

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

Université de M'HAMED BOUGARA.BOUMERDES

Faculté de Technologie

Département de Génie Des Procédés



Mémoire de Fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de MASTER

Filière : Génie Des Procédés

Option : Génie Alimentaire

Thème

**Contribution à l'utilisation de la farine de caroube
(Ceratonia siliqua) en biscuiterie de l'unité Sarl SOBCO.**

Présenté par :

BOUMERDASSI Hanane

TOUATI Maroua

Soutenu le juin 2022

Devant le jury composé de

Nom et prénom	Grade	Désignation	Lieu
Mme LECHEB, F.	MCA	Président	UMBB
Mme ABDALLAOUI, R.	MCB	Examinatrice	UMBB
Mme BENMALEK, N.	MCB	Promotrice	UMBB

Promotion 2021- 2022

Résumé

Dans cette étude nous avons contribué à la valorisation du Caroubier (*Ceratonia siliqua* L), en substituant le cacao utilisé en biscuiterie Sarl SOBCO par la farine des pulpes de caroube.

La farine des pulpes de caroube se caractérisait par une faible acidité, le pH des extraits aqueux varie de 5,2 à 7,28, l'humidité de la farine est de 11,36% et la teneur en cendres est de 2,4%, cette farine est riche en calcium (500mg/100g) et en potassium (590mg/100g) et pauvre en sodium (20 mg/100g).

L'étude de l'influence de la température et le temps de torréfaction sur la qualité de la farine torréfiée a montré que les absorbances à 294 et 420 nm augmentent en fonction de la température et le temps de torréfaction. La teneur en polyphénols totaux et les activités antioxydantes des farines torréfiées ont aussi augmenté en fonction du temps et de la température de torréfaction.

Une crème de fourrage des biscuits a été élaborée en substituant partiellement le cacao et le sucre par la farine torréfiée et à différentes tailles de granules. Les résultats du test sensoriel analysés par la méthode Kramer ont montré que la crème élaborée par la farine fine (160µm) est la plus appréciée par les panélistes notamment sa texture, sa couleur et son gout chocolaté.

La substitution du cacao par la farine fine de caroube torréfiée a été aussi essayée pour l'élaboration des biscuits. L'analyse de la texture de ces biscuits a montré que le temps de cuisson doit être optimisé.

Mots clés : Farine de caroube, crème, biscuit, Torréfaction

Abstract

In this study we contributed to the valorization of the Carob tree (*Ceratonia siliqua* L), by replacing the cocoa used in the Sarl SOBCO biscuit factory with carob pulp flour.

The flour from the carob pulps was characterized by low acidity, the pH of the aqueous extracts ranges from 5.2 to 7.28, the humidity of the flour is 11.36% and the ash content is 2.4 %, this flour is rich in calcium (500mg/100g) and potassium (590mg/100g) and low in sodium (20mg/100g).

The study of the influence of temperature and roasting time on the quality of roasted flour showed that the absorbances at 294 and 420 nm increase as a function of temperature and roasting time. The content of total polyphenols and the antioxidant activity of roasted flours also increased as a function of roasting time and temperature.

A biscuit filling cream was developed by partially substituting cocoa and sugar with roasted flour and different sizes of granules. The results of the sensory test analyzed by the Kramer method showed that the cream made with fine flour (160 μ m) is the most appreciated by the panellists, in particular its texture, its color and its chocolate taste.

The substitution of cocoa with fine roasted carob flour has also been tried for the preparation of biscuits. The analysis of the texture of these biscuits showed that the cooking time must be optimized.

Key words: Carob flour, cream, biscuit, Roasting.

REMERCIEMENT

Grace à l'aide d'Allah, le clément et le miséricordieux, nous somme parvenues au terme de notre formation avec, à la clé, ce modeste travail à soumettre à l'appréciation du jury.

Nous tenons à remercier particulièrement Madame BENMALEK Nabila, Maitre de conférence à l'université M'Hamed Bougara de Boumerdes pour nous avoir proposé ce sujet si intéressant, pour la qualité de son encadrement, pour toutes les connaissances scientifiques, pour son suivi permanent de notre travail et pour les conseils précieux qu'elle nous a apportés.

Nos remerciements les plus sincères s'adressent de même aux respectables membres de jury pour bien vouloir nous accorder de leur temps précieux pour commenter, discuter et juger notre travail.

Nous tenons à adresser nos plus vifs remerciement à Madame BRAHMI Nawel et à Monsieur KERMIA Adel responsable de contrôle qualité du laboratoire de groupe Palmary (SARL SOBCO) pour nous avoir accueillis dans son équipe au sein de l'unité

Nous remercions toute l'équipe du laboratoire physico-chimique de l'unité SARL SOBCO notamment l'équipe du laboratoire de notre université pour leur aide, leur bonne humeur, leur grande sympathie et leur encouragements.

Dédicace

Que ce travail témoigne de mes respects :

A mes très chères parents qui ont consacré leurs vies pour bâtir la mienne, grâce à leurs encouragements et leur grandes sacrifices, ils ont pu créer le climat affectueux et propice à la poursuite de mes études, je leurs serai éternellement reconnaissante que dieu vous accorde santé, bonheur et longue vie inchaallah ;

A mes très chères sœur ma jumelle Farah et ma petite sœur Safa pour leur amour ;

A ma très chère cousine Hind pour son aide, sa patience, ses conseils et son encouragement ;

A toute ma famille ;

A mon binôme Hanane qui me supporte et m'aide continuellement.

TOUATI Maroua

Dédicace

Je dédie ce mémoire

A mes chers parents ma mère et mon père pour leur patience, leur amour, leur soutien et leurs encouragements.

A mon cher époux Hamza et ma chère fille Rahaf.

A mes sœurs Ahlem, Amina et Safia.

A mes frères Mohammed, Kamel, Fateh, Ahçine et Khaled.

A ma famille et ma belle famille.

A mon binôme Maroua.

A mes amies et mes camarades surtout Nouara et Narimene.

Sans oublier tous les professeurs que ce soit du primaire, du moyen, du secondaire ou de l'enseignement supérieur.

BOUMERDASSI Hanane

Liste des abréviations

AA : Activité antioxydante

Abs : Absorbance.

A.Gallique : Acide gallique

AC : Acidité

AFNOR : Association Française de Normalisation.

AW : Activité de l'eau

C : Concentration.

C° : Degré Celsius

Ca : Calcium

CH₃OH : Méthanol.

D° : Degré Dornic

DO : Densité optique.

DPPH : 2,2-diphényle-1-picrylhydrazyl.

Fig. : Figure

GH : Gluten humide

GS : Gluten sec.

H₂SO₄ : Acide Sulfurique

HCl : Acide chlorhydrique.

H : humidité

IP : Indice peroxyde.

K : Potassium

MG : Matière grasse

MS : matière sèche

mg/ml : milligramme par millilitre

ml : millilitre.

min : minutes

mEq : milliéquivalent

Na : Sodium

Na₂CO₃ : Carbonate de sodium.

NaOH : Hydroxyde de sodium.

nm : Nanomètre.

pH : Potentiel d'hydrogène.

Pas : pascal

Rpm : round per minute (tours en une minute)

Tab : tableau

µl : microlitre

UV : ultraviolet

Liste des figures

Figure 1. Biscuit SARL SOBCO	30
Figure 2. Caroubier et gousse de caroube (contenant la pulpe et les graine).....	32
Figure 3. Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Batlle et Tous, 1997).	33
Figure 4. Arbre de la caroube (CératoniaSéliqua L), b) Gousse de caroube avant et après maturité, c) constituants de la gousse de caroube (Tous et Antony (2013))	34
Figure 5. Fleur de caroubier (a male /b femelle)	35
Figure 6. Composition de la pulpe de caroube	38
Figure 7. Schéma du diagramme de fabrication du biscuit de l'unité de SARL SOBCO	Error!
Bookmark not defined.	
Figure 8. Le caroubier.	49
Figure 9. Obtention de la farine de caroube : a) gousse de caroube ; b) gousse égrenée ; c) gousse broyée ; d) farine de caroube.	49
Figure 10. Quelques étapes de la méthode de détermination de l'acidité totale	50
Figure 11. Schéma du principe de l'analyse par photométrie à flamme.	51
Figure 12. Rétention d'eau	52
Figure 13. Rétention d'huile.....	53
Figure 14. Détermination de la masse volumique.....	54
Figure 15. Les extraits aqueux des poudres de caroube	54
Figure 16. Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire DPPH et un antioxydant (chimiaactiv).....	55
Figure 17. Réaction des extraits de caroube au DPPH, en présence du control négatif	56
Figure 18. Les cendres	62
Figure 19. Rétention de l'eau et de l'huile par la farine de caroube	64
Figure 20. Evolution de la masse volumique des farines en fonction du temps et température de torréfaction.	64
Figure 21. Influence du temps et de la température de torréfaction sur le pH des farines de caroube. .	65
Figure 22. Evolution de l'absorbance UV (294 nm) en fonction du temps et la température.....	65
Figure 23. Evolution de l'absorbance visible (420 nm) en fonction du temps et la température.	66
Figure 24. Evolution de l'activité antioxydante dans les farines de caroube.	67
Figure 25. Variation de la teneur en polyphénols en fonction du temps et de la température de torréfaction	67
Figure 26. Les crèmes à base de caroube en différentes granulométries.....	68
Figure 27. Analyse sensorielle de la couleur des crèmes.	69
Figure 28. Test sensoriel sur l'homogénéité des crèmes.....	69
Figure 29. Appréciation sensoriel de la rugosité des crèmes.....	69
Figure 30. Analyse sensorielle du gout au chocolat des crèmes	70
Figure 31. Analyse sensorielle du gout à la caroube.....	70
Figure 32. Analyse sensorielle de la typicité des crèmes.	70
Figure 33. Analyse sensorielle du gout à la matière grasse	71
Figure 34. Analyse sensorielle du gout de sucre.....	71
Figure 35. Analyse sensorielle de l'astringence des crèmes.....	71
Figure 36. Analyse sensorielle de la consistance (la Fermeté) des crèmes.	72
Figure 37. Analyse sensorielle de la consistance des crèmes	72
Figure 38. Analyse sensoriel de la dispersion des crèmes	72
Figure 39. Crème élaborée en substituant le cacao par la farine fine du caroube.....	74
Figure 40. Assemblage des biscuits Palmary par la crème incorporée de la farine fine de caroube.....	75

Figure 41. Biscuit sec incorporés de farine de caroube.....	75
Figure 42. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique	76
Figure 43. a) Extraits méthanoliques + Folin-Ciocalteu avant incubation, b) Extraits méthanolique après incubation pendant 20 min, c) Extraits méthanolique après agitation Vortex.	76
Figure 44. Quelques matériel utilisé	76

Liste des tableaux

Tableau 1. Statistiques sur la production mondiale de caroube de 2015 à 2018 (FAOSTAT, 2020)	34
Tableau 2. Utilisation de la pulpe de caroube	36
Tableau 3. Composition sur composés bioactifs de la caroube pulpe	39
Tableau 4. Matériel et Réactifs utilisés	48
Tableau 5. Préparation de la gamme standard de l'acide gallique.	57
Tableau 6. Analyses physico chimiques de la matière première en biscuiterie.	60
Tableau 7. Analyses physico chimiques de la poudre de caroube	61
Tableau 8. Moyenne des rangs (MR) et somme des scores (SC).....	73
Tableau 9. Profil sensoriel des produits A, B et C.	73
Tableau 10. Viscosités des crèmes à 50°C.	74

