 1987**).

Cette molécule a des effets spacieux et variés, elle agit sur le système cardiovasculaire et sur les muscles lisses : elle peut déclencher dilatation et relâchement à une faible concentration et la contraction à une concentration plus élevée. Au niveau central, la sérotonine a différents effets, ils ne sont pas tous élucidés. Elle joue le rôle d'antidépresseur (**Rambali et al., 2002**).

Dans l'organisme, la sérotonine est synthétisée à partir d'un acide aminé, le tryptophane, qui est présent dans le cacao (3 mg/g) et dans le chocolat (2,7 mg/100 g) (**Robert, 1990**).

5.5.2 La tyramine :

Le chocolat renferme une substance déjà connue pour provoquer des fausses allergies alimentaires : la tyramine. Son effet est double : d'une part, histaminolibératrice et d'autre part, elle entraînerait pendant son passage dans les poumons, une libération de prostaglandines et aussi des agents vasoactifs susceptibles d'effet au niveau céphalique (**Monneret-Vautrin, 1984**).

Elle a une composition moléculaire voisine de celle-ci-là des amphétamines et possède des propriétés psychostimulante, antidépressive et vasodilatatrice (**Brenckmann, 1997**).

Elle agit par le système sympathique en augmentant la libération de noradrénaline. La tyramine augmente de manière significative la pression systolique, exclusivement à une dose de 21 mg, ce qui est naturellement écarté de ce que contient le chocolat (1,2 mg/100 g) **(Rambali et al., 2002)**.

5.5.3 La phényléthylamine :

La phényléthylamine est la composition de base des amines biogènes (adrénaline, noradrénaline, dopamine, sérotonine) **(Richard et Senon, 1999)**.

C'est une amine qui a des habillage amphétamine-like, c'est à déclaration des habillage antidépresseur, stimulant, euphorisant. Dans le cerveau, la phényléthylamine agit comme la dopamine sur le noyau accubens qui est soupçonné d'être éléments responsable des conduites addictives des drogués **(Fleaux-Mulot, 2004)**.

Le chocolat que buvaient les Aztèques n'était pas sucré et très concentré en cacao et pouvait provoquer des effets hallucinogènes, exclusivement le chocolat contient des quantités de phényléthylamine excessivement faiblard (1 mg/100 g) pour produire des effets amphétaminique **(Rogers et Smit, 2000)**.

5.5.4 L'histamine :

C'est un neurotransmetteur des systèmes nerveux central et périphérique. Elle joue un rôle dans les réactions allergiques de toutes sortes. Ses récepteurs centraux permettent l'équilibrage du système cardiovasculaire, de la diurèse et la ration alimentaire **(Rambali et al., 2002)**.

Le cacao est un aliment qui favorise le défoulement d'histamine. Tout d'abord il en contient une faible quantité. Son déglutition abondante, associée à la consommation de féculents, favorise un accroissement de la flore de fermentation, aussi source de libération d'histamine. De plus, le cacao contient de la tyramine qui est elle-même émancipatrice d'histamine. Or l'histamine peut être à l'origine d'une intolérance alimentaire **(Jannel-Oudot et Misler, 1997)**.

6- Effets sur la santé :

Le chocolat pourrait offrir des bienfaits potentiels pour la santé grâce aux composés appelés flavonoïdes. Les flavonoïdes sont des antioxydants qui aident le corps à réparer les cellules endommagées, ce qui peut réduire le risque de maladie cardiovasculaire et d'autres maladies

chroniques. Toutefois, il faudra de nombreuses autres recherches pour que l'on puisse formuler des recommandations au sujet du chocolat et de ses effets sur la santé du cœur

6.1 Chocolat et diabète :

Le chocolat contient des glucides avec un index glycémique particulièrement bas de 22 par rapport au glucose de référence (100), c'est pourquoi il provoque un pic glycémique bas. Pour les personnes atteintes de diabète insulino-dépendant qui ont besoin d'une collation, l'impact glycémique d'une barre de chocolat n'est pas supérieur à celui d'une collation aux pommes ou aux céréales. Les glucides du cacao jouent donc un rôle physiologique intéressant par l'énergie qu'ils produisent sans risque d'hypoglycémie réactive, puisqu'ils ne provoquent pas de pic brutal d'insuline. Le chocolat noir contenant au moins 60 % de cacao n'est donc pas interdit aux diabétiques, tant qu'il est consommé en fin de repas et en quantité raisonnable **(Albanel, 2000 et Beuzard, 2003)**.

Le chocolat light a une teneur en glucides plus faible (chocolats light) : le saccharose est remplacé par du fructose. Ils sont faits pour les diabétiques car leur effet sur la glycémie est moindre ; cependant, le fructose favorise la synthèse des triglycérides, qui sont déconseillés pour la santé car ils augmentent les risques cardiovasculaires (avec une utilisation régulière) **(Daverio, 2005)**.

6.2 Chocolat et obésité :

Le chocolat, riche en glucides et en lipides, est un aliment très énergétique : 100 grammes de chocolat noir apportent en moyenne 520 kcal (550 kcal pour 100 grammes de chocolat au lait) **(Beuzard, 2003)**. Cependant, dans le cadre d'une alimentation équilibrée, le chocolat ne fait pas grossir. Le chocolat n'étant pas la base de notre alimentation, tout le monde peut en manger **(Albanel, 2000)**.

Le chocolat est présent dans de nombreux produits destinés au goûter, mais ce mode de consommation est plus susceptible d'entraîner une prise de poids **(Daverio, 2005)**.

6.3 Chocolat, cholestérol et maladies cardiovasculaires :

En raison de sa forte teneur en lipides, le chocolat a été soupçonné d'augmenter le cholestérol sanguin. Or, l'hypercholestérolémie est l'un des facteurs liés à la survenue de maladies cardiovasculaires. En effet, il conduit progressivement à des dépôts lipidiques dans les artères, qui forment des plaques d'athérosclérose, qui conduisent à l'athérosclérose **(Steinberg et al., 2003)**.

Cependant, le beurre de cacao dans le chocolat a un effet neutre sur le taux de cholestérol. Grâce aux flavonoïdes contenus dans le chocolat, le chocolat protège des maladies cardiovasculaires. Selon de nombreuses études, une consommation modérée de chocolat permet de réduire le risque coronarien (**Wollgast et Anklam, 2000**).

Selon des études *in vitro*, le chocolat réduit la peroxydation des lipides LDL. Selon les travaux de chercheurs italiens de l'Institut national de l'alimentation et de la nutrition de Rome, la consommation de 100 g de chocolat noir augmente la capacité antioxydante du plasma sanguin d'environ 20 %. Ce n'est pas le cas du chocolat au lait. Bien que cette étude, la première chez l'homme, n'ait porté que sur 12 personnes, elle apporte un autre argument en faveur d'un effet protecteur contre les maladies cardiovasculaires. Et cela devrait sans doute encourager les études épidémiologiques, encore nécessaires pour évaluer les supposés effets bénéfiques du chocolat (**Jannel-oudot et Misler, 1997**).

Rappelons que les acides gras du beurre de cacao : acide stéarique, acide palmitique et acide oléique se retrouvent sous forme de triglycérides : POP, SOS, POS (Feinberg, 1987). Cependant, dans l'intestin grêle, la lipase pancréatique exerce son activité lipolytique principalement sur les liaisons ester des triglycérides situés à l'extérieur, c'est-à-dire en positions 1 et 3. En conséquence, le 2-monoglycéride est libéré avec l'acide oléique et deux acides gras libres, l'acide stéarique et l'acide palmitique. De plus, les monoglycérides sont plus facilement absorbés par la muqueuse intestinale que les acides gras libres. Ainsi, l'acide oléique est mieux absorbé que les acides gras saturés (**Lairon et Brel, 1989**).

De plus, l'acide oléique abaisse le cholestérol par rapport aux acides gras saturés, et l'acide stéarique abaisse le cholestérol par rapport à l'acide palmitique, selon l'étude Kris-Etherton. De plus, le beurre de cacao contient également 2,9 % d'acide linoléique, connu pour ses propriétés hypocholestérolémiantes (**Feinberg, 1987**).

Depuis l'adoption de la directive européenne le 23 juin 2000, les fabricants de chocolat sont autorisés à remplacer jusqu'à 5 % du beurre de cacao du produit fini par une autre matière grasse végétale. Autrefois, le chocolat devait contenir au moins 20 % de beurre de cacao pour mériter son nom mais avoir 5% du produit fini issu d'une autre matière grasse équivaut à remplacer le quart du beurre de cacao. Ce qui n'est pas sans conséquences. Car le beurre de cacao ne favorise pas la formation de cholestérol, contrairement à d'autres graisses végétales autorisées (ilipe, huile de palme, salli, karité, kokum, gurgi et noyaux de mangue) (**Talbot, 2011**).

6.4 Chocolat et migraine :

La migraine est une maladie caractérisée par de graves maux de tête lancinants, souvent accompagnés de nausées et de vomissements, moins souvent de troubles visuels ou de changements d'humeur **(Corler, 1992)**.

Dans le chocolat, les principales substances biochimiques suspectées de provoquer des migraines sont les amines biogènes (tyramine, mais aussi PEA). Ces deux molécules ont un effet vasodilatateur. Dans le corps, ils sont oxydés en substances inactives sous l'influence des MAO. Si le corps est déficient en MAO ou si une personne reçoit un traitement par inhibiteur de MAO, l'accumulation de tyramine et de PEA est susceptible de provoquer des migraines.

Cependant, certaines objections peuvent être soulevées. Tout d'abord, la dose : sachant que 100 g de chocolat contiennent moins de 1 mg de phényléthylamine, une consommation normale (environ 30 g) tombe en dessous de 0,3 mg de cette quantité. Ce n'est pas suffisant pour déclencher une migraine, d'autant plus que la phényléthylamine est rapidement détruite dans notre tube digestif avant d'entrer dans la circulation sanguine. De même, de fortes doses de tyramine peuvent provoquer des migraines et le chocolat n'en contient que de petites quantités. **(Marcus, 1997)**

6.5 Chocolat et calculs rénaux :

Le chocolat est un aliment riche en acide oxalique (200 mg/100 g dans le chocolat noir) **(Robert, 1990)**.

L'ingestion de chocolat peut provoquer une hyperoxalurie transitoire, qui crée vraisemblablement des conditions urinaires favorables à la lithiase chez les patients à risque. **(Nguyen et al., 1994)**. Le chocolat doit être évité par les personnes souffrant de calculs biliaires, de problèmes urinaires, de goutte et d'insuffisance rénale **(Brieu, 2002)**.

6.6 Dépendance au chocolat :

On ne peut pas parler de chocolat sans aborder le problème de la consommation excessive **(Max, 1989)**.

Une étude in vitro menée par un groupe de l'Institut de pharmacologie moléculaire de Berlin montre que le salsolinol peut se lier aux mêmes récepteurs dopaminergiques que la cocaïne. Selon les auteurs, 100 g de chocolat suffiraient au salsolinol pour activer ces récepteurs. Cela peut expliquer la légère dépendance sans fringales lorsque vous consommez beaucoup de chocolat. Certains le considèrent comme le principal composé psychoactif du chocolat à l'origine de la dépendance **(Richard et Senon, 1999)**.

De plus le chocolat contient non seulement de l'anandamide (un acide gras cannabinoïde), une molécule susceptible d'avoir des effets cannabinoïdes mimétiques, mais stimule également sa sécrétion. Cependant, l'anandamide est présent en petite quantité dans le chocolat et est mal absorbé par voie orale, il faudrait donc consommer environ 30 kg de chocolat pour obtenir l'effet du cannabis (**Di Tomaso et al., 1996 ; Allain, 20**

1 La famille des fabacées

La famille des Fabaceae ou Leguminosae est l'une des plus importantes de la flore en général et des dicotylédones en particulier (Ozenda, 1991), souvent appelées fabales, avec 630 genres et environ 20 000 espèces réparties dans le monde (Judd et al., 2002). dont 53 genres fabales et 339 espèces ont été répertoriés en Algérie (**Quezel et Santa, 1962**).

En général, les plantes Fabaceae sont communes à tous les organismes terrestres. Cependant, leur distribution varie d'une sous-famille à l'autre. Les plantes Fabaceae sont cosmopolites et ils se trouvent dans presque tous les environnements sur terre et sont au centre de leur diversité situé en Amérique centrale et du Sud. D'autres centres de diversité sont également situés en Afrique et en Asie (**Ndayishimiye, 2011**)

En général, les plantes Fabaceae sont communes à tous les organismes terrestres. Cependant, leur distribution varie d'une sous-famille à l'autre. Les plantes Fabaceae sont cosmopolites et ils se produisent dans presque tous les environnements de la Terre et leur centre de diversité se trouve en Amérique centrale et en Amérique du Sud. D'autres centres de diversité sont également situés en Afrique et en Asie (**Ndayishimiye, 2011**)

La famille ou superfamille des légumineuses comprend les plantes dicotylédones, dicotylédones, ovoïdes, herbacées ou feuillues, les plantes annuelles, bisannuelles ou vivaces dont le fruit est une légumineuse ou un légume (Marouf et Reynaud, 2007). Et Judd et al. (2002), les espèces de fabaceae sont généralement des herbes, des arbustes, des arbres ou des plantes grimpantes avec des lianes ou des vrilles torsadées. Feuilles généralement alternes, pennées (ou bifoliées) composées ou palmées, trifoliées ou unifoliées entières ou parfois dentées - strictement pennées.

2 Présentation du caroubier

2.1 Genre *Ceratonia siliqua*

Le Caroubier (*Ceratonia siliqua* L.), appartenant à la famille des grandes légumineuses, est une espèce marginale quasi-endémique de la Méditerranée, cultivée depuis longtemps pour ses sous-produits ainsi que pour sa résistance au manque d'eau (Biner, 2007) (Avallone, 1997)

Le caroubier est un arbre ou un arbuste sclérophylle à feuilles persistantes qui peut atteindre 7 à 20 mètres de haut et 2 à 3 mètres de circonférence à la base du tronc. Il a une écorce lisse et

grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à maturité. Son bois rougeâtre est très dur. le caroubier peut vivre jusqu'à 200 ans (**Boudy, 1950 ; RejeChitt et al., 2007**).

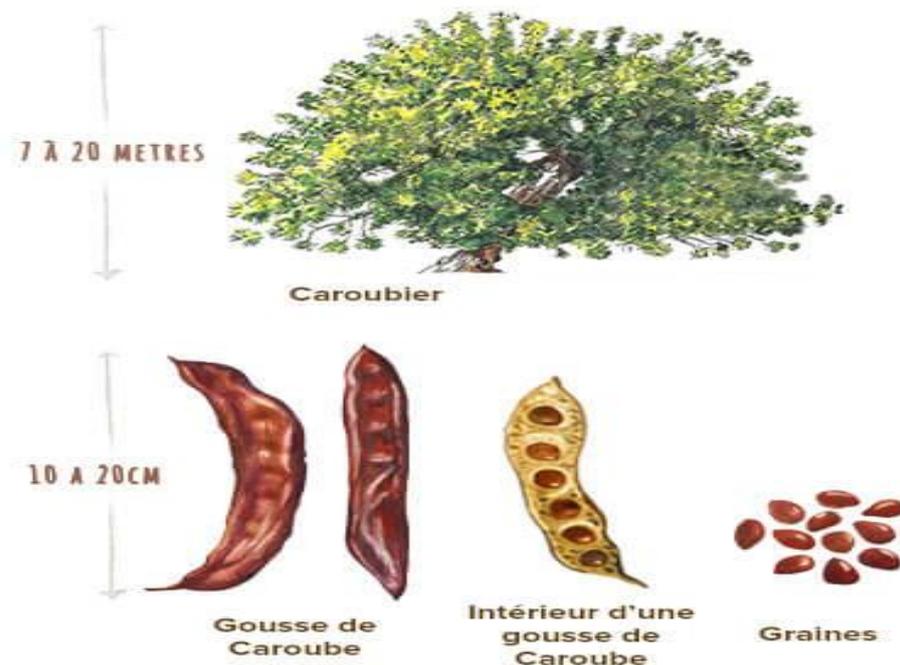


Figure 4: le caroubier (*Ceratonia siliqua* L) (www.dieta-natura.com/plantes-actifs/caroube.html)

2.2 Taxonomie et systématique

Le nom scientifique de la caroube, *Ceratonia siliqua* L., vient du mot grec *Keras* (= corne) et du mot latin *siliqua*, qui signifie siliqua ou gousse et fait référence à la dureté et à la forme du fruit. Il est également connu sous le nom de pain de St. Jean-Baptiste (**Bataille et Tous, 1997**).

Par ailleurs, le nom dialectal hébreu *kharouv* a donné lieu à plusieurs dérivés, comme *Kharroub* en arabe, *algrrobo* en espagnol, *carroubo* en italien, *caroubier* en français, etc. De plus, les graines de caroube sont appelées "carats" en raison de leur uniformité. Ils ont longtemps été utilisés par les joailliers comme unité de poids pour peser les diamants, perles et autres pierres précieuses (1 carat = 205,3 mg) (**Rejeb, 1995**).

Le genre *Ceratonia* appartient à la famille des Rosales de la famille des Fabacées. Cependant, cette position taxonomique est encore controversée. Il est généralement placé dans la famille des Cassieae, sous-famille des Cesalpinoideae. Cependant, certains auteurs ont exprimé des doutes quant à l'exactitude de cet emplacement. De plus, des études cytologiques ont montré que le genre *Ceratonia*, avec un nombre total de chromosomes de $2n = 24$, est loin

des autres membres du genre Cassieae, qui ont un nombre de chromosomes de $2n = 28$ (**Buresh et al., 2004**). De plus, certains auteurs ont nommé Ceratonia comme l'un des plus anciens genres de légumineuses qui aurait été complètement isolé des autres genres de son genre (**Zohary, 1973**).

3 Descriptions et but d'utilisation

Le caroubier est indéniablement un arbre d'importance écologique, socio-économique, industrielle et décorative. En termes de produits, l'arbre et toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, graines, bois, écorce et racines) sont utiles, en particulier les fruits.

3.1 feuilles

Ses feuilles sont longues de 10 à 20 cm, persistantes, coriaces, alternes et ont un pétiole sillonné caractéristique. Elles sont constituées de 4 à 10 folioles, vert clair sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale, il perd ces feuilles tous les deux ans en juillet (**Kicher et Laddjoudi2016**)

Dans les installations forestières, les plantes mâles sont souvent coupées pour le fourrage. Plusieurs études ont montré que l'utilisation de feuilles liées au polyéthylène glycol (PEG) améliore la digestibilité et la valeur nutritionnelle des tanins contenus dans les feuilles (**Priolo et al., 2000**).

Des extraits de feuilles contenant des tanins ont été utilisés dans la médecine traditionnelle turque pour traiter la diarrhée et comme complément alimentaire (Baytop, 1984). Ces extraits de feuilles ont également été nommés comme porteurs d'activité cytotoxique et antimicrobienne (Kivçak et Mart, 2002).



Figure 5: Les feuilles du caroubier (<https://vivreleportugal.com/actualite/lhistoire-des-caroubes>)

3.2 Les fleurs

Les fleurs sont verdâtres, petites, de 6 à 16 mm de long, en spirale et réunies en nombre dans une grappe axillaire verticale (Kicher et Laddjoudi, 2016).

Les fleurs de caroubier sont regroupées en bractées latérales, généralement dressées ou ascendantes, à tige courte. Au début, les fleurs sont bisexuées ; la suppression de l'axe se produit pendant le développement et la fonction des cellules, entraînant des fleurs mâles ou femelles (Ait chitt, Belmir et Lazrak, 2007)



Figure 6: Les fleurs du caroubier (<https://vivreleportugal.com/actualite/lhistoire-des-caroubes>)

3.3 Les fruits

Les caroube est le fruit du caroubier. Ils fusionnent en un seul grappes simples. Ils sont grands et leur longueur est de 10 à 30 cm. Largeur 1,5-3,5 cm et épaisseur 1-2,5 cm; le poids est de 15-40 g. Le fruit est lâche, mûrissant du brun foncé au noir, plat, allongé ou convexe, séparé à l'intérieur par des plaques de pulpe et contenant 5 à 16 graines brunes, c'est-à-dire. 10 à 20 % du poids de la gousse. En fonction de climat et de la conduite technique (Ait chit, Belmir et Lazrak, 2007).

La gousse est constituée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, sa couleur est d'abord verte, (Kicher et Laddjoudi, 2016).



Figure 7: fruit du caroubier ; gousse verte à droite mure à gauche
(<https://vivreleportugal.com/actualite/lhistoire-des-caroubes>)

3.4 .Les graines

Les graines sont ovoïdes, dures et la couleur dépend de la variété ; elles peuvent être brunes, rougeâtres ou noires, avec une longueur et une largeur moyennes de 8-10 mm et 7-8 mm (BOUBLENZ, 2012)



Figure 8: graines du caroubier
(<https://vivreleportugal.com/actualite/lhistoire-des-caroubes>)

4 Composition chimique du caroubier

La pulpe et les graines sont les deux principaux composants de la gousse du caroubier.

Tableau 1: La composition chimique de la pulpe de caroube est souvent influencée par : l'origine, période de récolte, variétés, période de stockag

La pulpe 90 %	La graine 10 %
Glucide 48 -72 %	L'enveloppe tégumentaire (cuticule) 30 - 33%
Protéine 1- 2%	
Matière grasse 0,5-0,7%	
Cellulose et hémicellulose 18 %	
Minéraux (Ca, Mg, K, P)	L'endosperme (albumen) 42-46%
Pectine et fibres 4,2à 9,6%	L'embryon (germe) 23-25%
Cendres 1,5à 2,4%	
Poly phénols 16-20%	

Les composés phénoliques contenus dans la pulpe de caroube, qui sont principalement des tanins condensés, des flavonoïdes, des tanins hydrolysables et des polyphénols, lui confèrent un rôle différent, nous mentionnons :

Favorise la digestion

Abaisse le cholestérol

Par conséquent, la poudre de caroube est l'une des meilleures sources de protéines végétales et animales (Dakia, 2007).

5 L'origine de caroubier

L'origine du caroubier est encore incertaine, mais des études archéobotaniques ont montré que le caroubier existait en Méditerranée orientale (Syrie et Turquie) (Estrada et al, 2006).

Ceratonia siliqua est une espèce thermophile, elle est donc répandue dans le climat méditerranéen. D'origine arabe, il a été domestiqué dès le Néolithique 4000 ans avant J.C. (Jésus Christ) et sa culture remonte à au moins 2000 ans avant Jésus Christ, et actuellement le caroubier est visé par un commerce important et constitue un article d'exportation de certains îles de la méditerranéens orientale notamment de Chypre (Evreinoff, 2016).

6 Revalorisation des sous-produits de la caroube

6.1 La pulpe

La poudre de caroube tirée des gousses est un édulcorant naturel, qui a la saveur et l'apparence semblable du chocolat. Contrairement à son homologue le cacao, ne substitut du cacao (Bengoechea *et al.*, 2008).

La caroube, broyée est traitée industriellement et vendus dans les grands magasins et les marchés locaux comme un substitut du cacao (Youssif, 2000; Kumazawa *et al.*, 2002; Ayaz, 2007; Bengoechea *et al.*, 2008).

6.2 Gomme extrait à partir des graines

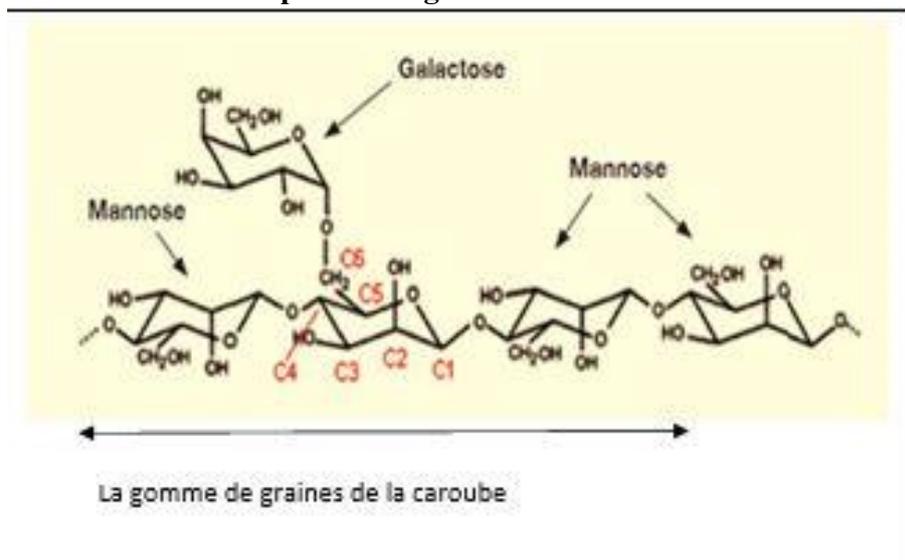


Figure 9: Structure des galactomannanes de la gomme de caroube et de la gomme tara

Extraction et purification de la gomme de caroube (LBG) :

La gomme de caroube est extraite à partir de l'albumen des graines de *Ceratonia siliqua* du fait de sa richesse en galactomannanes (unités de β -D-mannose et de α -D-galactose) (Avallone *et al.*, 1997; Biner *et al.*, 2007), issue de l'endosperme elle

constitue le 1/3 du poids total de la graine ; 100kg de graines produisent en

moyenne 20kg de gomme pure et sèche.

Le galactomannane est un polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe (**Kök et al., 1998**). Ce polysaccharide est utilisé dans l'industrie alimentaire (additif naturel E410 dans les crèmes glacées, mayonnaises, sauces, produits de boulangerie, etc.), ou non alimentaires (industries pharmaceutiques, cosmétique, photographie, béton, explosifs, peinture, encre, cirage, textiles et du papier, produits antidiarrhéiques, etc.). Cette large utilisation est due à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Goycoola et al., 1995; Batlle et al., 1997; Garti et al., 1997; Patmore et al., 2003**).

En plus, il est moins onéreux que les autres polysaccharides utilisés dans l'industrie alimentaire (**Kök et al., 1998**).

Récemment, des études ont également évoqué ce sous-produit de l'industrie comme une bonne source de polyphénols (**Bernardo-Gil, 2013**)

Pour l'obtention de cette gomme, des techniques d'extraction et d'autres traitements sont relativement confidentielles. On sait toutefois que les procédés d'extraction classiques des gommages naturelles ne peuvent être appliqués à la caroube à cause de l'extrême dureté de ses graines (**Cui, 2001 ; Azero et al., 2002**). Un procédé industriel général d'extraction et de purification adapté à la gomme de caroube à partir des gousses et plus spécifiquement

des graines de caroube comporte plusieurs grandes étapes, un procédé d'obtention de la gomme est proposé en annexe

Des traitements de purification (appelés également clarification) ont ensuite lieu dans le but d'éliminer les odeurs de la farine brute, les impuretés et les enzymes endogènes (**Lopez da Silva et al., 1990**).

Les compositions de gommages de caroube brutes et clarifiées ont été investiguées par certains auteurs (**Andrade et al., 1999 ; Azero et al., 2002**). Il ressort de leurs résultats que la gomme de caroube est principalement composée de galactomannanes (environ 93 %, déterminés par différence gravimétrique), de protéines (environ 4-5 %), de lipides (1 %) et de minéraux (1 %). La purification permet d'éliminer la cellulose, la lignine et les lipides, ainsi que de diminuer considérablement les quantités de minéraux et de protéines (**Lopez da Silva et al., 1990**).