Sommaire

I. Généralités sur la biscuiterie	21
I.1. Définition	21
I.2. Classification des biscuits	21
I.3. Les matières premières entrant dans la fabrication des biscuits :	21
I.3.1 La farine :	21
I.3.2 La matière sucrante	22
I.3.3 La matière grasse	22
I.3. Les levains chimiques	23
I.3.5 Le lait	23
I.3.6 Le sel (chlorure de sodium)	23
I.3.7 Les arômes	24
I.3.8 Les œufs	24
I.3.9 L'eau	24
I.3.10 Métabisulfite de sodium (MBS)	24
I.3.11 L'extrait de malt	25
I.3.12 La lécithine	25
I.3.13 Les déchets de biscuits	25
I.4. Technologie de fabrication des biscuits	26
II. LA CAROUBE	32
II.1 Présentation du caroubier	32
II.2 Histoire de la caroube	33
II.3 Description, distribution et culture de la botanique	33
II.4 Utilisation culinaires et médecine populaire	35
II.5 Composition nutritionnelle	37
II.6 Composition sur les composés bioactifs	38
II.7 Applications industrielles potentielles et tendances futures	39
I. Présentation de l'usine SARL SOBCO :	42
II. Suivi de fabrication des biscuits fourrés de l'unité Sarl SOBCO	43
III. Analyses physico-chimiques des matières premières de la fabrication des biscuits	44
III.1 Analyse de la farine	44
III.1.1 Détermination du taux de gluten	44
III.1.2 Détermination du taux d'humidité :	44

III.2.	Analyse de Sucre	45
III.2.1.	Détermination du taux d'humidité : (ICUMSA méthode GS2/1/3/9-1).....	45
III.3	Analyse du lactosérum.....	45
III.3.1	Détermination de l'acidité titrable :	45
III.3.2	Détermination du pH :.....	46
III.4	Analyse du lait en poudre	46
III.4.1	Détermination du taux d'humidité :.....	46
III.4.2	Détermination de la matière grasse :.....	46
III.4.3	Détermination de l'acidité du lait :.....	46
III.5.	Analyse de la graisse végétale	47
III.5.1	Détermination du point de fusion des corps gras :.....	47
III.5.2	Détermination de l'acidité titrable :	47
III.5.3	Détermination du pH	47
III.5.4	Détermination de l'indice de peroxyde :.....	47
IV.	Les analyses physico-chimiques de la farine de caroube	48
IV.1	Préparation du matériel végétal (Caroube) :.....	49
IV.2	Détermination de l'acidité totale dans la farine de caroube :	50
IV.3	Détermination de la teneur en cendres :	50
IV.4	Dosage des éléments minéraux :	51
IV.5	Détermination de la teneur en matière sèche :	52
IV.6	La capacité de rétention d'eau des poudres de caroube (CRE) :.....	52
IV.7	La capacité de rétention d'huile des poudres de caroube (CRH) :	53
IV.8	Détermination de la masse volumique des poudres de caroube :.....	53
IV.9	Détermination de l'absorbance UV et de l'indice de brun :.....	54
IV.10	Détermination du pH :	54
IV.11	Détermination de l'activité antioxydant de la poudre de caroube :.....	54
IV.12	Dosage des polyphénols totaux de la poudre de la caroube :.....	56
V.	Elaboration de la crème de fourrage en substituant partiellement le cacao par la caroube : 57	
VI.	Analyse sensorielle de la crème de fourrage incorporée de caroube :	57
VII.	Essai d'élaboration d'un biscuit au chocolat par substitution du cacao par la farine fine (160µM) de caroube	58
I.	Caractéristiques physico-chimique des matières premières de la fabrication des biscuits : ..	60
II.	Caractéristiques physico-chimiques de la poudre de caroube :	61
III.	Influence de la torréfaction sur les caractéristiques physiques des farines de caroube : ..	63
III.1	Capacité de rétention d'eau (CRE) et d'huile (CRH) dans les farines de caroube selon leurs granulométries.	63

III.2	Influence de la torréfaction sur le taux d'expansion et la masse volumique des farines. ..	64
III.3	Influence sur le pH.	65
III.4	Variation de l'absorbance UV à 294 nm et visible à 420nm :.....	65
III.5	Variation de l'activité antioxydant (AA %) en fonction du temps et le température:.....	66
III.6	Variation de la teneur en polyphénols en fonction du temps et la température de torréfaction	67
IV.	Analyse sensorielle des crèmes élaborés par substitution du cacao par la caroube :	68
V.	Profil sensoriel des trois produits	73
VI.	Allure du biscuit élaboré en incorporant la farine fine de caroube	75

INTRODUCTION

Introduction

Malgré la prise de conscience croissante de l'influence de l'alimentation sur la santé, les maladies liées à l'alimentation restent un problème croissant dans le monde notamment dans les pays du nord-africain. Les gâteaux et les biscuits sont largement consommés comme collations ou comme desserts. Ces produits contiennent généralement des ingrédients de mauvaise qualité tels que les graisses saturées et se caractérisent par une valeur énergétique élevée, réponse glycémique élevée et faible effet rassasiant (Katarzyna et al., 2018).

De nos jours, beaucoup d'études sont consacrées à l'enrichissement des produits alimentaires par des additifs sains et innovant (Baajerska et al., 2016).

La demande croissante des consommateurs pour des aliments à haute valeur nutritionnelle et bonne qualité sensorielle a encouragé les chercheurs à utiliser de nouveaux ingrédients dans les produits de boulangerie (Katarzyna, 2018).

Le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) est une légumineuse largement cultivé dans certaines zones de la région méditerranéenne (Algérie, Maroc, Egypte, Libye et Syrie) dont les graines, (plus précisément l'endosperme) sont utilisées pour extraire la gomme de caroube. Dans le procédé dans lequel une telle gomme est produite, plusieurs sous-produits sont également obtenus. Le germe récupéré comme sous-produit du traitement des semences est principalement utilisé sous forme de farine comme complément dans les aliments diététiques ou dans les produits à base de céréale (Dakia et al., 2007). Les farines sont également obtenues à partir de la gousse sans pépins, appelées farine de caroube, qui ont été utilisés traditionnellement comme substituts de chocolat ou du cacao (Katarzyna, 2018). En effet plusieurs auteurs ont mentionné la possibilité d'obtenir une saveur de chocolat à partir de poudre de caroube (Mounir et al., 2020). Craig et Nguyen (1984) ont affirmé que la caroube est presque exempte de caféine et théobromine. Ce profil nutritionnel et ces caractéristiques organoleptiques font de la caroube une alternative potentielle au cacao. La poudre de caroube torréfiée substituée au cacao, constitue une amélioration compte tenu de sa forte teneur en glucides, composée bioactifs et fibres alimentaires, presque sans matières grasses, tandis que la poudre de cacao contient 23% des matières grasses et seulement 5% de fibres (Mounir et al., 2020).

D'un point de vue nutritionnel, la farine de caroube présente une faible teneur en lipides (0.65%) et en protéine (4.62%) et une haute teneur en glucides (88.88%), dont les sucres (49.08%) et les fibres (39.80%) se distinguent (USDA 2015). Quant aux sucres, elle contient

majoritairement du saccharose et le glucose avec des quantités moindre de fructose tandis que les minéraux sont abondants, particulièrement le potassium et le calcium ainsi que des quantités importantes de fer, de manganèse et de zinc (Ayaz et al., 2009). Cette farine présente également des quantités élevées de composés phénoliques, mettant en évidence son niveau de proanthocyanidines et les catéchines, qui donnent lieu à une grande capacité antioxydante (Kumazawa et al., 2002). En fait, la fibre de caroube peut être utilisée pour minimiser l'oxydation des lipides dans biscuits, de la même manière que le tocophérol (Haber, 2002). Plusieurs études ont également rapporté que la fibre de caroube se caractérise par une activité d'atténuation du taux de cholestérol, (Ruiz-Roso et al., 2010). Un effet anti-athérosclérotique des fibres insolubles de la gousse de caroube chez le lapin (Valero-Munoz et al., 2014) et même un traitement aux gousses de caroube pour les diarrhées a été proposé (Loeb et al., 1989 ; Roman et al., 2017). Ainsi, la caroube est également riche en D-pinitol, un composé qui peut abaisser la glycémie et a des effets anti-inflammatoires (Tetik et al., 2011).

L'incorporation de farine de caroube a été proposée dans différents produits à base de céréales. Dans des pâtes, cette farine a été incorporée à des niveaux de 5%, en augmentant l'activité antioxydante et la digestibilité de l'amidon et des protéines sans affecter les attributs sensoriels (Seczyk et al., 2016).

Dans les pains sans gluten, son inclusion jusqu'à 15% était proposé. Il a été constaté que cette inclusion modifie la rhéologie de la pâte, étant conseillé d'augmenter la quantité d'eau ajoutée dans la pâte enrichie par la farine de caroube (Tsatsaragkou et al., 2014). Il a été également proposé d'inclure la farine de caroube pour réduire l'index glycémique des biscuits (Vujic et al., 2014). Cependant, il n'y a pas eu d'études sur l'influence de l'ajout de farine de caroube sur la qualité organoleptique des gâteaux ou biscuits, ou sur la façon dont le degré de torréfaction affecte les propriétés de ces produits de boulangerie (Roman et al., 2017).

L'objectif de notre travail est une contribution à l'élaboration de nouveaux produits fonctionnelles à base de produits naturels et à faible cout de revient.

Nous avons essayé d'incorporer la farine de caroube sous sa forme torréfiée dans un premier lieu comme substitut de cacao pour l'élaboration de la crème de fourrage et dans un deuxième lieu dans l'élaboration des biscuits.

Une partie de ce travail a été consacré à une recherche bibliographique au tour du sujet qui concerne le matériel végétal qui est la caroube et son domaine d'application qui est la biscuiterie.

La partie expérimentale de ce mémoire démontre le travail du stage pratique réalisé au sein de l'usine agroalimentaire SARL SOBCO et les différentes techniques d'analyse réalisées au laboratoire de génie alimentaire de la faculté de technologie

PARTIE THEORIQUE

CHAPITRE I

Généralités sur la Biscuiterie

I. Généralités sur la biscuiterie

I.1. Définition

L'origine du mot est cependant claire : BIS-CUIT, « qui a subi une double cuisson ». À son début, le biscuit était en effet une sorte de galette nécessitant une première cuisson, puis un passage dans une étuve chauffée vers 100°C pour terminer l'évaporation de l'humidité.

Cette double cuisson n'est plus pratiquée actuellement en biscuiterie et il serait plus juste aujourd'hui d'entendre le terme biscuit par « bien cuit ». Cependant la définition du biscuit actuel : « C'est un aliment à base de farines alimentaires, de matières sucrantes, de matières grasses, d'œufs et de tout autre produits alimentaire, parfums et condiments autorisé, susceptible après cuisson, de conserver ses qualités organoleptique et commerciales pendant une durée pouvant dépasser une année (biscuiterie sèche) ou un temps limité (pâtisserie industrielle) ». (I. KECHACHA)

I.2. Classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits en raison de leur très grande variété et de la multiplicité des composants qui peuvent entrer dans leur fabrication.

Cependant, selon la consistance des pâtes, il est possible de distinguer :

- Des pâtes dures ou demi dure, type biscuits sec ;
- Des pâtes molles, type pâtisserie industrielle ;
- Des pâtes liquides, type gaufrettes ;

Certain produits n'entrent pas dans ce système de classification et c'est le cas notamment, des pains d'épices, des crackers et des divers « amuse-gueule » (ou snacks). AINA (2004-2009)

I.3. Les matières premières entrant dans la fabrication des biscuits :

Les matières premières entrant dans la fabrication des biscuits sont :

I.3.1 La farine :

La farine est l'élément de base de la fabrication de presque toutes les spécialités de la biscuiterie, elle est le constituant essentiel des biscuits secs, auxquels elle apporte leur texture si particulières grâce à ce liant que constitue le gluten, ou à cette substance de remplissage si spéciale qu'est l'amidon. AINA (2004-2009)

Elle joue un rôle des moellons d'un mur où le gluten serait le mortier. En plus de son rôle de substance de remplissage, l'amidon fixe une partie importante d'eau. En effet, le gluten en absorbe plus de deux fois son poids, mais les pâtes ne contiennent qu'environ 5 % de protéines contre 40 % d'amidon. Étant donné que l'amidon retient de 30 à 40 % d'eau liées, on conclut que dans une pâte c'est lui qui fixe le plus d'eau en raison de sa masse. AINA (2004-2009)

I.3.2 La matière sucrante

Le sucre est un élément important de la formule de biscuit, il représente de 12-20 % du poids de matière première. Le saccharose est la matière de base sucrée, il n'est pas employé seulement à l'état solide c'est-à-dire en poudre et en glace mais aussi à l'état liquide sous forme de sirop de sucre, facilement incorporable aux pâtes. Ce sirop est fait à l'usine à partir de sucre cristallisé.