7 Répartition géographique du caroubier

7.1 International

Le caroubier se trouve sur cinq continents et se trouve principalement dans les zones cultivées entre les tropiques du Cancer et du Capricorne et 402 degrés nord et sud, avec des exceptions dues aux circonstances.

Aschman (1973) et Margaris (1980) ont déclaré que ses régions sont caractérisées par un climat méditerranéen composé d'arbres et d'arbustes d'apparence très similaire; généralement à partir d'espèces d'arbres telles que *C. siliqua* est limité par le stress dû au froid (Mitrakos, 1981). Dans les zones méditerranéennes basses (0–500 m, rarement au-dessus de 900 m), le criquet est l'espèce d'arbre sclérophylle dominante et typique (Zohary et Orshan, 1959 ; Folch et Guillen, 1981).

Selon Hillcoat et al. (1980), le caroube pousse à l'état sauvage en Turquie, à Chypre, en Syrie, au Liban, en Palestine, dans le sud de la Jordanie, en Égypte, en Arabie, en Tunisie et en Libye avant d'atteindre la Méditerranée occidentale. Il a été propagé par les Grecs en Grèce et en Italie, et par les Arabes sur la côte nord de l'Afrique, le sud et l'est de l'Espagne. Plus tard, il a été diffusé dans le sud du Portugal et le sud-est de la France. Il a également été adopté avec succès par les Espagnols et les Anglais dans d'autres pays au climat méditerranéen, notamment aux États-Unis (Arizona, Californie du Sud), au Mexique, en Australie et en Afrique du Sud (Estrada et al., 2006).

Melgarejo et Salazar (2003) considèrent nécessairement la Méditerranée comme le centre de la diversité de caroubier, et bien que cette zone ne soit pas le centre d'origine, le plus important pour l'éleveur est qu'elle se situe dans le bassin méditerranéen, que la diversité des espèces est plus grande et c'est donc un domaine où il est très possible de trouver du nouveau matériel génétique avec une probabilité plus élevée.

7.2 En Algérie

En Algérie, le caroubier est couramment cultivé dans l'Atlas saharien et commun à Telli (Quezel et Santa, 1962). Dans la nature, il se rencontre avec l'amandier dans les sols semi-arides chauds, subhumides et humides à une altitude de 100-1300 m dans des vallées fraîches qui le protègent du gel à 5 °C. jusqu'à 20 °C et des précipitations de 80 à 600 mm/an (Gaouar, 2011).

Selon ces critères climatiques; l'aire de répartition de la caroube en Algérie a été déterminée Ses lieux de prédilection sont les collines ensoleillées des zones côtières ou sous-côtières :

Sahel algérien, Dahra, Grande Kabylie et Petite Kabylie, Vallée de la Soummam (1074 ha) et Oued Isser, Collines d'Oran et versants de Mostaganem, semi-arides chaudes, plaines et vallées intérieures de l'Annaba et de la Mitidja (1054 ha). Il descend à Boussada mais ne fructifie pas là et dans la zone du Traras au nord de Tlemcen (276 ha) 2011)

En Algérie, la répartition de la caroube selon les critères de production se retrouve dans les Wilayas suivantes : Bejaïa, Blida, Tipaza, Boumerdes, Aïn Belfla, Bouira, Tlemcen, Mascara, Tizi-Ouzou (Zitouni, 2010).

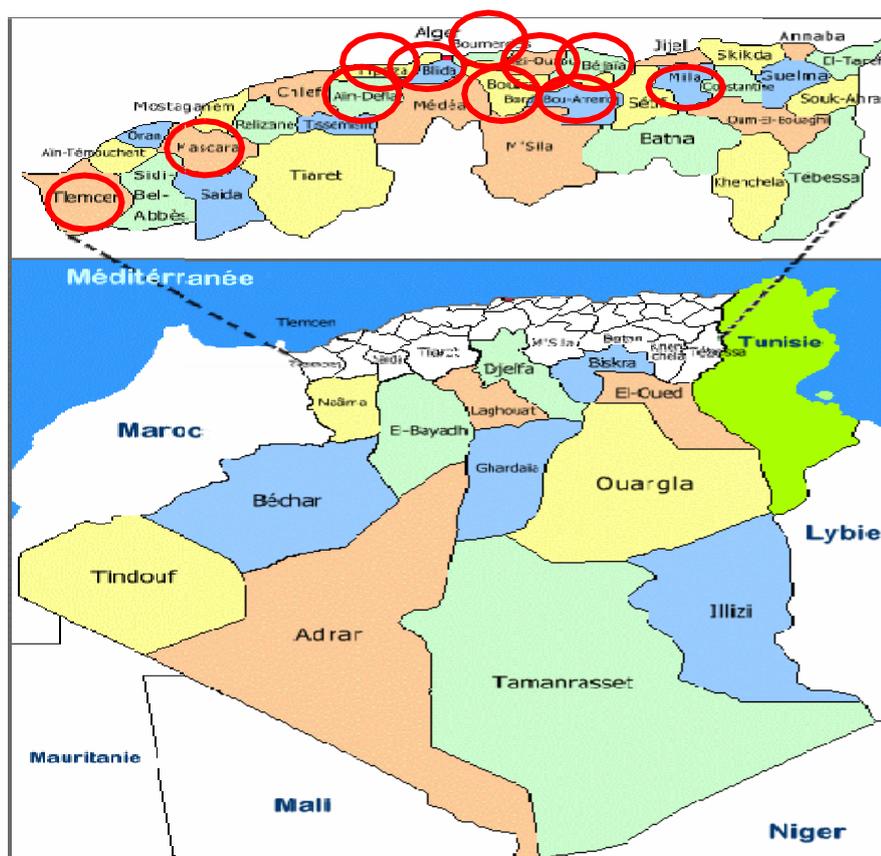


Figure 10: Carte géographique de la distribution de caroubier dans le bassin méditerranéen

8 Production Du Caroubier

8.1 dans le monde entier

Selon FAOSTAT (2019), la production mondiale de caroube est estimée à 136 539 tonnes. Il est principalement concentré en Espagne, Italie, Maroc, Portugal, Grèce, Turquie, suivi de Chypre, Algérie, Liban et enfin Tunisie.

La majeure partie de la production est concentrée principalement au Portugal, qui est le principal producteur avec 41 909 tonnes ; De plus, de faibles productions ont été enregistrées au Liban, en Tunisie, en Australie et en Afrique du Sud (Benamar, Kaid-harch et Daguin ; 2011).

8.2 En Algérie

L'Algérie est huitième avec 1,95% de la production mondiale (Batlle et Tous, 1988). En Algérie, la superficie totale en culture a fortement diminué passant de 11 000 hectares en 1961 à 1 000 hectares en 2011 (FAOSTAT), en 2009, cette superficie était de 927 hectares (dont 645 ha ou 69,58% de la superficie totale est la wilaya de Béjaia, suivie de la wilaya de Blida avec 23,79% et de Tipaza avec 16,55 % (FAOSTAT 2013).

La production de la caroube du pays est estimée à 3 655 tonnes (FAO, 2014). La superficie cultivée dans le nord-ouest de l'Algérie (y compris les wilayas de Tlemcen et de Mascara) n'est que de 6 hectares ou 0,65 % de la superficie du pays, tandis que la production de caroube n'est que de 0,39 %.

Tableau 2: Les wilayas ont été classées par ordre décroissant selon la surface cultivée (ha).

Wilaya	Surface cultivée (ha)	Production (qx)
Bejaia	645	18417
Tipaza	105	5600
Blida	100	8050
Boumerdes	32	1080
Bouira	22	144
Mila	10	80
Tlemcen	5	100
B.B. Arreridj	4	20
Aïn-Defla	2	300
Mascara	1	30
Tizi-Ouzou	1	20
Total	927	33841

9 Intérêt et utilisation de caroubier

Le caroubier est un arbre écologiquement et socio-économiquement important; cet arbre est actuellement l'arbre le plus performant parmi les arbres fruitiers et forestiers. En termes de produit, l'arbre et tous ses composants (feuilles, fleurs, écorces, graines) et surtout les fruits sont utiles dans plusieurs industries pharmaceutiques, cosmétiques, nutritionnelles et de tannerie (Boublenza, 2012).

9.1 Industrie alimentaire

La Carobe produit deux produits beaucoup utilisés dans l'industrie alimentaire : la farine et gomme de caroube.

La farine de criquet est largement utilisée en Méditerranée comme stabilisant, épaississant et substitut du cacao dans les sucreries, les biscuits, les glaces, les bonbons et les boissons (Ayaz et al., 2009 ; Bineret al., 2007 ; Durazzo et al., 2014 et Kumuzawa) . , 2002) en raison de :

- Sa teneur équilibrée en acides aminés
- Sa douceur et son goût sont similaires au chocolat
- Son faible coût

L'avantage d'utiliser la poudre de caroube par rapport à la poudre de cacao est qu'elle ne contient ni caféine ni théobromine (Bengeochea et al. , 2008)

La caroube est également utilisée dans plusieurs produits commerciaux, par ex, stabilisants, épaississants, agglomérant et gélifiants (Battle et al., 1997). substitut de pectine et de la gélatine dans les fromages, sauces, mayonnaise, garnitures

9.2 Domaine médical

Le caroubier est un remède naturel et est particulièrement recommandée dans les cas suivants

- Indigestion
- Reflux gastrique récurrent
- Irritation colique
- Vomissements constants et acidité gastrique
- Hémorroïdes, anémie et carences nutritionnelles

□ problèmes liés à la nutrition et à l'obésité (en raison de la forte teneur en tanin, qui crée une sensation de satiété)

Une étude de nouveaux antioxydants naturels dans le tégument et la chair de la sauterelle est actuellement à l'étude. Cette activité est due à la présence de composés phénoliques et de fibres (Custodio et al., 2011).

9.3 Cosmétiques

La caroube est utilisée dans les produits cosmétiques (savons, crèmes, dentifrices, etc.) en raison de sa capacité à former une solution visqueuse à faible concentration en raison de ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (Goycoola et al., 1995).

Partie Pratique

Le chocolat est un produit de confiserie à base de cacao. La poudre de caroube obtenue à partir des gousses est un édulcorant naturel similaire en goût et en apparence au chocolat, contrairement à son équivalent cacao, elle ne contient ni théobromine ni caféine, elle est donc souvent utilisée comme substitut du cacao (Bengoechet al., 2008). Le but de notre travail est de produire du chocolat à la caroube pour valoriser la caroube algérienne.

1 Substitut de chocolat à base de poudre de caroube

Notre travail consiste en une formulation de 5 échantillons de chocolat à partir du fruit de caroubier avec diverses compositions et pourcentages

La préparation de substituts de chocolat est réalisée à la maison en utilisant la poudre de caroube, la poudre de cacao, lait en poudre déshydraté, chocolat noir, sucre, margarine



Figure 11: poudre de caroube 100% naturelle



Figure 12: Margarine



Figure 13: poudre de cacao



Figure 14: sucre glace



Figure 16: lait en poudre



Figure 15: chocolat noir

Méthodes de réalisation :

5 échantillons sont préparés à partir des ingrédients ci-dessous ;

Tableau 3: tableau résumant la composition finale des produit obtenus

Composition	Caroube	Sucre	Lait en poudre	Chocolat noir	Margarine	Cocoa
Substituts						
Echantillons A	+	+	-	-	+	-
Echantillons B	+	+	-	-	+	+
Echantillons C	+	+	-	+	-	-
Echantillons D	+	-	+	-	+	-
Echantillons E	+	-	-	-	+	-

2 Préparation :

Pesé les quantités des ingrédients avec une balance

Il consiste à fondre la margarine (et/ou le chocolat), l'incorporer avec la poudre de caroube (et/ou la poudre de lait et/ou le cacao en poudre) malaxer à une température de 32°C jusqu'à l'obtention d'un mélange homogène, faire baisser la température, puis réaliser des moulages dans des moules en silicone, les soumettre par la suite à un refroidissement de 4 à 6 °C et conserver à froid.



Figure 17: une balance

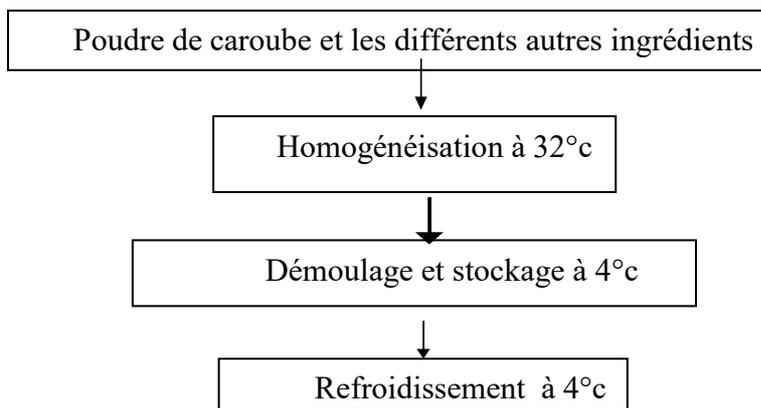


Figure 18: Diagramme de l'essai de formulation de substituant de chocolat à partir de la poudre de la caroube

3 Tests sensoriels

L'analyse sensorielle, une approche relativement nouvelle qui fournit des éléments réels sur la qualité des produits et la manière dont le consommateur les évalue. C'est pourquoi il s'agit d'utiliser la personne comme un instrument de mesure, en utilisant sa capacité à sentir, goûter, voir et entendre. et tactile pour la caractérisation et l'évaluation de produits, notamment dans l'industrie agroalimentaire, où les sens apportent une certaine valeur ajoutée par rapport aux mesures physico-chimiques classiques. Les tests sensoriels sont essentiels dans le développement de nouveaux produits destinés au marché pour :

- comparer les propriétés obtenues avec les propriétés de produits concurrents ;
- bien choisir et gérer les premières transactions utilisées ;
- définir les méthodes de stockage optimales ;
- stabilité du produit pendant la durée de conservation ;

3.1 Principe des tests

L'application des techniques d'analyse sensorielle repose sur l'organisation de séances de mesures, où les participants entrent en contact avec des produits qu'ils doivent décrire, évaluer et analyser objectivement ou subjectivement selon des critères dont les testeurs peuvent être des experts du domaine ou des affaires publiques.

On distingue généralement trois tests analytiques ; tests de discrimination, tests descriptifs, tests hédoniques. Dans notre travail, nous avons choisi le test hédonique, et plus précisément le test d'acceptation, qui est une variante du concept hédonique, qui fait référence aux dimensions « plaisir » et aux sentiments personnels subjectifs du testeur, contrairement à d'autres tests qui sont analytiques, approches visant le développement objectif du produit testé.

3.2 Principes du test hédonique (test d'acceptation)

Elle consiste à évaluer le niveau de satisfaction des consommateurs, pour lesquels ils doivent évaluer chaque produit, dans notre cas du chocolat à base de caroube avec différentes compositions ou ingrédients, selon certains critères (aspect, toucher, goût, couleur, etc.) et le comparer. À son standard personnel, une tablette de chocolat de marque Ambassador.

En général, cette approche se concentre sur les sentiments individuels plutôt que sur une évaluation standardisée de critères spécifiques. Les candidats sont ensuite placés devant soit une préférence numérique, soit une échelle sémantique (je déteste, je n'aime pas du tout, j'aime...) ou une échelle visuelle représentée par une ligne avec à l'extrémité gauche (je déteste) et droite (j'aime). Et la ligne "J'aime" où ils doivent mettre une marque, une ligne ou une croix pour exprimer leur appréciation.

A cet effet, une fiche descriptive a été élaborée, qui propose un questionnaire d'analyse hédonique pour les personnes naïves âgées de 1-30 ans dans diverses catégories

3.3 Analyse statistique

L'analyse statistique est une méthode d'examen de résultats à la suite d'une collecte de données. C'est l'un des éléments de l'analyse de données.

L'analyse statistique offre la possibilité de juger objectivement si les résultats obtenus révèlent la réalité ou s'ils changent en fonction de l'échantillon utilisé pour effectuer l'analyse.

Elle comporte 5 étapes à savoir : la description de la nature des données à analyser, l'exploration de la relation entre les données et la population correspondante, la création d'un modèle pour synthétiser les relations entre les données et la population, l'affirmation ou l'infirmité de la validité du modèle et enfin, l'utilisation de l'analytique prédictif pour dérouler des scénarios qui traceront les actions futures.

1 Le but de l'étude :

L'un de mes objectifs dans cette étude était de pouvoir appliquer une formule d'essai d'un produit substitut du chocolat avec différentes formules de poudre de caroube puis faire une analyse hédonique avec des personnes naïves et comparer leurs préférences. À différentes formulations à base de poudre de caroube dans différentes tranches d'âge et de tester plusieurs descripteurs tels que la couleur, le goût, la texture et l'apparence avec une échelle qui vas de 1 à 5 (en choisissant les notion inscrit sur le formulaire)

1 Le résultat de l'appréciation générale est représenté dans le diagramme ci-dessous :
L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F$ Critique). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon C est le mieux noté, tandis que le témoin (chocolat ambassador) a reçu les notes les plus faibles statiquement.

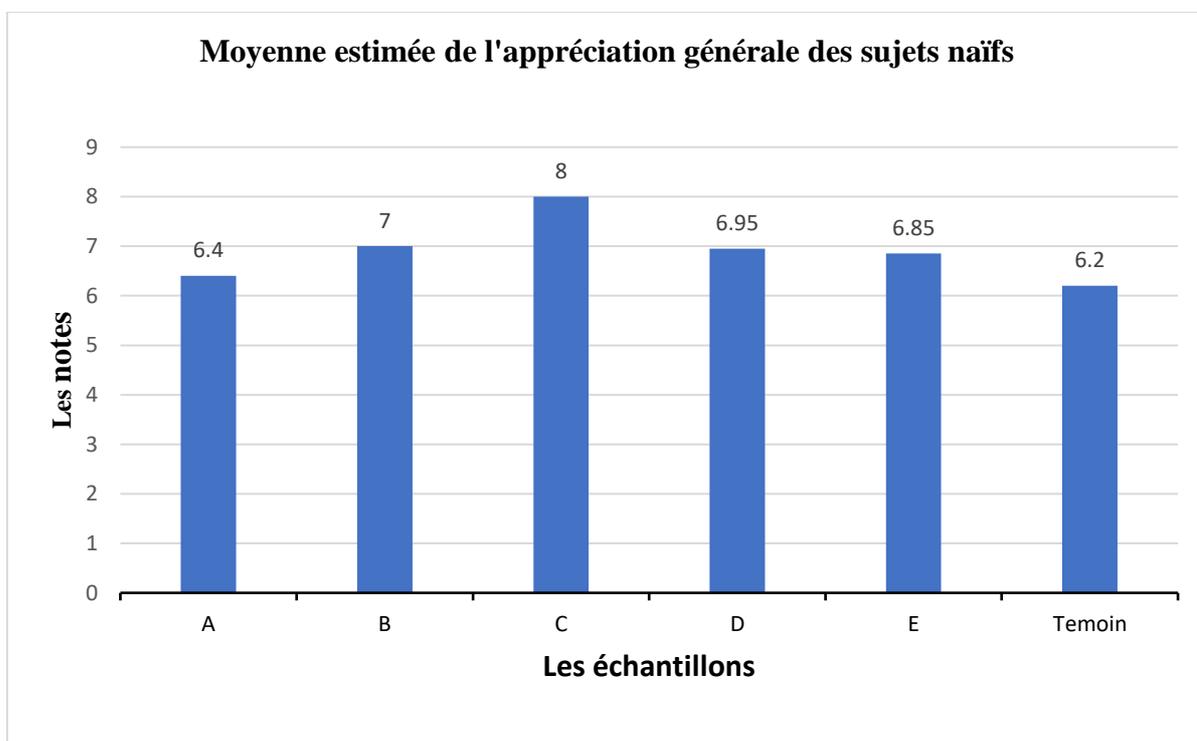


Figure 19: Appréciation générale de l'ensemble des échantillons préparés et le témoin

2.1 Aspect :

Les résultats de l'appréciation de l'aspect sont représentés dans la figure ci-dessous

L'Anova révèle des différences d'appréciation des jurys de l'aspect des échantillons ($F > F$ critique). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon C est le mieux noté et il forme un groupe homogène avec les échantillons B et E tandis que

l'échantillon A à reçu les notes les plus faibles statistiquement

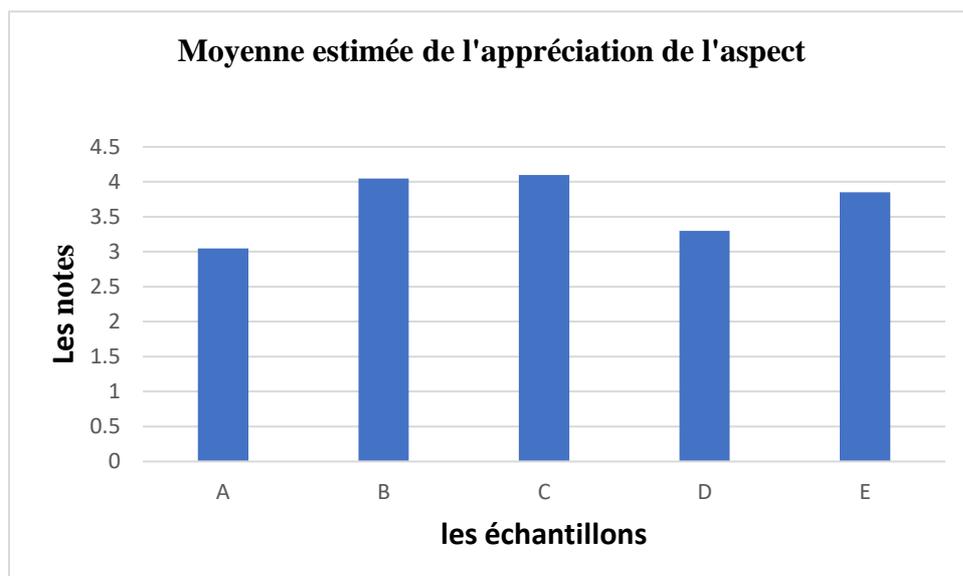


Figure 20: Appréciation générale de l'aspect

2.2 Couleurs :

Les résultats de l'appréciation de la couleur sont représentés dans la figure ci-dessous :

L'Anova révèle des différences d'appréciation des jurys de la couleurs des échantillons ($F > F_{critique}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon C, E et B forment un groupe homogène le mieux noté tandis que l'échantillon D à reçu les notes les plus faibles statistiquement

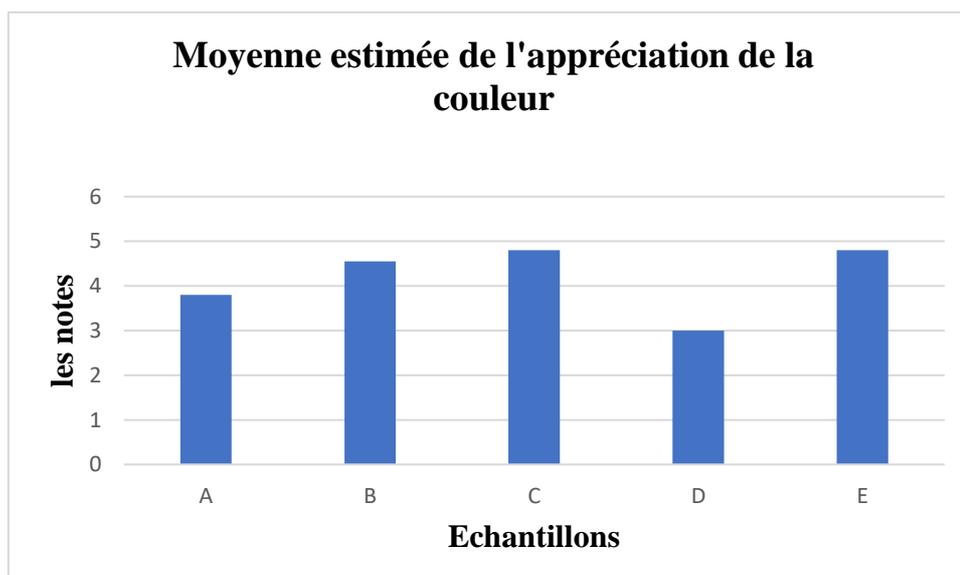


Figure 21: Appréciation générale de la coule

2.1 Odeur de caroube :

Les résultats de l'appréciation de la couleur sont représentés dans la figure ci-dessous

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F_{\text{Critique}}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon E est le mieux noté, tandis que l'échantillon B a reçu les notes les plus faibles statiquement.

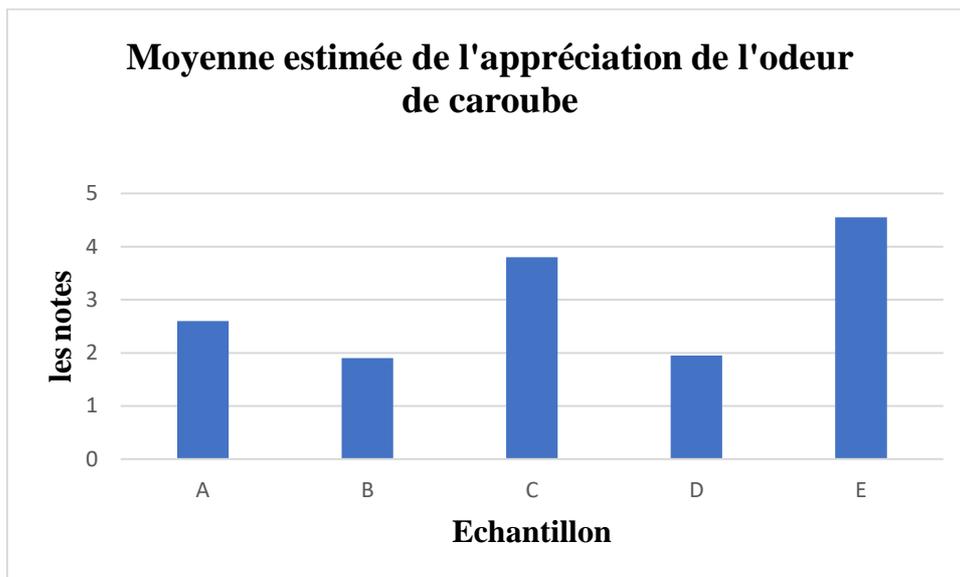


Figure 22: Appréciation générale de l'odeur de caroube

2.2 La Texteur

Les résultats de l'appréciation de la texture sont représentés dans la figure ci-dessous :

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F_{\text{Critique}}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon E est le mieux noté, alors que les échantillons (A, B) a reçu les notes les plus faibles statistiquement.