En biscuiterie la matière sucrante joue les rôles d'un conservateur (humectant), d'agent aromatisant, d'agent texturant et d'agent colorant. Il a une influence sur les propriétés plastique des pâtes, facilitera l'incorporation de l'air qui servira à la levée régulière du produit, améliore la stabilité des biscuits relativement au rancissement de leur matières grasses et la multiplication bactérienne dans les biscuits, il augmente la pression osmotique et diminue l'Aw ce qui prolonge la durée de conservation. Par sa solidification, après refroidissement consécutif à la cuisson, il rend les biscuits indéformables et plus au moins durs. La matière sucrante est utilisée pour son effet sur la saveur du produit qui est plus au moins prononcée selon le pouvoir sucrant.

Au cours de la cuisson, cette matière subit une transformation plus au moins complète en caramel. La caramélisation de sucre à une température supérieure à 149°C donne la couleur recherchée de la face extérieure des produits. AINA (2004-2009)

I.3.3 La matière grasse

Parmi les divers corps gras utilisés en biscuiterie, pâtisserie, boulangerie, on trouve la margarine, les graisses animales, les huiles et graisses végétales et le beurre. Ce dernier est le plus utilisé, son arôme spécifique, sa saveur et ses qualités comestibles exceptionnelles font de lui la première matière grasse de base en biscuiterie. AINA (2004-2009)

En biscuiterie la matière grasse joue un rôle d'agent de miscibilité, d'agent de plasticité d'agent texturant et d'agent porteur d'arôme ou aromatisant. Dans un biscuit sec, la matière grasse coupe le corps de la pâte et rend discontinu le réseau de gluten, donnant ainsi au biscuit

la friabilité, qui constitue l'une des caractéristiques recherchées du produit fini. AINA (2004-2009)

I.3. Les levains chimiques

Ces produits sont utilisés par nos industries, pour faire lever les pâtes et conférer aux biscuits après cuisson une texture alvéolaire convenable, plus ou moins développé selon la préparation, la formule et la nature de l'agent levant utilisé permet de varier le pH (plus il sera élevé, plus la couleur du produit fini sera foncée). La dose moyenne de la levure chimique est comprise entre 15 g/kg de la farine. Cette dose varie selon ce qu'on désire obtenir comme biscuit (plus ou moins léger ou plus ou moins friable). AINA (2004-2009)

I.3.5 Le lait

Les produits laitier utilisés en biscuiterie sont divers, on distingue : lait entier, lait concentré en poudre, lait écrémé. Ce sont les laits en poudre pratiquement privé d'eau (moins de 4%) qui ne peuvent pas être le siège de développement microbien. Cependant, les laits traités pendant une longue durée sans qu'ils ne détériorent. AINA (2004-2009)

Le lait joue un rôle d'un mouillant qui améliore les propriétés physiques de la pâte. Un améliorant de la structure de la pâte, il ralentit également l'activité diastasique des farines ce qui est souvent un intérêt, un améliorant de la cuisson (effet de la transmission de la chaleur par la matière grasse), un améliorant de la coloration par la présence de lactose et aussi par le fait de la réaction de Maillard, un améliorant de la saveur et il intervient aussi de point de vue nutritif. AINA (2004-2009)

On peut utiliser le lactosérum ; ce dernier n'affecte pas la symétrie du biscuit après la cuisson, mais le fait que la teneur en albumine soit nettement plus élevée que les autres substances protéiques présentes. Le lactosérum joue un rôle d'agent ramollissant sur la face supérieure du biscuit car l'albumine possède une plus forte capacité d'hydratation. AINA (2004-2009)

I.3.6 Le sel (chlorure de sodium)

C'est un agent humectant et aromatisant, il fait ressortir plus nettement les parfums divers inclus et fait apparaître le goût du gras introduit au mélange, il joue un rôle de conservateur par action osmotique et non par une action bactéricide qui empêche le développement des microbes mais ne les tue pas. Le sel peut masquer le goût acide des agents chimiques levant et atténuer le pouvoir sucrant de la matière édulcorante comme il favorise la rétention de l'eau.

La dose d'utilisation est limitée au max d'1 % de poids de la farine, au-delà la saveur perceptible serait désagréable. AINA (2004-2009)

I.3.7 Les arômes

Par définition, les goûts sont limités aux sensations élémentaires du sucré, salé et amer. Dans la plupart des cas, il suffit que ces trois s'équilibrent harmonieusement pour ne pas gêner le palais. La saveur a un rôle secondaire par rapport à celui joué par l'arôme qui apporte l'agrément et l'appétence, l'arôme en tant que sensation est beaucoup plus complexe. AINA (2004-2009)

I.3.8 Les œufs

Les œufs sont considérés parmi les aliments possédant une grande valeur alimentaire et nutritionnelle. Ils sont employés avec une grande diversité dans les biscuiteries soit entiers, soit le blancs seulement ou le jaunes d'œufs. En plus de sa haute valeur nutritive, l'œuf offre par sa propriété techno-fonctionnelle un autre attrait important en industries alimentaires dont :

Le pouvoir coagulant de l'œuf entier ; le pouvoir anti cristallisant du blanc ; le pouvoir émulsifiant du jaune.

En fin la couleur de la mie des gâteaux ou des pâtisseries est influencée par les œufs ; ils seront jaunes brillant ou tout simplement blancs selon qu'on utilise ou non le jaune d'œuf. AINA (2004-2009)

I.3.9 L'eau

La qualité microbiologique et la teneur en sel minéraux de l'eau sont importantes en biscuiterie. L'eau contribue à l'hydrater les protéines et l'amidon de la farine et favorise les réactions entre la farine et les autres ingrédients de la pâte. Il faut noter que l'eau provient aussi de plusieurs matières premières tels les édulcorants, les œufs et même la farine. (I. KECHACHA)

I.3.10 Métabisulfite de sodium (MBS)

Cet agent fortement réducteur rompt les liaisons disulfures dans la chaîne du gluten et entre les chaînes de gluten, ce qui entraîne une diminution immédiate de la résistance et de la viscosité de la pâte. Le MBS est très bon marché et très facile à utiliser. Malheureusement, le

métabisulfite détruit la vitamine B1 et il peut aussi être à l'origine de problèmes de santé chez les sujets particulièrement sensibles. AINA (2004-2009)

I.3.11 L'extrait de malt

L'extrait de malt est un liquide visqueux, ne contient ni colorant ni d'autres adjuvants de conservation, c'est un apport de sucre. Il est principalement utilisé pour sa saveur caractéristique mais peut aussi être utilisé dans les pâtes fermentées et dans ce cas il représente une source de sucre fermentescible et d'alpha amylase. AINA (2004-2009)

I.3.12 La lécithine

Le rôle de la lécithine est qu'elle réduit la viscosité des corps auquel on les ajoute, la lécithine s'emploie à des doses très faibles et ce pourcentage dépend de la quantité de la matière grasse de la formule. AINA (2004-2009)

I.3.13 Les déchets de biscuits

L'utilisation des déchets de biscuits est couramment employée en biscuiterie par mesure d'économie. AINA (2004-2009)

Les poudres levants :

L'utilisation des poudres levantes part de l'idée de substituer, au dégagement biologique de gaz carbonique par les levures, la libération du gaz issu d'une réaction chimique.

Il existe plusieurs catégories de substances, on trouve les produits alcalins (ou basiques) générateurs d'acide carbonique employés seuls lors du pétrissage des produits (carbonate de sodium, carbonate et bicarbonate d'ammonium) et les produits associés, dits levures artificielles, résultat du mélange de deux produits ayant pour principe la neutralisation du Ph (mélange d'une substance alcaline et d'une substance acide). AINA (2004-2009)

I.4. Technologie de fabrication des biscuits

Les opérations essentielles dans le processus de fabrication de biscuit sont :

I.4.1 Malaxage

Les malaxeurs utilisés exercent généralement une action fouettage et de découpage.

Le but premier du malaxage est d'obtenir une pâte homogène et de minimiser le développement de gluten de farine pour obtenir une pâte à consistance permettant la production de biscuits à dimension et de symétrie uniforme. (I. KECHACHA)

L'ordre d'addition des ingrédients varie selon le type de biscuits et les machines ;

- La première méthode s'appelle crémage, consiste à mélanger la matière grasse contenant les surfactants et les colorants avec certains ingrédients de la formule telle la matière édulcorante (granulée ou en sirop), puis l'incorporation des autres ingrédients que soluble dont le lait en poudre, le sel, les levains chimiques et l'eau pour former une masse crémeuse avant l'addition de la farine. Ce mode favorise une émulsion grossière de gras, du sucre et des autres ingrédients en prévenant un contact direct de l'eau avec la farine. cette préparation permet la rétention de l'eau et atténue le développement du gluten.
- La deuxième méthode appelée méthode à deux étapes, utilisée pour la préparation des pâtes à la rotative. La première étape inclut l'introduction du gras, de la matière sucrante, de la farine et des levains acides. Ces derniers sont malaxés pour former une pâte à texture lâche ou non serrée. L'eau, le sel, le lait en poudre et les levains alcalins sont ajoutés à la seconde étape. Le malaxage est poursuivi. La préparation initiale permet la liaison intime des particules de la farine avec la matière grasse et édulcorante ce qui réduit au minimum la formation du réseau protéique de la farine au moment de l'addition de l'eau.
- La troisième méthode appelée méthode à une étape, consiste en l'incorporation de tous les ingrédients en une fois avant le malaxage. Presque toutes les pâtes à la découpeuse sont préparées selon ce mode, ce qui permet un plus grand développement de la pâte car l'eau est immédiatement disponible pour structurer le réseau protéique de la farine. La quantité et la température de l'eau et la durée du malaxage peuvent influencer la dimension, la symétrie et les fissures des produits finis.

Le rapport matière grasse/ eau demeure le facteur clé lors du malaxage ; plus il sera élevé, moins le réseau du gluten sera développé, et plus friable sera le produit fini.

On admet un pétrissage de l'ordre de 20 mn à 35 mn pour les pâtes semi dures et sablés et de 45 mn à 50 mn pour les pâtes dures. (I. KECHACHA)

I.4.2 Le façonnage

Les machines varient selon les types de pâte préparée on distingue 4 types :

➤ La pâte à la rotative :

La mouleuse rotative façonne plus facilement et plus efficacement les pâtes contrairement à la machine à découper, la pâte n'est pas laminée par les rouleaux, elle alimente directement la mouleuse afin d'obtenir les formes et les motifs désirés.

La pâte à mouler doit être de textures granuleuse, peu humide et riche en gras afin de limiter la possibilité de développement du gluten et de préserver l'intégrité de biscuit. Ce biscuit prend le nom de sablé. En plus la granulométrie de sucre doit être la plus fine possible pour éviter des concentrations de sucre sur les pâtons, ce qui donnerait des points foncés le biscuit après la cuisson.

A cause de la pression appliquée pour forcer la pâte dans des moules du rouleau métallique, le produit fini est compact. Ces biscuits possèdent une symétrie exacte et une dimension identique, ce qui facilitera leur décoration ultérieure.