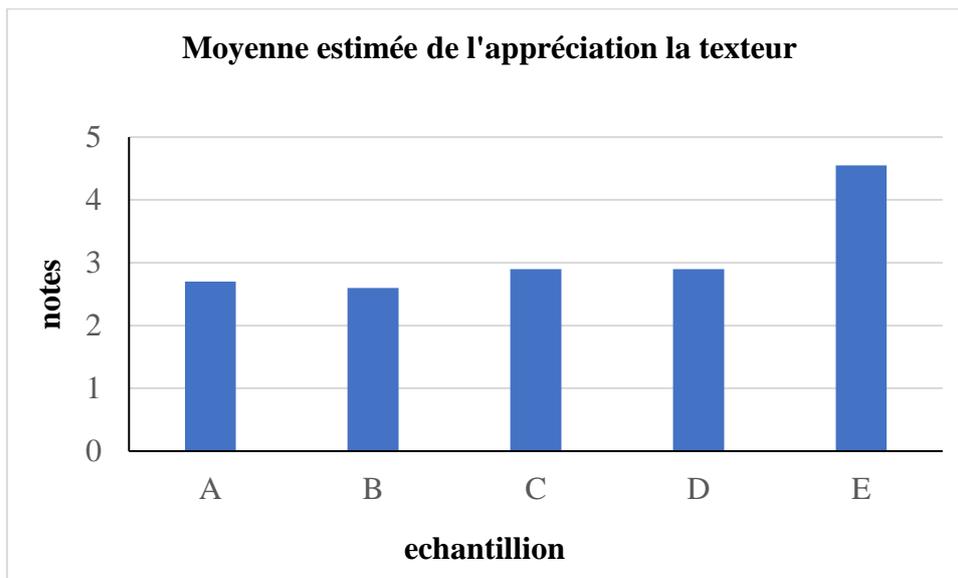


Figure 23: Appréciation générale du textureur

2.3 La sucrosité

Les résultats de l'appréciation de la sucrosité sont représentés dans la figure ci-dessous

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F_{\text{Critique}}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon C est le mieux noté, tandis que l'échantillons E a reçu les notes les plus faibles statiquement.

:

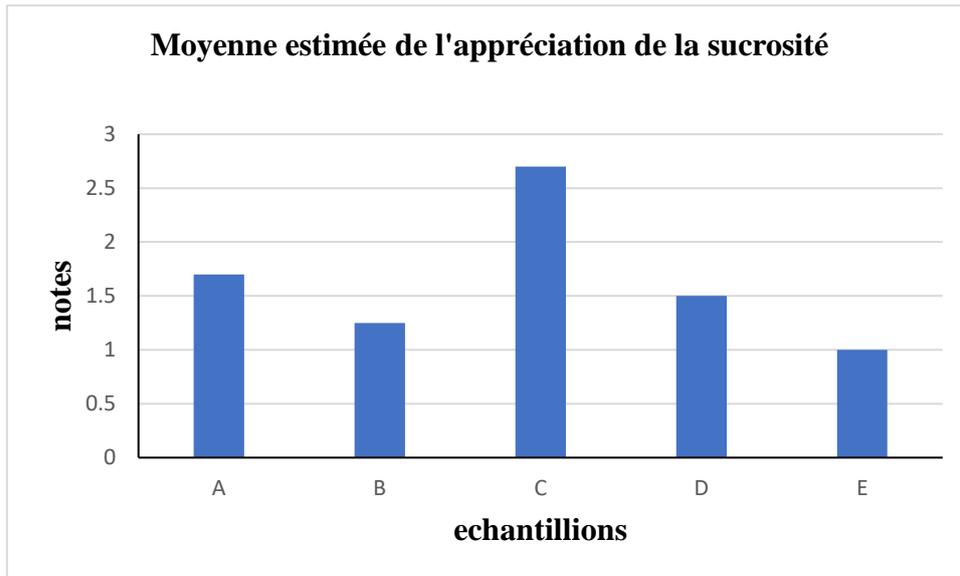


Figure 24: Appréciation générale de la sucrosité

2.6 L'amertume

Les résultats de l'appréciation de l'amertume sont représentés dans la figure ci-dessous

: L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F$ Critique). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon E est le mieux noté, tandis que l'échantillon C a reçu les notes les plus faibles statiquement.

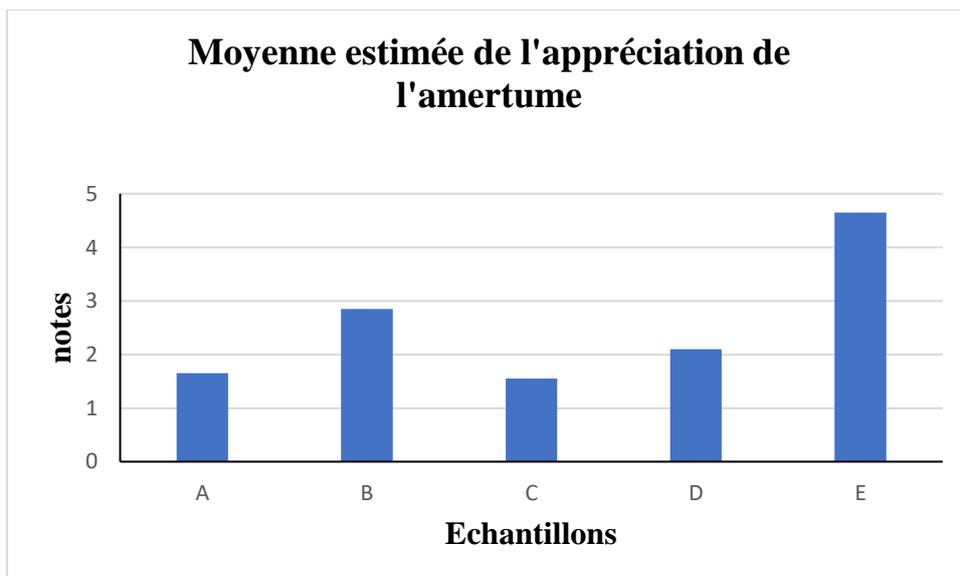


Figure 25: Appréciation générale de l'amertume

2.7 Le goût de lait

Les résultats de l'appréciation de goût de lait sont représentés dans la figure ci-dessous :

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F_{\text{Critique}}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon D est le mieux noté, tandis que des échantillons (A, B, C et E) forment un groupe homogène et a reçu la notes les plus faibles statiquement

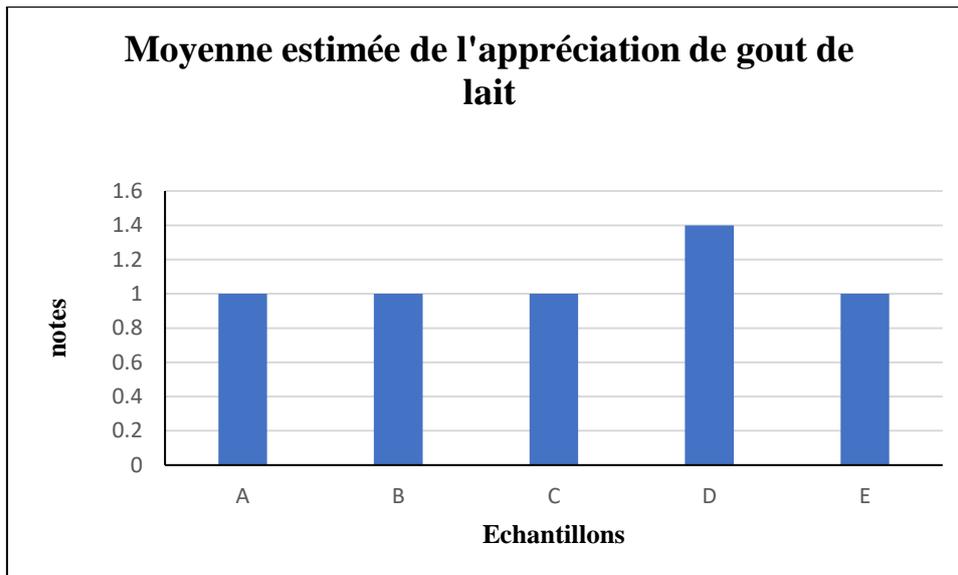


Figure 26: Appréciation générale de gout de lait

2.8 Le goût de caroube

Les résultats de l'appréciation de la sucrosité sont représentés dans la figure ci-dessous :

L'Anova révèle des différences d'appréciation générale des jurys pour les échantillons testés ($F > F_{\text{Critique}}$). Le test LSD de comparaison multiple des moyennes montre que l'échantillon E est le mieux noté, tandis que des échantillons (A, B, C et C) a reçu la notes les plus faibles statiquement

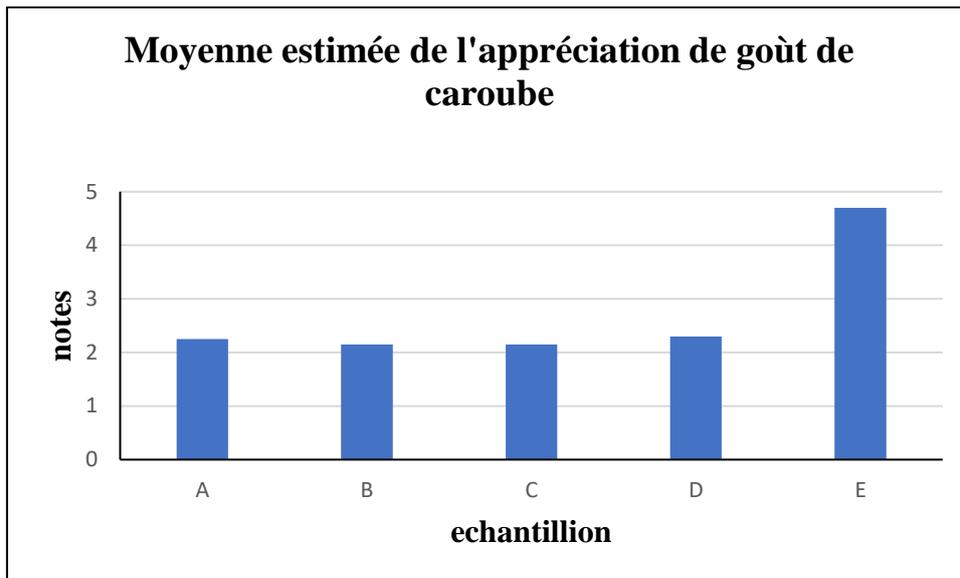


Figure 27: Appréciation générale de gout de caroube

DISCUSSION :

Aspect : J'ai remarqué une similitude entre l'échantillon B et C avec une moyenne de 4 qui est largement supérieure à celle de l'échantillon E

Couleurs : J'ai remarqué une similitude entre l'échantillon E et C avec une moyenne de 4,8 qui est largement supérieure à celle de l'échantillon B

Odeur de caroube : une dominance de l'échantillon E avec une moyenne de 4,6 sur l'échantillon C est remarquée alors que pour les autres échantillons l'odeur est faible

La Texture : l'échantillon E est le plus apprécié par les jurys contrairement aux autres qui ont été dans la moyenne de la notation

La Sucrosité : les jurys ont trouvé que l'échantillon C est le plus sucré avec une note de 2,7

L'Amertume : une dominance de l'échantillon E avec une note de 4,8 supérieure à l'échantillon B qui est de 2,9

Gout de lait : les jurys ont décelé le goût de lait avec une faible présence dans l'échantillon D et une absence totale pour les autres échantillons

Le Gout de caroube : l'échantillon E domine avec une moyenne de 4,8 alors que pour les autres échantillons le goût est presque semblable

Après la dégustation de tous les échantillons élaborés en comparant à un témoin les jurys ont préféré l'échantillon C pour sa variance en qualité de goût avec la présence de chocolat noir et le caroube au même temps

CONCLUSION

Si on retrace le chemin et on suit le développement de caroubier à travers le temps, son importance réside dans la multitude des choix et usages qui présente que ce soit dans le domaines économique, sociale et environnementale notamment dans le bassin méditerranéen.

Cependant, la méconnaissance dont il fait l'objet freine son éventuelle amélioration et la possibilité de recouvrer et d'étendre son aire de répartition, cette tendance pourrait toutefois changer, car la région méditerranéenne connaît une sécheresse qui, selon des études récentes, durera jusqu'à la fin du siècle. Ce qui peut être vas inciter à la culture de caroubier

Ce travail a pour but de trouver un substitut au cacao qui est l'ingrédient de base de chocolat, un substitut qui as les mêmes caractéristiques organoleptiques mais défère dans la composition chimique et les apports en nutriments, j'ai essayé de formuler un substituant de chocolat (chocolat à base de poudre de caroube) avec devers ingrédients.

Les résultats de l'analyse sensorielle appliquée à la préparation de substitut de chocolat à partir de poudre de caroube montrent que les échantillons C, B et D sont mieux évalués par les testeurs naïfs.

En termes de perspectives et dans le but de compléter ce travail dans l'avenir, il serait intéressantde :

- Reproduire les formulations de la présente étude à l'échelle pilote au sein des industries agroalimentaire ;
- Mettre en place des formulations différentes en intégrant d'autres ingrédients ;
- Essayer de formuler d'autres produits tel que la mélasse , le pain;
- Des analyses rhéologiques de la gomme purifiée.
- Etudes génétique des différentes variétés afin de déterminer la variabilité
- Approfondir la recherche sur les ingrédients à utiliser dans les formulations (l'huile d'olive, les dattes) ;

Toutefois, il est nécessaire d'intensifier les recherches et de développer les filières de production et d'industrialisation des différents produits de cette essence

Références bibliographiques

A

Ait Chitt M., Belmir H. and Lazrak A., 2007, Production de plants sélectionnés et greffés de caroubier. Transfert de technologie en agriculture. Maroc. N° 153: 1-4

Albanel S. Cinq questions sur le chocolat. Bien être et santé, 1999-2000, 167, 10.

Alliot Christophe., Cortin Matthias., Feig-Muller Marion et Ly Sylvain, 2016. La face cachée du chocolat ; BASIC P2

ANSES, 2013. Ciquil table de composition nutritionnelle des aliments. Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail, pp : 1-180

Avallone R., Plessi M., Baraldi M. and Monzani A. (1997), Determination of Chemical Composition of Carob (*Ceratonia siliqua*): Protein, Fat, Carbohydrates, and Tannins, Journal of food composition anal ., 10:166-172

Ayaz F.A, Torun H., Ayaz S., Correia P.J, Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M., (2007). Determination of Chemical Composition of Anatolian Carob pod(*Ceratonia Siliqua L.*): Sugars, Amino and organic acids, minerals and phenolic compounds, Journal of food quality, vol. 30, N°6, pp. 1040-1055

Azero E.G. & Andrade C.T., 2002. Testing procedure for galactomannan purification. *Polym. Test.*, **21**, 551-556

B

Bengoechea B., RomeroA., VillnuevaA. , MorenoG., AlaizM., MillanF., Guerrero A.andPuppoM .C .(2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua*) germ proteins Food chemistry, vol. 107, N°2, pp. 675-683

Bengoechea B., RomeroA., VillnuevaA., MorenoG., AlaizM., MillanF., Guerrero A.andPuppoM .C .(2008). Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua*)germ proteins Food chemistry, vol. 107, N°2, pp. 675-683

Berg J et al. Biochimie. 6e ed. Paris. Editions Flammarion Medecin-Sciences; 2008. 1104 pages.

Beuzard M, 2003. Le chocolat Sei.vie, pp : 136-151.

Borel J.P. Biochimie dynamique. Maloine, Paris, 1987.

Brenckmann F. Graines de vie. Paris: Arthaud, 1997.- 160p.

Brieu S. Chocolat : de la jungle équatoriale aux instituts de beauté, pp2-25. National geographic France n°38, novembre 2002.

Brunetto M.R., Gutierrez L., Delgado Y., Galignani M., Zambrano A., Gomez A., Ramos G., Romero C. Determination of theobromine, theophylline and caffeine in cocoa samples by a HPLC method with on-line sample cleanup in a switching-column. Food Chemistry, 2005

Buresh, R.J. & Rowe, Edwin & Livesley, S.J. & Cadisch, Georg & Mafongoya, Paramu. (2004). Opportunities for Capture of Deep Soil Nutrients. Below-ground Interactions in Tropical Agroecosystems: Concepts and Models with Multiple Plant Components.

Boudy P., (1950). Economie forestières Nord-Africain (tome 2) : monographie ettraitement des essences forestière. Ed. Larose, Paris, 443-445

C

Codex Alimentarius, 1995. General Standart for food additives. Codex Stan 192.

Corler B, 1992. Le chocolat : Fabrication, composition, valeur nutritionnelle, sa place dans l'alimentation humaine.

Counet C., Callemien D., Collin S. Chocolate and cocoa: New sources of trans-resveratrol and trans-piceid. Food Chemistry, 2005.

Cui S., 2001. *Polysaccharide gum from agricultural products: processing, structures and functionality*. Lancaster, PA, USA: Technomic Publishing Co.

Custódio L., A.L. Escapa, E. Fernandes, A. Fajardo, A. Rosa, F. Albericio, N. Neng,J.M. NogueiraF., A. Romano, (2011). Phytochemical profile antioxidant cytotoxic activitiesof the carob tree (*Ceratonia siliqua* L.) germ flour extracts, Plant Foods Human Nutrition, 6678–84

D

DakiaP.A ,WatheletB . andPaquotM . (2007). Isolation andchemical evolution of carob (*Ceratonia siliqua*) seed germ Food Chemistry Vol. 102 , N° 4, pp . 1368-1374

Daverio S., 2005.Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Henri poincare. pp : 163.

Daverio S., 2005.Le chocolat dans tous ses états. Thèse de doctorat en pharmacie. Université Henri poincare. pp : 163.

Di Tomaso E., Beltramo M., Piomelli D. Brain cannabinoids in chocolate. *Nature*, Vol. 382, pages 677-678, 1996

E

Estrada C., Vazquez M., Melis B and Vadell J ., (2006) .Fruticultura de secano.El Algarrobo.In: Labrador.J,Porcuna. J.L AND Bello.A(Cords) , Manual de agricultura y ganaderia ecologica. Eumidia .Espana ,pp. 186-195

Estrada C., Vazquez M., Melis B and Vadell J ., (2006) .Fruticultura de secano.El Algarrobo.In: Labrador.J,Porcuna. J.L AND Bello.A(Cords) , Manual de agricultura y ganaderia ecologica. Eumidia .Espana ,pp. 186-195

Evreinoff, V. A., 1947. Le Caroubier ou *Ceratonia siliqua* L. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 27(299), 389-401.

F

FAOSTAT (2010, 2013, 2014,2019), Data from the FAOSTAT statistical data base. see

Favier J.C.1995, Répertoire général des aliments. Tables de composition. Lavoisier, Paris

Feinberg M, 1987 ; Répertoire général des aliments. Tables de comparaison des corps gras. Lavoisier,Paris,

Feinberg M. Répertoire général des aliments. Tables de comparaison des corps gras. Lavoisier, Paris, 1987.

Fleaux-Mulot R., Arnaud B., Jean-Baptiste P., Larousserie D et Souccar T. Chocolat : cinq raisons d'en croquer. *SCIENCES ET AVENIR* n°683, janvier 2004, 44-46.

G

Gaouar N. (2011), Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes ; Laboratoire des Produits Naturels du Département des Sciencesd'Agronomie etdes Forêts ; Tlemcen. pp 47- 70.

Goycoola F.M., Morris E.R. et Gidley M.J. (1995). Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH:evidence of “hyperentanglement” in solution. *Carbohydr. Polym*, 27, 69-71.

H

Harwich N, 1992. Histoire du chocolat. Des jonquées.

Harwich N, 2008. Histoire du chocolat. Paris. Les éditions Desjonqueres. 1ère édition, pp : 312.

Hütz-Adams, F., Huber, C., Irene, K., Morazán, P., Mürlebach, M., 2016. Renforcer la compétitivité de la production de cacao et augmenter le revenu des producteurs de cacao en Afrique de l'Ouest et en Afrique centrale. SÜDWIND avec le soutien financier du Ministère fédéral allemand de la Coopération économique et du Développement, pp : 11-12

J

Jannel-oudot, M et Misler, L., 1997. Cacao et santé: quels sont les effets de la consommation du cacao sur la santé

Jannel-oudot, M et Misler, L., 1997. Cacao et santé: quels sont les effets de la consommation du cacao sur la santé.

K

KicherH. ; Ladjouzi. A; 2016. Valorisation des sous-produits de la caroube (*Ceratoniasiliqua*) . mémoire de fin d'Etude ; Université A. Mira – Béjaia

Kivçak B.and Mert T.(2005) Antimicrobial and cytotoxic activities of *Ceratoniasiliqua* L . Extracts. Turk J.Biol. N°26 , pp.197-200

Kris-Etherton P.M., Derr J., Mitchell D.C., Mustad V.A., Russell M.E., Mc Donnell E.T., Salabsky D., Pearson T.A. the role of fatty acid saturation on plasma lipids, lipoproteins and apolipoproteins : I. Effects of whole food diets high in cocoa butter, olive oil, soybean oil, dairy butter and milk chocolate on the plasma lipids of young men. Metabolism, 1993, 42, 1, 121- 129.

L

Lanteaume M.T., Ramel P., Dumain J., 1972 Contribution à l'étude de la valeur nutritionnel desprotides du cacao. Ann. Nutr. Aliment., 26, 197-208.

Lerno, j.f, 1992.Le chocolat: des vertus thérapeutiques à la «chocolatomanie» pp : 136

M

Marcus D.A. A double-blind provocative study of chocolate an a trigger of headache cephalalgia, 1997, 17 (8).855-862.

Martin R A, 1987. Chocolate. Adv. Food Res, pp: 211- 342.

Massey L.K., Roman-Smith H., Sutton R.A. Effecte of dietary oxalate and calcium on urinary axalate and risk of formation of calcium oxalate kidney stones. J Am. Diét. Assoc., 1993, 93, 8, 901-906.

Max B. This and that : chocolate addiction, the dual pharmacogenetics of asparagus eaters, and the arithmetic of freedom. Trends pharmacol. Sci., 1989, 10, 390-393

Melzig M., Putscher I., Henklein P., Haber H. In vitro pharmacological activity of the tetrahydroisoquinoline salsolinol present in products from *Theobroma cacao* L. like cocoa and chocolate. Journal of Ethnopharmacology, 73, pages 153-159, 2000

Monneret-Vautrin D.A. Les fausses allergies alimantaires. Cah. Nutr. Diét., 1984, XIX, 5, 291-296.

Multon, L.J, 1992 .Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. . Edition TEC & DOC Lavoisier, Paris, pp: 1-34.

N

Nawel, Ouldsadellah & Fazia, Rehab & Amir, Youcef. (2022). Etude physico chimique de deux variétés de gousses de caroube locales (*Ceratonia siliqua* L.) et essai de fabrication de chocolat. 10.13140/RG.2.2.27412.83847.

P

Paris R.R., Moyse H. Précis de matière médicale.- 2e ed. Paris: Masson, 1981.- tome 2.- 518p.

Q

Quezel P. et S. Santa (1962), Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques médianales (tome 1), Edition de centre national de la recherche scientifique, pp. 557

R

Rambali B., Van Andel I., Schenk E., Wolterink G., Van De Werken G., Stevenson H., Vleeming W. The contribution of cocoa additive to cigarette smoking addiction. RIVM report, 207 pages, 2002.

Rejeb M.N., Laffray D. and Louguet P. (1995) Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Tunisie , in physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi – arides , Groupe d'étude de l'arbre, Paris , France ,pp. 417-426

Richard D., Senon JL. Dictionnaire des drogues, des toxicomanies et des dépendances. Paris: Larousse, 1999.- 433p

Robert A., 2002. Le chocolat: les carnets gourmands : Du Chêne, pp : 126.

Robert, L., 1990. Les vertus thérapeutiques du chocolat, pp 231.

Rogers P.J., Smit H.J. Food Craving and Food “Addiction”: A Critical Review of the Evidence From a Biopsychosocial Perspective. *Pharmacology Biochemistry and Behavior*, Vol. 66, No. 1, pages 3 à 14, 2000

S

Steinberg F.M., Bearden M.M., Keen C.L. Cocoa and chocolate flavonoids : Implications for cardiovascular health. *Journal of THE AMERICAN DIETETIC ASSOCIATION*, 103, pages 215-223, 2003.

T

Tablot G, 2011. Reducing saturated fat in chocolate, compound coatings and filled confectionery products, pp: 319-349.

W

Wollgast J., Anklam E. Review on polyphenols in *Theobroma cacao* : changes in composition during the manufacture of chocolate and methodology for identification and quantification. *Food Research International*, 33, pages 423-447, 2000

Y

Yousif, A. K., & Alghzawi, H. M. (2000). Processing and characterization of carob powder. *Food Chemistry*, 69, 283–287.

Z

Zitouni A., 2010. « Monographie et perspectives d’avenir du caroubier (*Ceratonia siliqua*) en Algérie. Th. Ing. Agrn., INA, El-Harrach, 201 p.

Zohary M .(1973). *Geobotanical foundations of the Middle East* , vol,1 Stuttgart

ZoharyM .(1973). *Geobotanical foundations of the Middle East* , vol,1 Stuttgart

Les Annexes

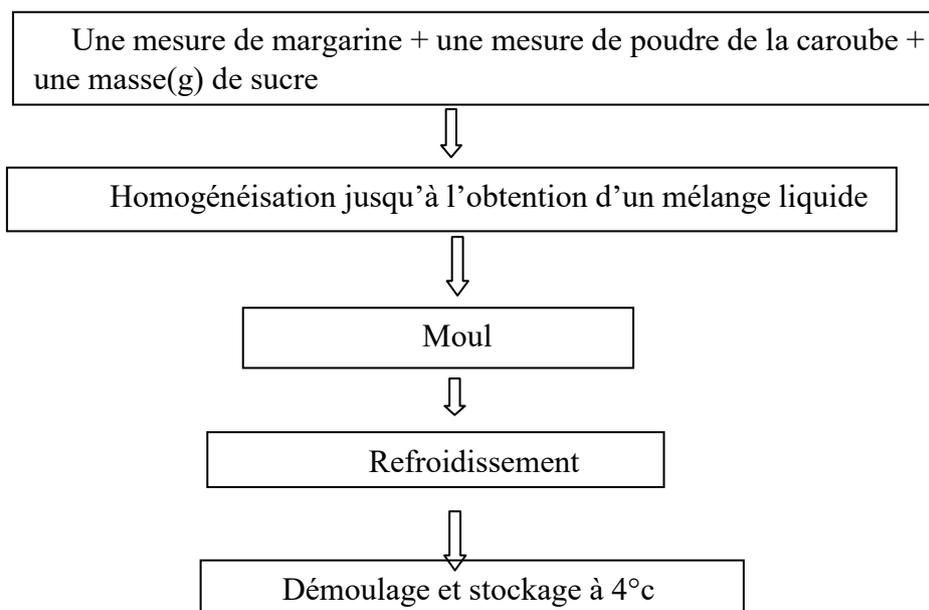


Figure 28 : Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube et la margarine, sucre (l'échantillon A)

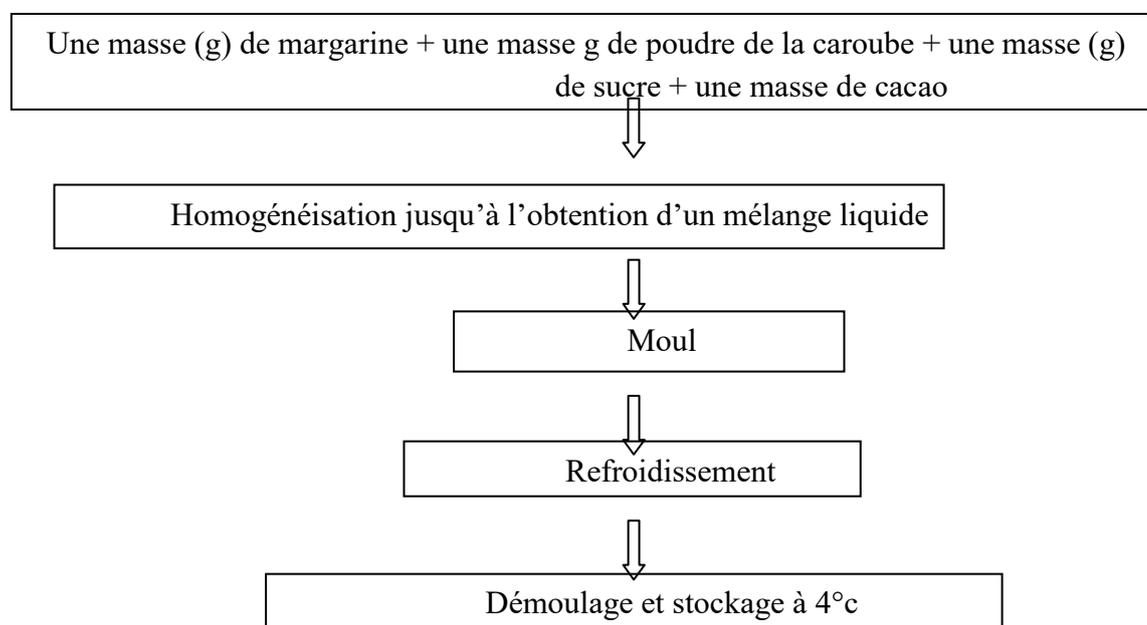


Figure 29: Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, la margarine, poudre de cacao et le sucre (l'échantillon B).