➤ La pâte à découpeuse :

Le façonnage de cette pâte comprend les étapes de laminage et d'étirement. Le laminage exerce par le passage de la pâte entre plusieurs paires de rouleau métalliques qui amincissent la pâte à une épaisseur déterminée. Cette opération permettra de libérer l'air de la pâte et d'orienter le réseau protéique en superposant le film de gluten. Le développement de gluten lors du malaxage doit correspondre au taux désiré d'extensibilité de la pâte pour faciliter l'opération de façonnage qui nécessite plusieurs réglages de la vitesse du convoyeur à bande avant l'intervention de la découpeuse. Une fois façonnée, la pâte sera taillée à l'aide d'un découpoir pour obtenir des pâtons dont la dimension et le motif seront donnés avant le début de la cuisson. (I. KECHACHA)

➤ La pâte à la coupeuse à fil :

Dans ce cas la pâte a une consistance plus molle ou plus fluide que celle de la pâte à la rotative et à la découpeuse. Le biscuitier utilise dans la préparation des œufs entiers, une plus grande quantité d'eau pour solubiliser plus d'ingrédients et moins de farine. (I. KECHACHA)

La pâte alimente la façonneuse y descendre par gravité entre deux rouleau striés. Ces derniers forcent la pâte au travers de cylindres à l'extrémité desquels, placé à une distance déterminée, un fil métallique coupe la pâte en disques ou pâtons à symétrie et dimension appropriées pour la cuisson. La vitesse des rouleaux et du dispositif de coupage détermine l'épaisseur de pâton dont le poids et la dimension subissent des écarts parfois importants car la pression exercée par la pâte laissera passer plus de matière au centre des cylindres qu'en périphérie. (I. KECHACHA)

➤ La pâte à l'extrusion :

La consistance de la pâte est similaire à la coupeuse à fil. La machine de cette pâte s'apparente à celui de la coupeuse à fil .au lieu de forcer la pâte à travers les cylindres, on la fait passer une plaque de métal perforée à l'aide de rouleaux striés. Les languettes de pâte sont coupées à la longueur désirée à l'aide d'un couteau à l'entrée ou à la sortie du four. La largeur de languettes est déterminée par le diamètre de l'orifice de la plaque de métal, la vitesse du convoyeur à bande et la consistance de la pâte. (I. KECHACHA)

I.4.3 Dorage des biscuits

On procède avant cuisson du biscuit à un dorage léger des formes découpées à l'aide de divers mélanges à dorure, généralement à base d'œuf. Ce dorage est fait soit à la main soit à l'aide d'un système automatique de brosses.

I.4.4 Cuisson

La cuisson n'est pas une simple déshydratation du produit, encore faut-il qu'il acquière une couleur, un gout, une friabilité des dimensions enfin, bien déterminées critère d'une fabrication industriel qui se veut constante.

L'importance, lors de la cuisson, réside en un contrôle très rigoureux du diamètre et de l'épaisseur du produit fini. Il faut éviter que les biscuits ne s'étalent trop pour ne pas déformer les motifs ou tout simplement pour s'assurer de la bonne dimension en vue de l'emballage. Il faut aussi obtenir la coloration caractéristique du biscuit.

Dès la rentrée des biscuits dans le four, le pâton forme en surface un film mince qui épaissit au fur et à mesure de la cuisson grâce à l'évaporation de l'eau sur le dessus du pâton. Ce film à la surface du pâton doit être élastique. Le degré d'élasticité sera directement proportionnel à la température du four. Si cette dernière est trop élevée, supérieure à 38°C notamment à l'entrée du four, la pellicule deviendra trop épaisse et le gaz carbonique, l'air et la vapeur d'eau

resteront prisonniers de la structure, causant inévitablement des fissures en surface. De plus l'action des levains chimiques sera réduite. Ce qui influencera la texture alvéolaire du produit fini en le rendant plus compact. Quant à particules grasse, elles fondront aussitôt que leur point de fusion sera atteint et auront une légère tendance à se retrouver dans la structure externe au lieu de demeurer dans la même position occupée dans la structure initiale du pâton. (I. KECHACHA)

La cuisson des biscuits est ponctuée par les évènements physico-chimiques suivants :

- Fusion très rapide du gras (perte de l'état cristallisé), dès 15°C jusqu'à 50°C.
- Dégagement de gaz (CO₂ et NH₃) décomposition des poudres levants (ou levures chimiques) entre 55 et 70°C.
- Gélatinisation partielle de l'amidon, commence à 52°C et se poursuit jusqu'à 93°C, cette gélatinisation joue un rôle très important dans texture interne du biscuit.
- Au fur et à mesure de cuisson, il y a l'évaporation d'arome et la migration de l'eau non seulement de la pâte vers l'atmosphère ambiante du four, mais aussi du gluten vers l'amidon.
- Dénaturation irréversible des protéines de la farine, des œufs, du lait et d'autres ingrédients commencent à 63°C jusqu'à 74°C, il assure l'ossature ou la rigidité du biscuit ce qui marque la dernière étape de l'expansion du pâton et donne l'aspect final du biscuit.
- Brunissement de la surface est causé par la caramélisation des sucres, la réaction de Maillard (interaction d'un sucre réducteur avec une protéine), la dextrinisation de l'amidon et le rôtissage de la partie farineuse. C'est aux alentours de 149°C que débute la caramélisation des sucres, puis entre 188°C et 205°C, l'amidon se convertit progressivement en dextrine. Les produits des réactions de caramélisation et de Maillard donnent panoplie de couleurs et saveurs très agréable. (I. KECHACHA)

Quant à ma cuisson d'un pâton à la rotative, elle exige plus de contrôle et plus de chaleur à cause de la présence d'une quantité très importante de matières grasses. Le problème le plus courant durant la cuisson et la formation de cavités sous le pâton. On attribue ce défaut, il est recommandé et laisser tremper la toile dans une huile liquide avant son utilisation. De toute façon, ce défaut physique sera masqué par l'application des éléments de décoration. (I. KECHACHA)

I.4.5 Refroidissement

A la sortie du four, les biscuits ont une température de 320 à 350°C, et sont plus ou moins mous, donc ils doivent subir un refroidissement avant emballage. Le refroidissement des

biscuits se fait selon deux méthodes : le refroidissement à l'air libre, et le refroidissement accéléré, dont le meilleur est celui réalisera l'air libre puisque il permet au produit de se refroidir progressivement à l'abri de tout choc thermique provoquant et les fissurations et la cassure des biscuits. (I. KECHACHA)

I.4.6 conditionnement

après la vérification du poids, la couleur et les dimensions les produits sont conditionnés dans des machines d'enveloppement sous forme de paquet ou dans des machines à former, emplir, et fermer les sachets.

L'emballage du biscuit contribue à :

- protéger les biscuits fragiles tout en évitant les risques de casse ;
- Eviter la prise d'humidité ;
- Assurer la fraîcheur du bon biscuit ;
- Garder le produit en tout état hygiénique. (I. KECHACHA)



Figure 1.Biscuit SARL SOBCO

CHAPITRE II

LA CAROUBE

II. LA CAROUBE

II.1 Présentation du caroubier

Ceratonia siliqua L., communément appelé caroubier, est un arbre méditerranéen à feuille persistante qui appartient à la famille des Fabaceae (sous famille des *caesalpinioideae*) (Rejeb, 1995). Le nom scientifique dérive du grec *keras* qui signifie corne et du latin *Siliqua* qui fait allusion à la dureté de la gousse (Battle et Tous, 1997). Il s'agit d'un arbre qui se distingue par sa grande longévité, plusieurs fois centenaire (Rejeb, 1995). Cet arbre est une espèce dioïque avec quelques formes hermaphrodites (Battle et Tous, 1997). Connue pour sa dureté, elle nécessite peu d'entretien et s'adapte à différents types de sols sauf les sols hydromorphes et salés (Rejeb, 1995). La caroube est utilisée depuis des milliers d'années par les habitants des pays méditerranéens comme aliment et nourriture pour sa pulpe sucrée (48-56%) de sucre (Battle et Tous, 1997). La gousse de caroube est le fruit du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*). Il s'agit d'une gousse brune, plate et incurvée, mesurant 10 à 30 cm de long 1.5 à 3.5 cm de large (Battle et Tous, 1997). Elle a deux produits principaux : les caroubes ou graines qui représentent 10-20% du poids du fruit, et les caroubes ou la pulpe restante avec 80-90% du poids des fruits obtenus après égrenage (Oziyci et al., 2014).

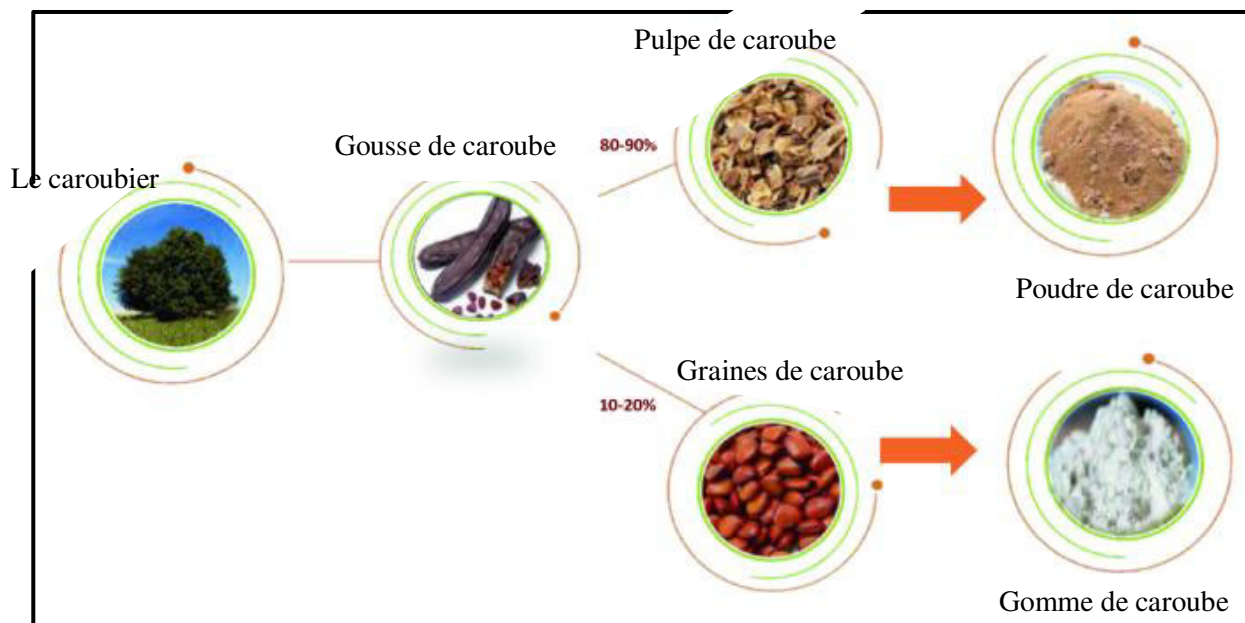


Figure 2. Caroubier et gousse de caroube (contenant la pulpe et les graines)

II.2 Histoire de la caroube

Le caroubier a une origine très ancienne et son apparition remonte à la préhistoire. De nombreux noms sont attribués à cet arbre. En Espagne, il est connu sous le nom de « El garrobo » ; En Algérie, il est connu sous les noms "Elkharroub", "karruba", "taslighoua" et "tikharoubt" (Ali-Delille., 2010). Il est également connu sous le nom de "St John 's bread" dans les pays anglophone en référence à son utilisation présumée par Saint Jean le Baptiste (Ali-Delille, 2010).le nom scientifique du caroubier (*Ceratonia siliqua L*) dérive du grec *Keras*, "corne", et du *latinsiliqua*, indiquant la dureté de la gousse. L'origine du mot caroube est le mot hébreu *kharuv* (Battle et Tous, 1997). Dans le passé, les arabes utilisaient ses graines uniformes comme unité de poids (0.2g), ils l'appelaient *qirat* ou *carat*; il est ensuite devenu l'unité de poids de l'or et des pierres précieuse. On outre, les anciens Egyptiens sont réputés avoir utilisé la gomme comme adhésif pour lier les momies (Rol, 1973). Les gousses de caroube peuvent être stockées et transportées sur de longues distances ; les enfants la consommaient comme en-cas ou comme fruit sucré pendant la période de famine en Espagne (Ali-delille., 2010).