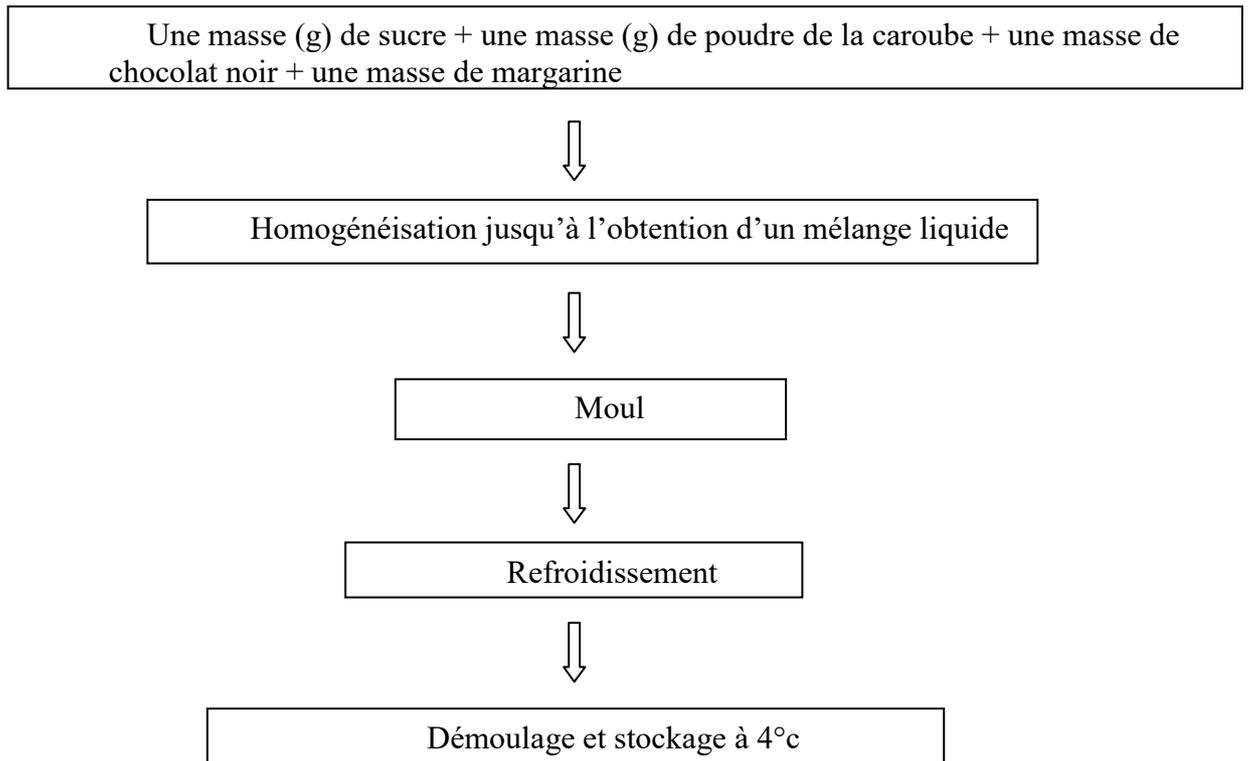


Figure 30: Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, margarine, sucre et la masse de chocolat (l'échantillon C).

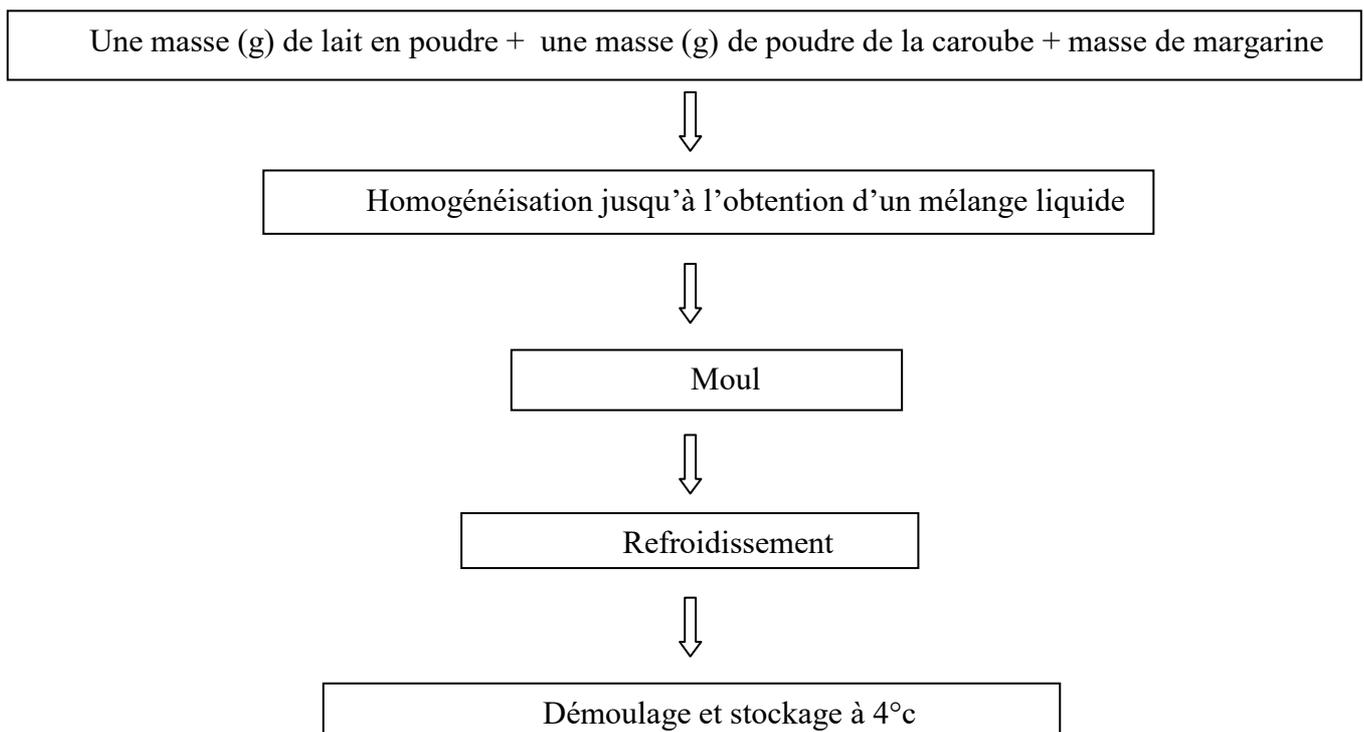


Figure 31: Diagramme de l'essai de formulation de fabrication d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube, margarine et la masse de lait en poudre (l'échantillon D).

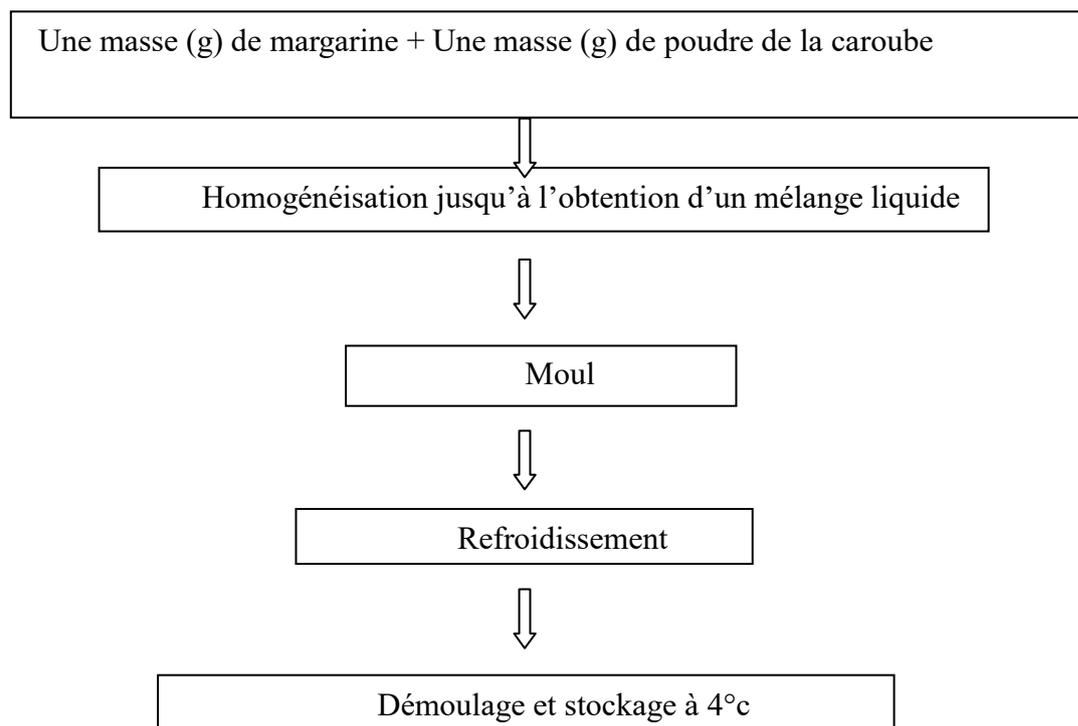


Figure 32: Diagramme de l'essai de formulation d'un substitut de chocolat à partir de la poudre de la caroube et de la margarine (l'échantillon E)

Tableau 4: Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle de l'échantillon (A)

Desc ripteurs	Aspe ct	Coul eur	Ode ur de Caro ube	Texte ur	Sucr osité	Ame rtume	Gout de Lait	Gout de Caro ube
Jury								
1	4	4	3	3	1	2	1	2
2	3	4	3	3	2	2	1	2
3	2	5	3	2	2	2	1	2
4	3	4	4	3	2	2	1	2
5	4	4	3	3	2	1	1	3
6	3	4	2	4	2	1	1	2
7	3	3	2	2	3	2	1	3
8	2	3	3	3	2	2	1	3
9	4	5	2	3	1	2	1	2
10	2	4	3	2	1	1	1	3
11	4	4	2	3	1	2	1	2
12	3	3	4	2	3	1	1	2
13	2	3	3	2	2	1	1	2
14	4	3	3	3	2	2	1	3
15	2	3	2	2	2	1	1	2
16	4	5	3	3	2	2	1	2
17	4	4	1	3	1	2	1	1
18	3	4	2	3	1	2	1	2
19	3	3	3	2	1	1	1	3
20	2	4	1	3	1	2	1	2

Tableau 5: Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle de l'échantillon (B)

Descripteurs	Aspect	couleur	Odeur de caroube	Texteur	sucrosité	Amertume	Goût de lait	gout de Caroube
Jury								
1	4	4	2	3	1	4	1	3
2	4	4	2	2	1	3	1	2
3	4	5	1	3	1	3	1	1
4	5	5	2	2	1	2	1	2
5	4	5	1	2	2	3	1	3
6	3	4	1	2	2	2	1	2
7	4	4	1	3	2	3	1	1
8	4	4	2	2	1	3	1	1
9	3	4	2	2	1	3	1	2
10	5	5	3	4	1	2	1	3
11	4	5	2	2	2	2	1	3
12	3	4	2	3	1	4	1	2
13	4	5	3	2	1	2	1	2
14	4	4	2	4	1	4	1	2
15	5	5	2	4	1	3	1	2
16	3	5	1	2	1	3	1	3
17	4	5	2	3	1	2	1	1
18	4	4	2	2	2	2	1	2
19	5	5	3	2	1	4	1	3
20	4	5	2	3	1	3	1	3

Tableau 6: Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle de l'échantillon (C)

Descripteurs	Aspect	couleur	Odeur de caroube	Texteur	sucrosité	Amertume	Goût de lait	gout de Caroube
Jury								
1	5	5	4	2	3	1	1	2
2	5	5	3	3	3	1	1	3
3	4	5	4	4	3	1	1	3
4	5	5	4	4	4	1	1	3
5	3	4	3	4	4	2	1	2
6	4	4	3	3	3	1	1	2
7	5	5	3	2	2	2	1	2
8	3	5	5	3	3	2	1	2
9	4	5	4	3	3	2	1	3
10	3	5	4	2	3	1	1	1
11	4	5	4	3	2	1	1	2
12	5	4	3	2	2	3	1	3
13	4	5	5	2	1	2	1	2
14	5	5	3	2	2	1	1	2
15	3	5	5	3	2	1	1	3
16	4	4	4	4	1	2	1	2
17	3	5	4	4	2	1	1	1
18	5	5	4	3	4	2	1	2
19	4	5	4	2	4	2	1	1
20	3	5	3	3	3	2	1	2