II.3 Description, distribution et culture de la botanique

Ceratonia siliqua L, appartient à l'ordre des rosales, *leguminosae* (*SynFabaceae*), dans la tribu *cassieae* de la sous famille *descaesalpinioideae*. L'origine de *C. Siliqua* n'est pas claire. De Candolle et Vavilov affirment qu'elle est originaire de la région méditerranéenne orientale, plus précisément de Syrie et de Turquie [(De Candolle, 1883) et (Vavilov, 1951)]. Elle a été propagée par les arabes en Afrique du Nord et en Espagne puis dispersée dans le sud de la France et le sud de Portugal (**Fig.3**) Les Grecs l'ont introduit dans certains pays européens, comme la Grèce et l'Italie. La production mondiale est illustrée dans le tableau 1.

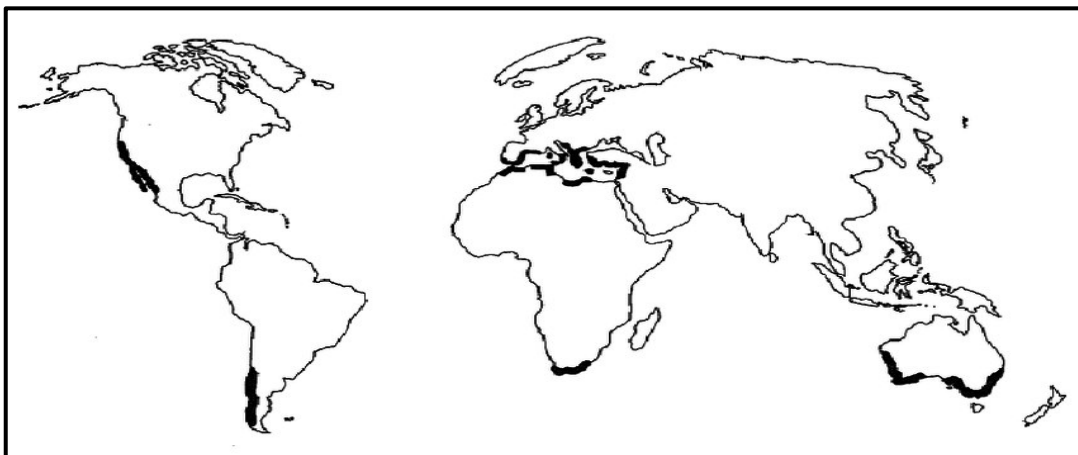


Figure 3. Centre d'origine et distribution du caroubier dans le monde (Battle et Tous, 1997).

Tableau 1. Statistiques sur la production mondiale de caroube de 2015 à 2018 (FAOSTAT, 2020)

	Portugal	Italie	Maroc	Turquie	Grèce	Chypre	Algérie	Espagne	Monde
Superficie récoltée (ha)	13.427	5600	10.224	3099	2410	1004	808	2292	41.593
Rendement (hg/ha)	29.393	56.385	21.532	45.776	59.377	71.571	45.762	8382	32.839
Production (tonnes)	39.387	31.577	22.013	14.195	12.819	7179	3701	1916	136.613
Production (%)	28.83	23.11	16.11	10.39	9.38	5.25	2.71	1.40	100

Le caroubier est un arbuste à feuille persistante qui peut atteindre 8-15 m de hauteur (Shepperd VD 2008) (Fig.4)

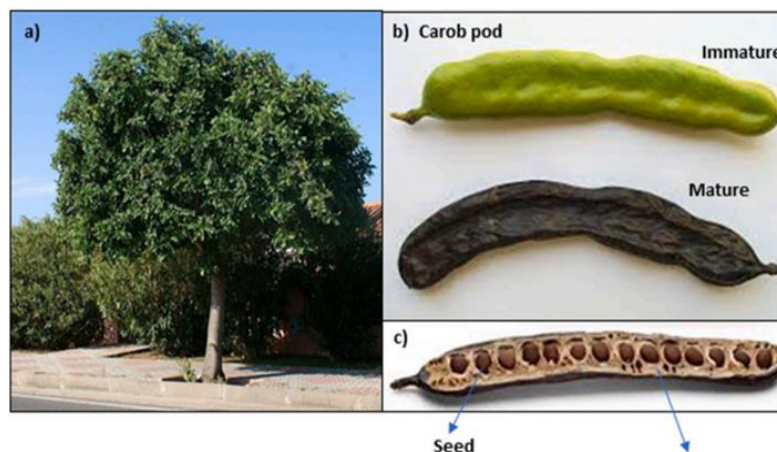


Figure 4. Arbre de la caroube (*Ceratonia Siliqua* L), b) Gousse de caroube avant et après maturité, c) constituants de la gousse de caroube (Tous et Antony (2013))

Ses feuilles sont longues de 10 à 20 cm, pennées vert foncé et brillantes sur le dessus. Le caroubier est connu pour sa grande résistance à la sécheresse. Cependant, il craint le gel, ce qui limite sa propagation. La floraison a lieu en hiver et la pollinisation est principalement assurée par des insectes et le vent (**Fig.5**).

Les fleurs du caroubier sont petites et nombreuses, elles mesurent 6-12 mm de long et se distinguent par une couleur-verdâtre [(Rejeb, 1995) ; (Battle et Tous, 1997)]. L'arbre est cultivé depuis l'antiquité dans tout le bassin méditerranéen, dans les endroits doux et secs. il a

également été introduit aux États-Unis d'Amérique (Californie), aux philippines, en Iran, en Afrique du Sud et en Australie (Battle et Tous, 1997).

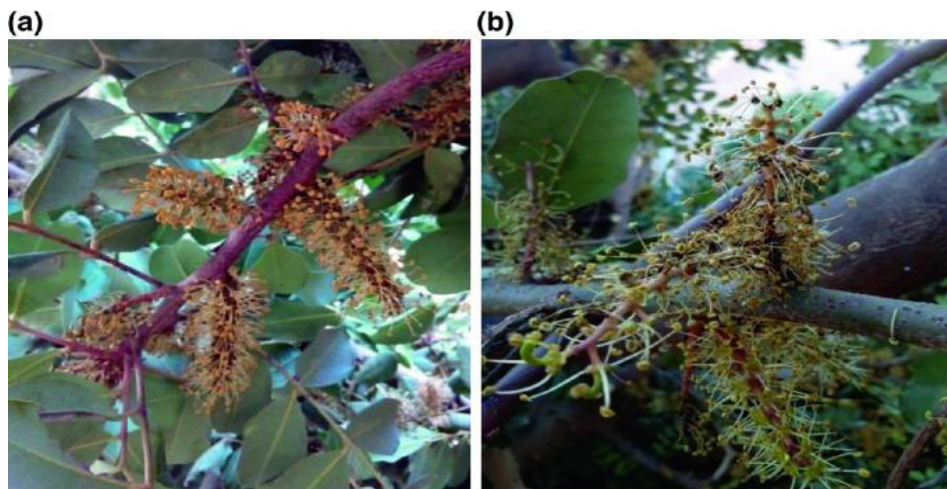


Figure 5.Fleur de caroubier (a male /b femelle)

II.4 Utilisation culinaires et médecine populaire

De nombreuses plantes ont été utilisées comme ingrédients importants dans les pratiques thérapeutiques et la cuisine traditionnelle dans diverses civilisations. *Ceratonia siliqua L.* est bien connu dans la plupart des régions de la méditerranée et des pays arabes, utilisée à la fois pour l'alimentation et la "pharmacopée populaire". Compte tenu de sa forte teneur en sucre, les croquettes de caroube sont traditionnellement utilisées pour fabriquer un sirop concentré traditionnel, appelé "pekmez" en Turquie, qui est principalement consommé dans les pays arabes pendant le mois de ramadan [(Tetik et al., 2010) ; (Yousif et Alghzawi, 2000)]. En Afrique du Nord et au Moyen-Orient, la poudre et les croquettes de caroube étaient généralement utilisées à des fins médicinales pour lutter contre les troubles digestifs, comme purgatif, antidiarrhéique, inflammatoire de la bouche et antiulcéreux (Jaradat, 2005). En Turquie, environ 8.4% des personnes souffrant d'hypercholestérolémie utilisent la caroube pour réduire leur taux de cholestérol. Ils écrasent généralement la caroube et la consomment soit avec du yaourt, soit crue (Cakılcıoğlu et al., 2007). En outre des rapports indiquent qu'au Royaume de Jordanie, les croquettes de caroube sont connues pour renforcer l'estomac et dissiper le flegme. Phlegme ; la graine est généralement utilisée comme purgatif et calmant pour les maux de dents, et la confiture de caroube est également utilisée pour traiter les plaies de la langue et les maux d'estomac (Lev et Amar, 2002).

Tableau 2. Utilisation de la pulpe de caroube

Utilisations	Avantages
Alimentation animal	<ul style="list-style-type: none"> - Antidiarrhéique (Gutzwiller, 2016) - Amélioration du poids corporel et du poids de la carasse (Kotrotsios et al., 2012) - Bonne source d'énergie (Marakis, 1996) - Augmentation des acides gras polyinsaturés dans les muscles et réduction des acides gras saturés (Gravador et al., 2015) - Amélioration de la légèreté de la viande (Priolo et Vasta, 2007)
Alimentation humaine	<ul style="list-style-type: none"> - Prolongateur du cacao après torréfaction et broyage (moins de calories, ni caféine/théobromine) (Cepo et al., 2014) - Comme alternative pour les personnes allergiques au cacao (Barroso et al., 2015) - Faible indice glycémique (Dos Santos et al., 2015) - Edulcorant naturel (Baston, 2016) - Couleur et saveur similaires à celles du chocolat (Rosa et al., 2015) - Convient à l'alimentation des diabétiques et des cœliaques (Makris et Kefalas, 2004) - Produit antidiarrhéiques (Santos et al., 2005) - Améliore la digestion (Bernardo-Gil et al., 2011) - Potentiel antioxydant élevé (Bernardo-Gil et al., 2011) - Utilisation des lipides (Bernardo-Gil et al., 2011) - Effet positif sur le métabolisme du cholestérol (Bernardo-Gil et al., 2011) - Effet potentiel de régulation de la glycémie (Bernardo-Gil et al., 2011) - Pas de présence d'acide oxalique (bonne absorption des minéraux) (Nasar-Abbas et al., 2016) - Effet anxiolytique et sédatif (Nasar-abbas et al., 2016) - Teneur en graisses et en sodium beaucoup plus faible (Avallone et al., 2002)

II.5 Composition nutritionnelle

Les composés proximaux les vitamines, les minéraux, les acides gras et les acides aminés se trouvent dans les différentes parties du fruit du caroubier. La composition du caroubier en macronutriment et micronutriment diffère selon les espèces, les variétés, les conditions de croissance, les périodes de récolte, les propriétés du sol, le climat, l'origine et les paramètres géographiques (Oziyici et al., 2014).

De nombreux facteurs affectent la composition chimique des gousses, elle peut être influencée par le cultivar, la température, la sécheresse, l'irrigation, la fertilisation et la salinité (Iipumbu, 2008). Le fruit de la caroube est riche en sucres et pauvre en graisses il contient généralement 50-60% de sucres, 0.2-0.8% de lipides, et contient 1-5% de protéine ainsi que les fibres brutes d'environ 11% en plus de quantités importantes de minéraux de caroube comme le calcium, le potassium, le magnésium, le fer et le phosphore sont nombreux (Correia et al., 2018). La caroube ne contient pas l'acide oxalique présent dans le cacao, permettant une meilleure absorption des minéraux. Au total, ce fruit est considéré comme un aliment naturel sain (Fig.6).

La poudre de caroube, grillée ou non, contient plus de sucre que la poudre de cacao et environ 75 % ou plus de ces sucres sous forme de saccharose. Ainsi, la poudre et ses produits peuvent être considérés comme des édulcorants naturels pour la formulation de produit alimentaire. En ce qui concerne la composition et la fonction nutritionnelle des croquettes de caroube, elles peuvent être un excellent substitut de cacao (Ozcan et al., 2007). Contrairement à la poudre de cacao, la caroube est exempte des deux anti-nutriments que sont la caféine et la théobromine, ce qui constitue un avantage précieux (Yousif et Alghzawi, 2000). En analysant le germe de la graine de la caroube Dakia et al. (Youssef et al., 2013) ont rapporté la composition suivante : humidité 8.3%, cendre 6.5%, lipides (neutres et polaires) 6.6% dont 21% des lipides polaires, protéines brutes 54.7%, et une valeur énergétique de 17.5 KJ/G. Ils ont rapporté que l'acide oléique 43.4% et l'acide linoléique 44.5% comme principaux acide gras, tandis que l'acide palmitique 16.2% et l'acide stéarique 3.4% sont reconnus comme les principaux acides saturés. L'étude a également montré que la fraction protéique du germe de caroube était extrêmement hétérogène, ce qui rend ce composant de la graine intéressant dans différents régimes et notamment pour le régime cœliaque.

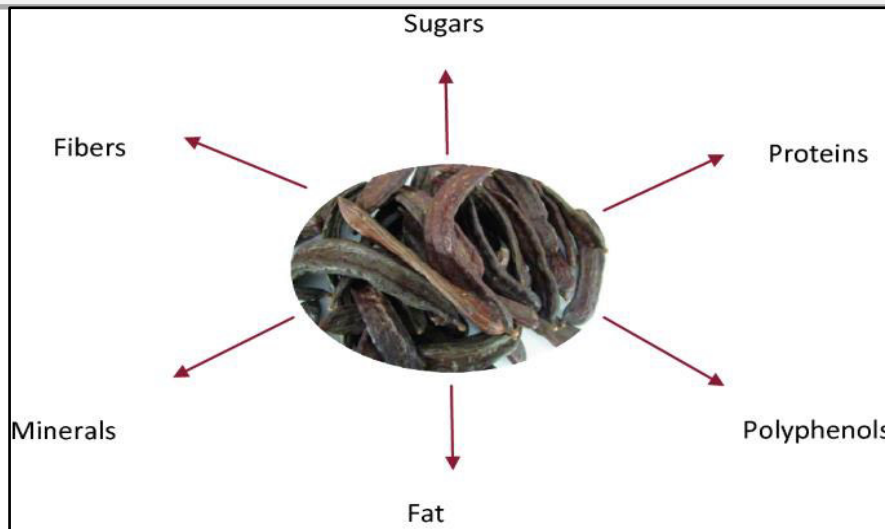


Figure 6. Composition de la pulpe de caroube

II.6 Composition sur les composés bioactifs

Les principaux composés bioactifs de la caroube sont présentés dans le tableau n°3. Ces dernières années recherches se sont concentrées sur les molécules précieuses ayant des effets bénéfiques sur la santé (Dakia et al., 2007). La composition en polyphénols de la caroube peut être influencée par différents paramètres tels que le développement du fruit, la transformation que le fruit subit, la méthode de torréfaction, la nature du solvant utilisé pour l'extraction, et sa durée.

Les polyphénols sont des métabolites secondaires réactifs abondants dans les aliments d'origine végétale, en particulier les fruits, les graines, les feuilles et les tiges. Ils sont inégalement répartis dans les plantes d'un point de vue quantitatif et qualitatif. Ce sont les molécules non nutritionnelles mais qui influencent la qualité sensorielle comme la couleur et l'astringence et qui ont des propriétés antioxydantes bien connues et exercent une activité préventive contre les maladies chroniques qui continue à être reconnue dans tous les domaines (Goulas et al., 2016).

Tableau 3. Composition sur composés bioactifs de la caroube pulpe

Composé	Effet biologique
Polyphénols et tanins	<ul style="list-style-type: none"> - Forte capacité antioxydante (Roseiro et al., 2013) - Antioxydant naturel dans les aliments (Kumazawa et al., 2002) - Effet antidiarrhéique [(Jaradat (2005) ; (Santos et al., 2005)] - Antiulcéreux (Jaradat, (2005)
Fibres	<ul style="list-style-type: none"> - Effet hypocholestérolémiant (Zunft et al., 2003) - Augmentation de l'excrétion de l'acide biliaire (Zunft et al., 2003) - Prévention du diabète sucré infarctus du myocarde et du carcinome du colon (Zunft et al., 2003) - Inhabitation de la prolifération des cellules d'adénome-carcinome du colon (Klenow et al., 2009)
Pinitol	<ul style="list-style-type: none"> - Régulation de la glycémie (Tetik et Yuksel, 2014) - Protection des organes sensibles comme le foie et les reins (Tetik et Yuksel, 2014) - Hypolipidémie (Tetik et Yuksel, 2014) - Anti-inflammatoire (Cháfer et Berna, 2014)

II.7 Applications industrielles potentielles et tendances futures

Récemment, l'alimentation et le mode de vie sain sont devenus une tendance. Par la suite, l'industrie alimentaire a suivi le mouvement et la caroube est désormais considérée comme un ingrédient sain commercial dans différents types d'industries. Les croquettes de caroube sont utilisées de nombreuses façons, allant de leur utilisation à l'état brut pour l'alimentation animale à leur torréfaction pour leur consommation en tant que substitut de cacao. D'autres utilisations comprennent l'extraction des sucres pour la fabrication de sirop ou de bioéthanol.

Les industries alimentaires utilisent la gomme de caroube comme agent épaississant et stabilisant dans les préparations alimentaires, compte tenu de sa capacité à former une solution visqueuse à une concentration relativement faible. Cependant, elle est également utilisée dans les secteurs cosmétiques, pharmaceutiques, textiles, papier, du pétrole, de la peinture, du forage pétrolier et de la construction. En outre, la farine de germes de caroube est reconnue comme un aliment diététique humain ou comme un ingrédient potentiel dans les aliments dérivés des céréales pour les personnes cœliaques. Dans ce qui suit, les applications industrielles potentielles et actuelles de la caroube sont présentées :

Tsatsaragkou et al. (Tsatsaragkou et al., 2014) ont étudié les propriétés rhéologiques de pâtes sans gluten à base de farine de riz contenant différentes quantités de farine de caroube. La teneur en eau a été prouvée comme diminuant la résistance de la pâte à la déformation par l'évaluation des données de fluage d'évaluation. En revanche, et en raison de sa teneur élevée en fibres, la farine de caroube a augmenté le caractère élastique et la résistance structurelle de la pâte. Ainsi, en augmentant la quantité de farine de caroube, l'élasticité de la pâte à pain augmente (Tsatsaragkou et al., 2014). La fibre a été ajoutée avec succès à divers produits de boulangerie, notamment le pain, les petits pains, les gâteaux et les biscuits. Haber (Haber, 2002) a montré que l'ajout de fibres de caroube à des pains et petits pains de blé, de seigle et multigrains, sans modifier les formulations, augmente l'absorption d'eau et réduit le caractère collant de la pâte. Mis et al (Mis et al., 2012) ont constaté que les pâtes auxquelles on avait ajouté des fibres de caroube étaient rhéologiquement plus stables pendant le mélange que les pâtes ordinaires.

PARTIE
EXPÉRIMENTALE

I. Présentation de l'usine SARL SOBCO :

La société PALMARY FOOD avec son entité industrielle SARL SOBCO a été créée en 2007 dans la zone industrielle de Kharrouba, dans la wilaya de Boumerdes à proximité de la capitale Alger. Actuellement, PALMARY FOOD compte 6 sites de production et est parmi les leaders de la catégorie sur le marché local avec une grande dynamique de croissance et d'expansion.

Avec sa marque phare MAXON lancée en 2013 PALMARY FOOD est présent avec une large gamme sur la catégorie des tablettes, la pâte à tartiner et les biscuits. En terme de position elle occupe une position de leader sur les tablettes, la pâte à tartiner et sur différents segments et catégories de biscuits (Biscuit noir). MAXON est une méga brand et est en train de devenir une marque iconique en Algérie.

La 2ème marque KOOL est le leader sur le biscuit mosaïque avec encore beaucoup de potentiel de développement pour la marque.

Les autres produits et marques sont dans l'extrême accessibilité comme les marques et produits DREAM/MEGADREAM, KREMALI, MON GOÛTER, etc.

La force de PALMARY FOOD c'est une très bonne qualité produit et une grande accessibilité, des produits et marques démocratiques qui permettent de toucher des cibles très larges en Algérie et dans les pays exports.

L'entrée dans le segment premium en février 2020 avec le lancement du produit GIANDUIOTTO (MOMENT Le Doré), les biscuits REGALO, les tablettes de véritable chocolat MOMENT et de la gaufrette enrobée KOOL Break en novembre 2020.

Ces principes guident ses activités pour offrir des produits conformes aux attentes de ses clients et de toutes les parties intéressées ainsi qu'aux exigences légales et réglementaires applicables.

II. Suivi de fabrication des biscuits fourrés de l'unité Sarl SOBCO

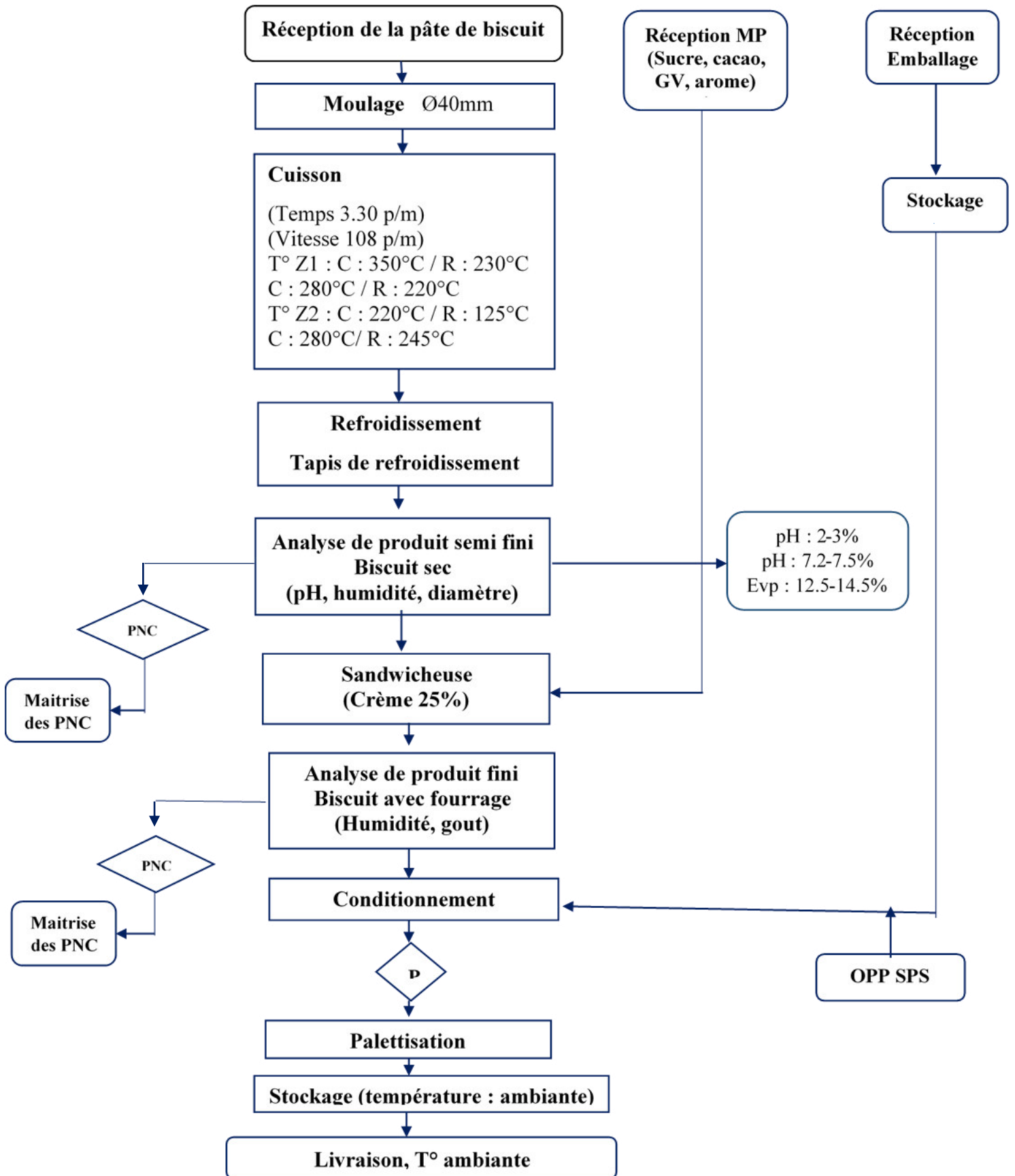


Figure 7. Schéma du diagramme de fabrication du biscuit de l'unité de SARL SOBCO

Durant notre stage à l'unité Sarl SOBCO, nous avons suivi la fabrication du biscuit fourré, toutes les étapes de fabrication sont résumées dans le diagramme ci-dessus.