Tableau 7: Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle de l'échantillon (D)

Descripteurs	Aspect	couleur	Odeur de Caroube	Texteur	sucrosité	Amertume	Goût de lait	gout de Caroube
Jury								
1	3	3	2	2	1	2	1	2
2	4	4	2	2	2	2	2	2
3	4	3	2	3	1	1	1	2
4	3	3	3	2	1	2	1	3
5	4	3	2	3	2	3	2	2
6	3	3	2	4	1	2	2	2
7	3	2	1	4	2	3	1	2
8	4	3	2	2	2	2	2	2
9	2	4	3	4	1	2	1	2
10	3	4	2	3	2	3	2	3
11	3	2	2	4	2	1	1	2
12	4	3	2	2	1	2	1	3
13	3	2	1	3	2	3	1	3
14	3	4	2	4	1	2	2	3
15	4	2	1	2	2	2	1	2
16	4	3	2	2	2	3	2	2
17	2	3	2	3	2	2	1	3
18	3	3	2	2	1	1	1	2
19	4	4	3	3	1	2	1	2
20	3	2	1	4	1	2	2	2

Tableau 8: Données brutes des résultats d'évaluation sensorielle de l'échantillon (E)

Descripteurs	Aspect	couleur	Odeur de caroube	Texture	sucrosité	Amertume	Goût de lait	gout de Caroube
Jury								
1	5	5	5	5	1	5	1	5
2	4	5	5	5	1	5	1	4
3	5	5	5	5	1	5	1	5
4	4	5	5	5	1	5	1	5
5	4	4	4	4	1	4	1	4
6	3	5	4	4	1	5	1	4
7	4	5	4	5	1	4	1	5
8	3	5	5	5	1	4	1	5
9	3	5	4	5	1	5	1	5
10	5	4	4	4	1	5	1	5
11	3	4	4	4	1	5	1	4
12	5	5	5	5	1	4	1	4
13	4	5	5	5	1	5	1	5
14	4	5	5	5	1	4	1	5
15	3	5	4	4	1	4	1	4
16	4	4	4	4	1	4	1	5
17	2	5	5	4	1	5	1	5
18	3	5	5	5	1	5	1	5
19	4	5	5	4	1	5	1	5
20	5	5	4	4	1	5	1	5

Tableaux 6 : données brutes des résultats d'analyse hédonique de l'ensemble des catégories

Echantillon ons	Echantillon ons	Echantillon ons	Echantillon ons	Echantillon ons	Echantillon ons	Chocolat Témoin n
Jury	A	B	C	D	E	
1	7	8	10	7	8	4
2	7	7	9	6	8	6
3	4	7	10	8	5	4
4	5	7	9	7	7	5
5	6	8	8	6	6	8
6	5	6	7	8	6	7
7	7	6	8	7	8	7
8	6	8	8	7	6	8
9	8	7	7	9	7	6
10	6	7	6	8	7	5
11	7	5	8	6	8	6
12	6	7	7	6	8	6
13	6	7	8	7	6	7
14	8	8	7	6	7	5
15	7	6	9	8	7	8
16	5	8	7	6	5	6
17	7	7	8	6	8	7
18	8	7	8	5	8	6
19	6	8	7	8	6	6
20	7	6	9	8	6	7

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	128	6,4	1,2
Colonne 2	20	140	7	0,736842105
Colonne 3	20	160	8	1,157894737
Colonne 4	20	139	6,95	1,102631579
Colonne 5	20	137	6,85	1,081578947
Colonne 6	20	124	6,2	1,431578947

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	39,3	5	7,86
A l'intérieur des groupes	127,5	114	1,118421053
Total	166,8	119	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
7,027764706	9,2766E-06	2,293911158

Tableau 9 : Résultats de l'anova pour les 6 échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	61	3,05	0,681578947
Colonne 2	20	81	4,05	0,471052632
Colonne 3	20	82	4,1	0,621052632
Colonne 4	20	66	3,3	0,431578947
Colonne 5	20	77	3,85	0,765789474

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	17,66	4	4,415
A l'intérieur des groupes	56,45	95	0,594210526
Total	74,11	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
7,430026572 05	2,98857E-	2,467493623

Tableau 10: Résultats de l'Anova pour le test de l'aspect pour l'ensemble des échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	76	3,8	0,484210526
Colonne 2	20	91	4,55	0,260526316
Colonne 3	20	96	4,8	0,168421053
Colonne 4	20	60	3	0,526315789
Colonne 5	20	96	4,8	0,168421053

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	48,84	4	12,21
A l'intérieur des groupes	30,55	95	0,321578947
Total	79,39	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
37,96890344	6,0183E-19	2,467493623

Tableau 11 : Résultats de l'Anova pour le test de la couleur pour l'ensemble des échantillons

ANNEXE

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	52	2,6	0,673684211
Colonne 2	20	38	1,9	0,410526316
Colonne 3	20	76	3,8	0,484210526
Colonne 4	20	39	1,95	0,365789474
Colonne 5	20	91	4,55	0,260526316

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	110,14	4	27,535
A l'intérieur des groupes	41,7	95	0,438947368
Total	151,84	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
62,72961631	26	2,467493623

Tableau 12 : Résultats de l'Anova pour le test de l'odeur de caroube pour l'ensemble des échantillons

ANNEXE

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	54	2,7	0,32631579
Colonne 2	20	52	2,6	0,56842105
Colonne 3	20	58	2,9	0,62105263
Colonne 4	20	58	2,9	0,72631579
Colonne 5	20	91	4,55	0,26052632

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	51,76	4	12,94
A l'intérieur des groupes	47,55	95	0,500526316
Total	99,31	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
25,8527865	14	2,467493623

Tableau 13 : Résultats de l'Anova pour le test de la textureur pour l'ensemble des échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	34	1,7	0,43157895
Colonne 2	20	25	1,25	0,19736842
Colonne 3	20	54	2,7	0,85263158
Colonne 4	20	30	1,5	0,26315789
Colonne 5	20	20	1	0

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	34,16	4	8,54
A l'intérieur des groupes	33,15	95	0,348947368
Total	67,31	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
24,4736048	6,1514E-14	2,467493623

Tableau 14: Résultats de l'Anova pour le test de sucrosité pour l'ensemble des échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	33	1,65	0,239473684
Colonne 2	20	57	2,85	0,555263158
Colonne 3	20	31	1,55	0,365789474
Colonne 4	20	42	2,1	0,410526316
Colonne 5	20	93	4,65	0,239473684

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme carrés</i>	<i>des Degré liberté</i>	<i>de Moyenne carrés</i>	<i>des</i>
Entre Groupes	130,24	4	32,56	
A l'intérieur des groupes	34,4	95	0,362105263	
Total	164,64	99		

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
89,91860465	1,93823E-31	2,467493623

Tableau 15 : Résultats de l'Anova pour le test de l'amertume pour l'ensemble des échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	20	1	0
Colonne 2	20	20	1	0
Colonne 3	20	20	1	0
Colonne 4	20	28	1,4	0,25263158
Colonne 5	20	20	1	0

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>Somme des carrés</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes	2,56	4	0,64
A l'intérieur des groupes	4,8	95	0,050526316
Total	7,36	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
12,66666667	08	2,467493623

Tableau 16 : Résultats de l'Anova pour le test de gout de lait pour l'ensemble des échantillons

Analyse de variance: un facteur

RAPPORT
DÉTAILLÉ

<i>Groupes</i>	<i>Nombre d'échantillons</i>	<i>Somme</i>	<i>Moyenne</i>	<i>Variance</i>
Colonne 1	20	45	2,25	0,30263158
Colonne 2	20	43	2,15	0,55526316
Colonne 3	20	43	2,15	0,45
Colonne 4	20	46	2,3	0,22105263
Colonne 5	20	94	4,7	0,22105263

ANALYSE DE VARIANCE

<i>Source des variations</i>	<i>des carrés</i>	<i>Somme des</i>	<i>Degré de liberté</i>	<i>Moyenne des carrés</i>
Entre Groupes		99,34	4	24,835
A l'intérieur des groupes		33,25	95	0,35
Total		132,59	99	

<i>F</i>	<i>Probabilité pour F</i>	<i>Valeur critique</i>
70,9571429	1,0695E-27	2,467493623

Tableau 17 : Résultats de l'Anova pour le test de gout de caroube pour l'ensemble des échantillons

ANALYSE SENSORIELLE

*Évaluation sensorielle d'un substitut du chocolat : la caroube *

Nom :

Date

Prénom :

Sexe :

Age :

Cinq échantillons de **SUBSTITUT DE CHOCOLAT** codés **A, B, C, D, E** vous sont présentés, Il vous est demandé de les goûter et d'évaluer les descripteurs suivants : aspect, couleur, odeur, arôme, sucrosité, amertume, goût, texture :

A / Analyse sensorielle :**1. Aspect :**

A) Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement lisse et brillant ;
- 2 ———> Faiblement lisse et brillant ;
- 3 ———> Lisse et brillant ;
- 4 ———> Fortement lisse et brillant ;
- 5 ———> Très fortement lisse et brillant.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'aspect :

A B C D E **2. Couleur :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement intense ;
- 2 ———> Faiblement intense ;
- 3 ———> Intense
- 4 ———> Fortement intense ;
- 5 ———> Très fortement intense.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la couleur :

A B C D E

3. **Odeur de caroube :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Absence d'odeur ;
- 2 ———> Faiblement odoré ;
- 3 ———> Odeur de caroube ;
- 4 ———> Fortement odoré ;
- 5 ———> Très fortement odoré.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'odeur de la caroube :

A B C D E 4. **Texture :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement fondant et collant ;
- 2 ———> Faiblement fondant et collant ;
- 3 ———> Fondant et collant ;
- 4 ———> Fortement fondant et collant ;
- 5 ———> Très fortement fondant et collant.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la texture :

A B C D E 5. **Sucrosité :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement sucré ;
- 2 ———> Faiblement sucré ;
- 3 ———> Sucré ;
- 4 ———> Fortement sucré ;
- 5 ———> Très fortement sucré.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à la sucrosité :

A B C D E 6. **Amertume :**

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

- 1 ———> Très faiblement amer ;
- 2 ———> Faiblement amer ;
- 3 ———> amer ;
- 4 ———> Fortement amer ;
- 5 ———> Très fortement amer.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport à l'amertume :

A B C D E

7. Goût de lait :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> Absence de goût ;

2 ———> Faible goût ;

3 ———> Goût de lait ;

4 ———> Fort goût ;

5 ———> Très fort goût.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au goût du lait :

A B C D E

8. Goût de la caroube :

A/ Attribuez une note sur une échelle de 1 à 5 pour chaque échantillon :

1 ———> Absence Goût ;

2 ———> Faible Goût ;

3 ———> Goût de la caroube ;

4 ———> Fort Goût ;

5 ———> Très fort Goût.

A B C D E

B/ Attribuez une note de 1 à 10 pour chaque échantillon selon votre préférence par rapport au goût de la caroube :

A B C D E

Matériels utilisés au cours de la formulation :

- Récipients en verre pour contenir tous les ingrédients ;
- Balance de précision (RADWAG, WLC 0,6 /A1/C/2) ;
- Récipients pour peser les différents ingrédients ;
- Spatule ;
- Mélangeur ;
- Robot électrique (Seb Tonic 400W) ;
- Réfrigérateur (Condore);
- Thermomètres ;
- Moule ; Papier aluminium, papier absorbant et gants en latex

Résumé :

Le caroubier est une plante originaire de la méditerranée et très précieuse compte tenu de l'utilisation optimale de toutes ses parties (fleurs, feuilles, graines) dans diverses applications industrielles et notamment dans l'industrie alimentaire. La caroube est un arbuste cultivé dans plusieurs régions d'Algérie, mais il existe peu d'études sur les caractéristiques fonctionnelles et nutritionnelles et surtout son exploitation dans les domaines alimentaires

Dans ce mémoire, j'ai réalisé un travail qui vise à promouvoir et contribuer à une meilleure appréciation qui permet à notre caroube de se développer tant sur le plan nutritionnel que fonctionnel ; et je me suis particulièrement intéressé à ces qualités organoleptiques et ces apports en nutriments, j'ai utilisé la poudre de caroube comme un ingrédient de base pour une fabrication d'un produit très consommé partout dans le monde qui est le chocolat. La caroube a joué le rôle de substituts pour le cacao, l'expérience de fabrication de chocolat à base de caroube a été présentée, suivie d'une analyse sensorielle.

En effet les résultats obtenus à l'issue de cette étude ont démontré clairement la réussite des produits finals fabriqués, c'est un chocolat réussir.

Mots clés : caroube, chocolat, apports, substituts, cacao, qualités organoleptiques

abstract

The carob tree is a plant native to the Mediterranean region, and is highly prized for the optimal use of all its parts (flowers, leaves, seeds) in various industrial applications, particularly in the food industry. Carob is a shrub cultivated in several regions of Algeria, but there are few studies on its functional and nutritional characteristics and, above all, its use in the food industry.

In this dissertation, I have carried out work aimed at promoting and contributing to a better appreciation of how our carob can develop both nutritionally and functionally; and I have been particularly interested in its organoleptic qualities and nutrient contributions, using carob powder as a basic ingredient in the manufacture of a product widely consumed throughout the world: chocolate. Carob acted as a substitute for cocoa, and the experience of making carob-based chocolate was presented, followed by a sensory analysis.

The results of this study clearly demonstrated the success of the final products produced, it's a successful chocolate.

Keywords: carob, chocolate, intake, substitutes, cocoa, organoleptic qualities