III. Analyses physico-chimiques des matières premières de la fabrication des biscuits

III.1 Analyse de la farine

III.1.1 Détermination du taux de gluten

Le mode opératoire décrit est celui appliqué à l'unité de fabrication.

On pèse dans un mortier 10g de farine, à laquelle on ajoute 5,5ml de Na Cl. On agite la farine avec la spatule et on forme une boule de pâte, puis on malaxe le pâton en le plaçant dans la pomme de la main, tout en versant dessus goutte à goutte du Na Cl, on poursuit l'opération jusqu'à ce que l'eau de lavage ne soit plus trouble. On élimine la grande partie de la solution du rinçage en comprimant la boule de gluten entre les mains et refaire cette opération plusieurs fois. On place le gluten humide obtenu dans l'étuve pendant 2 heures à 100°C.

Le gluten humide exprimé en pourcentage (%) en masse du produit tel quel égal à :

$$\mathbf{GH = GS + m}$$

Le gluten sec exprimé en pourcentage % en masse du produit tel quel est à :

$$\mathbf{GS = GH - m}$$

Avec :

$$\mathbf{m = \frac{Heau \cdot GH}{100}}$$

III.1.2 Détermination du taux d'humidité :

Cette méthode est utilisée pour déterminer l'humidité de la farine. Elle est décrite par le manuel de l'unité de fabrication.

Le principe de la méthode est le séchage de la matière en utilisant la technique d'étuvage à 130°C à pression atmosphérique jusqu'au poids constant, suivi par des conditions standardisées pour le refroidissement après étuvage. Seule l'humidité libre est mesurée par cette méthode.

III.2. Analyse de Sucre

III.2.1. Détermination du taux d'humidité : (ICUMSA méthode GS2/1/3/9-1)

C'est la même technique appliquée pour la farine, dans le cas des sucres la température est réglée à 105°C: On pèse la capsule vide (P_0), dans laquelle on pèse 5 gramme de sucre blanc sans tarer la balance (P_1), On place la capsule dans l'étuve pendant 3h à (105C°). Après séchage à poids constant, on met la capsule dans le dessiccateur pour refroidir pendant 10 minutes. On pèse la capsule après l'étuvage (P_2). On saisit les résultats dans le PCLAB. Le calcul de l'humidité se fait automatiquement

$$\text{Humidité \%} = (P_1 - P_2) / (P_1 - P_0) \times 100$$

P_0 : masse de la capsule vide (g).

P_1 : masse de la capsule + sucre blanc avant étuvage.

P_2 : masse de la capsule + sucre blanc après étuvage.

III.3 Analyse du lactosérum

III.3.1 Détermination de l'acidité titrable :

Le présent mode opératoire a pour objet de définir une technique pratique de détermination de l'acidité titrable dans tous les types de lait sec (Journal officiel de la République Algérienne N°58 du 4 novembre 2015). Le présent mode opératoire s'applique sur tous les échantillons du lait sec au niveau du processus production de la biscuiterie, chocolaterie et confiserie SOBCO.

La méthode consiste à la préparation du lait reconstitué par addition d'eau à une prise d'essai de lait sec correspondant exactement à 5 g de solide non gras. Titrage avec une solution d'hydroxyde de sodium à 0,1 mol/l, en utilisant de la phénolphthaléine comme indicateur et du sulfate de cobalt comme solution colorée de référence. Multiplication du nombre de millilitres utilisés pour le titrage par le facteur 2, de façon à obtenir le nombre de millilitres pour 10 g de solide non gras. La quantité de solution d'hydroxyde de sodium nécessaire est en fonction de la quantité de substances tampons présente à l'état naturel dans le produit et de l'acidité ou de l'alcalinité apparue ou ajoutée. Les résultats sont exprimés selon la relation ci-dessous :

$$\text{Concentration massique de l'acide lactique} = (V_1/50) * 0,1 * 90$$

Ou :

V_1 est le volume, en millilitre, de la solution d'hydroxyde de sodium, utilisée pour le titrage

Ce résultat est traduit en degré Dornic (D°) : $1^\circ D = 0.1$ gramme d'acide lactique dans 100g de produit.

III.3.2 Détermination du pH :

Le présent mode opératoire a pour objet de définir la marche à suivre pour la mesure du pH de biscuit après cuisson, il s'applique à tous les échantillons de biscuit, cacao en poudre, le lactosérum au niveau du processus production de la biscuiterie et magasin SOBCO (Processus production, Iso 3960, NA-274/1990). Une prise d'essai est maintenue en agitation pendant 30 minutes dans l'eau distillée tiède, après filtration le pH est mesuré par introduction de l'électrode du pH-mètre dans la solution de mesure.

III.4 Analyse du lait en poudre

III.4.1 Détermination du taux d'humidité :

Cette méthode est utilisée pour déterminer l'humidité du lait. Elle est décrite par le manuel de l'unité de fabrication.

Le principe de la méthode repose sur le séchage en utilisant la technique d'étuve à pression atmosphérique ($105^\circ C$) suivi par des conditions standardisées pour le refroidissement après étuvage. Seule l'humidité libre est mesurée par cette méthode.

III.4.2 Détermination de la matière grasse :

Le présent mode opératoire a pour but de déterminer la concertation en matière grasse du lait entier au sein de SOBCO. La concertation en matière grasse du lait entier est normalement. Comprise entre 35 et 36 g/l. La méthode de Gerber et la méthode prévue par la législation pour le paiement du lait à la qualité (ISO 2446)

Le lait est agité dans un butyromètre, avec de l'acide sulfurique et de l'alcool iso amylique. L'acide sulfurique concentré dissout la caséine et les phosphates insolubles du lait. L'alcool iso amylique facilite la séparation de la matière grasse. Celle-ci est liquéfiée par l'augmentation de la température.

III.4.3 Détermination de l'acidité du lait :

Le présent mode opératoire a pour objet de définir la marche à suivre pour la mesure de l'acidité du lait. On pèse 10 g de l'échantillon dans un Erlenmeyer, on ajoute 150 ml d'éther di éthylique éthanol V/V (75/75), on agite bien le mélange et on ajoute quelques gouttes de

phénophtaléine. On titre par KOH éthylique 0.1 N pour éviter le déphasage. L'acidité est donnée par la formule suivante :

$$\text{Acidité (\%)} = \frac{(\text{V.N.M})}{(\text{Prise d'essai.10})} * 100$$

III.5. Analyse de la graisse végétale

III.5.1 Détermination du point de fusion des corps gras :

Le principe de la méthode consiste à l'immersion d'un tube capillaire, contenant une colonne d'un corps gras cristallisé dans des conditions contrôlées, à une profondeur spécifiée dans de l'eau dont la température augmente à une vitesse donnée. On enregistre la température à laquelle la colonne commence à se déplacer dans le tube capillaire.

III.5.2 Détermination de l'acidité titrable :

La méthode utilisée repose sur le même principe que celle utilisée pour le dosage de l'acidité du lait. Les résultats sont calculés par rapport à l'acide palmique dont la masse molaire est 256 mol/l.

III.5.3 Détermination du pH

Le principe de la mesure est déjà décrit dans le paragraphe III.3.2.

III.5.4 Détermination de l'indice de peroxyde :

Le présent mode opératoire s'applique à tous les échantillons de corps gras d'origine végétale au niveau du processus production de la biscuiterie, chocolaterie et confiserie SOBCO.

C'est la quantité de substance de l'échantillon, exprimé en termes d'oxygène actif, qui oxyde l'iodure de potassium dans les conditions spécifiées. L'indice de peroxyde est généralement exprimé en (mEq) d'oxygène actif par kilogramme d'huile, mais il peut également être exprimé en (SI) en milli moles (mmol) d'oxygène actif par kilogramme d'huile. La valeur exprimée en milli moles d'oxygène actif par kilogramme représente la moitié de la valeur exprimée en milliéquivalent d'oxygène actif par kilogramme. L'indice de peroxyde (méc d'oxygène actif par kilogramme) multiplié par la masse équivalente d'oxygène qui est égale à la quantité d'oxygène actif exprimé en milligramme par kilogramme d'huile. (Norme internationale ISO 3961(cinquième édition 2013-07-15) ; JORA N° 64/2011).

Pour réaliser cet essai, on dissout l'échantillon d'essai dans de l'isooctane et de l'acide acétique glacial, puis on ajoute l'iodure de potassium. On détermine visuellement l'iode libéré par les peroxydes, à l'aide d'un indicateur à l'amidon et d'une solution étalon de thiosulfate

de sodium. On détermine le visuellement la fin du tirage. L'indice de peroxyde est exprimé par mEq/Kg. Un essai à blanc est préparé dans les mêmes conditions que l'échantillon.

$$IP = ((V-V_0) \times N)/m \times 1000$$

Avec: **V**: chute de la burette pour la prise d'essai

V₀ : chute de la burette pour l'essai à blanc

N: Normalité de la solution de thiosulfate de sodium

m : est la masse de la prise d'essai.

IV. Les analyses physico-chimiques de la farine de caroube

Les analyses physicochimiques du matériel végétal (caroube) ont été réalisées au niveau du laboratoire pédagogique de biochimie alimentaire au sein de notre université. Tout le matériel et réactifs utilisés sont cités ci-dessous :

Tableau 4. Matériel et Réactifs utilisés

Matériels	Réactifs
- Agitateur magnétique	- Acide gallique
- Balance	- Carbonate de sodium 6%
- Becher, Erlenmeyer, Eprouvette graduée, Entonnoir, Fiole jaugée, Tubes à essai	- DPPH (0.0025%)
- Burette graduée	- Eau distillée
- Capsules métalliques et en porcelaine	- Méthanol
- Dessiccateur	- Folin-Ciocalteu
- Etuve	- Hydroxyde de sodium (NaOH) à 0.1N
- Four	- Phénophtaléine (0,1%)
- pH mètre	- Vitamine C
- Viscosimètre	- Toluène
- Photomètre à flamme	
- Spatule	
- Support	
- Spectrophotomètre	
- Vortex	

IV.1 Préparation du matériel végétal (Caroube) :

Le matériel végétal utilisé est la gousse de caroube cultivée dans la période du mois d'Avril des caroubiers de la cité universitaire à proximité de notre faculté à Boumerdes, (**Fig.8**)

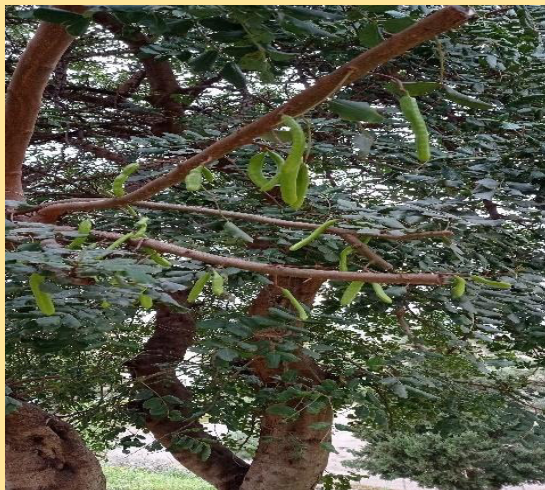


Figure 8. Le caroubier.

Les gousses de caroube cultivées ont été ramenées au laboratoire (**Fig.9**), elles sont lavées, égouttées et séchées à l'aide d'un papier absorbant, puis les gousses sont manuellement égrenées, torréfiées dans une étuve de séchage (Memmert) à différentes températures et différents temps, puis broyées dans un broyeur mixeur (Heidolf) et enfin tamisées afin d'obtenir une granulométrie plus au moins homogène.



Figure 9. Obtention de la farine de caroube : **a)** gousse de caroube ; **b)** gousse égrenée ; **c)** gousse broyée ; **d)** farine de caroube.

IV.2 Détermination de l'acidité totale dans la farine de caroube :

Les acides organiques sont des produits intermédiaires de l'échange des substances, ils se forment pendant le processus respiratoire. La méthode adoptée pour le dosage de l'acidité dans la poudre de caroube est celle appliquée pour le dosage de l'acidité dans les fruits et légumes (AFNOR). Les acides sont extraits du produit trituré par chauffage avec l'eau à la température de 80°-90°C pendant 30 minutes, puis titré par une solution de soude.

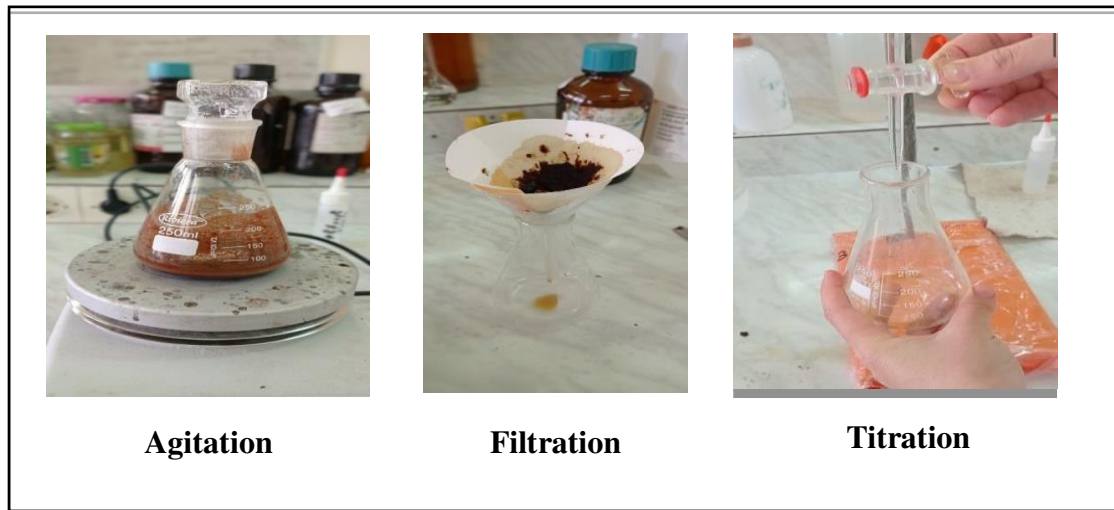


Figure 10. Quelques étapes de la méthode de détermination de l'acidité totale

La teneur (en %) en acide organique (Ac Or) est calculée comme suit :

$$\text{Ac Or \%} = \frac{100VC MV_0}{(1000mV_1)}$$

Où : **V** : est le volume de la solution de NaOH dépensé pour le tirage, en ml ;

C : est la concentration molaire de la solution de NaOH, en mol/l ;

M : est la masse molaire équivalente de l'acide organique, en ml ;

V₀ : est le volume totale de l'extrait = volume de la fiole mesurer, en ml ;

m : est la masse de la prise d'essai, en g ;

V₁ : est le volume pour l'extrait pris pour le tirage, en ml ;

IV.3 Détermination de la teneur en cendres :

Les cendres sont obtenues par calcination d'une prise d'essai du matériel végétal contenu dans des creusets en porcelaine à 550°C, dans un four à moufle pendant 4 heures, jusqu'à l'obtention d'une cendre blanchâtre à poids constant. Tous les essais ont été réalisés en triple.

La teneur en cendre est alors calculée comme suit :

$$Cd (\%) = 100(M_1 - M) / M_2$$

Où :

Cd% : Teneur en cendre en pourcent ;

M₁ : Masse de creuset avec les cendres en g ;

M : Masse de creuset vide en g ;

M₂ : Masse de la prise d'essai en g

IV.4 Dosage des éléments minéraux :

Le dosage de sodium (Na), potassium(K) et calcium (Ca) a été réalisé selon la méthode décrite pour le dosage de ces éléments dans les fruits et légumes par photométrie à flamme (AFNOR, 1980) en utilisant un photomètre type *JENWAY Analytical* Modèle PFP7 (annexe n°4).

La méthode consiste à dissoudre les cendres obtenues par incinération dans un volume de HCL à 12 %. La solution contenant les ions est pulvérisée par capillarité vers le nébuleur, les nébulisats sont entraînés vers le brûleur où une partie des ions soumis à la chaleur de la flamme passent dans un état excité. Le retour à l'état fondamental des électrons de la couche externe s'effectue avec émission caractéristique de l'ion en présence, l'intensité de l'émission est proportionnelle au nombre d'atomes retournés à l'état initial. La lumière émise est donc proportionnelle à la concentration de l'échantillon. (**Fig.11**)

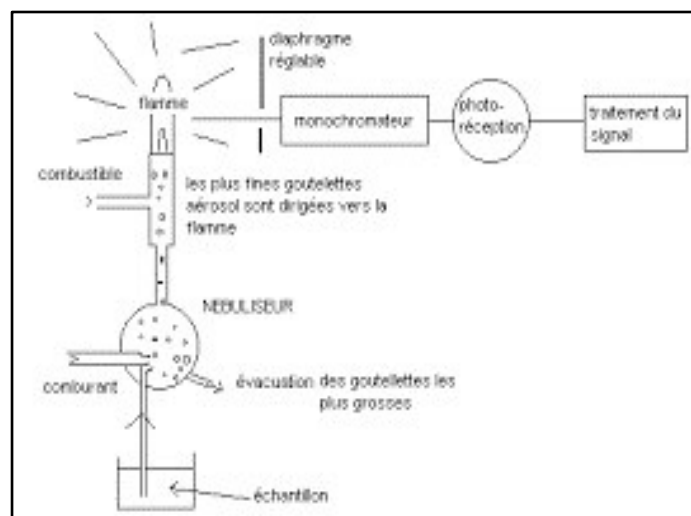


Figure 11. Schéma du principe de l'analyse par photométrie à flamme.

IV.5 Détermination de la teneur en matière sèche :

La méthode utilisée pour la détermination de la matière sèche est celle décrite par la norme FNOR (AFNOR, 1980) appliquée pour les fruits et légumes. Le principe de la méthode consiste à sécher une prise d'essai de l'échantillon mise dans une capsule métallique à 105°C dans une étuve type (*memmert*) jusqu'au poids constant, la différence des poids avant et après séchage représente la quantité d'eau libre évaporée. Tous les essais ont été réalisés en triple.

La teneur en matière sèche est déduite d'après la formule suivante :

$$MS \% = \frac{(m_2 - m)}{(m_1 - m)} \cdot 100$$

Tel que :

MS % : est la teneur en matière sèche, en pourcent ;

m₂ : est la masse de la capsule avec la prise d'essai après séchage, en g ;

m : est la masse de la capsule vide, en g ;

m₁ : est la masse de la capsule avec la prise d'essai avant séchage, en g

On déduit l'humidité relative du produit comme suit :

$$H \% = 100 - MS \%$$

IV.6 La capacité de rétention d'eau des poudres de caroube (CRE) :

La capacité de rétention d'eau des différentes poudres de caroube a été évaluée à température ambiante selon le protocole décrit par Mounir et Allaf (2017) et Mounir et al (2020).

Environ 5g de poudre de caroube était complètement immergée dans 30 ml d'eau distillée dans des tubes de centrifugation en plastique et pré-pensée, le mélange est laissé reposer 45 min à température ambiante ; ensuite, il est centrifugé à 3000 rpm/min pendant 30 min dans une centrifugeuse type (*EB A20 Hettic Zentrifuger*).

Le surnageant a été soigneusement éliminé en drainant l'échantillon, ce dernier a été pesé et la nouvelle masse est enregistré.

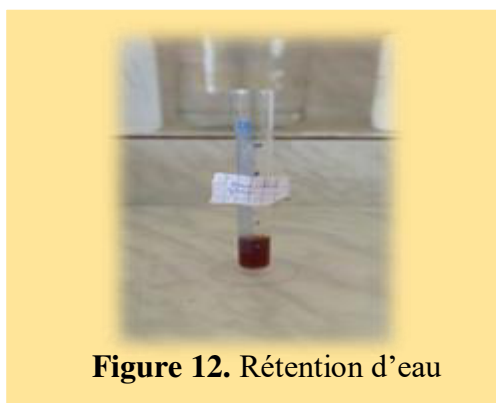


Figure 12. Rétention d'eau

La CRE est calculée selon la relation ci-dessous :

$$\text{CRE} = (\text{masse hydratée} - \text{masse sèche}) / \text{masse hydratée}.$$

IV.7 La capacité de rétention d'huile des poudres de caroube (CRH) :

La capacité de rétention d'huile (CRH) a été déterminée à température ambiante selon le protocole décrit par Mounir et Allaf (2017) et Mounir et al (2020). Un gramme de poudre de caroube a été parfaitement mélangé avec 10 ml d'huile de tournesol comestible (densité : 0.89877g/ml) en utilisant un agitateur vortex à vitesse modérée, dans des tubes à centrifugation en plastique pré-pesés. Le mélange a été laissé reposer 30 min à température ambiante puis centrifuger à 3000 rpm/min pendant 30 min dans une centrifugeuse type *EB A20 Hettic Zentrifuger*. L'huile supplémentaire était délicatement retirée et la nouvelle masse est enregistrée. CRH est exprimé en g huile/ g de poudre de caroube.



Figure 13. Rétention d'huile

IV.8 Détermination de la masse volumique des poudres de caroube :

La masse volumique des poudres était déterminée selon le protocole adopté pour la détermination de la masse volumique des poudres en utilisant un solvant inerte (qui ne soit pas absorbé par l'échantillon et qui ne réagit pas avec ce dernier).

Une prise d'essai de la poudre de caroube bien pesée (m) était introduite dans des éprouvettes graduée de 10 ml contenant un volume adéquat de toluène, le volume dégagé du toluène est enregistré comme volume de la poudre.

(v) la masse volumique est calculée en rapportant la masse au volume (m/v).



Figure 14. Détermination de la masse volumique

IV.9 Détermination de l'absorbance UV et de l'indice de brun :

L'absorbance UV et l'indice de brunissement des échantillons ont été mesurés selon la méthode rapportée par Sahin et al (2009). La dilution appropriée a été faite à l'aide de l'eau distillée, l'absorbance a été mesurée à 294 et 420 nm à l'aide de spectrophotomètre UV-Visible type (*JASCO (V-530)*), pour déterminer l'absorbance UV et l'indice de brunissement, respectivement.



Figure 15. Les extraits aqueux des poudres de caroube

IV.10 Détermination du pH :

On mesure le pH dans les extraits aqueux filtrés à l'aide d'un pHmètre (*Hanna*) munie d'une électrode combinée en verre, Le pH de la solution mesurée s'affiche sur l'acran de l'appareil après avoir plongé l'électrode en verre dans la solution à mesurer.

IV.11 Détermination de l'activité antioxydant de la poudre de caroube :

Afin d'étudier l'activité antiradicalaire des différents extraits de farine de caroube, nous avons utilisé la méthode basée sur le DPPH (1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl) comme un radical relativement stable, selon le protocole décrit par (Ghedadba et al., 2015).

La technique consiste à mettre le radical libre DPPH (de couleur violette), en présence de l'antioxydant, va être réduit et vire vers le jaune. Ce changement se traduit par une diminution de l'absorbance. La réaction de DPPH est représentée dans la figure suivante (**Fig.16**).

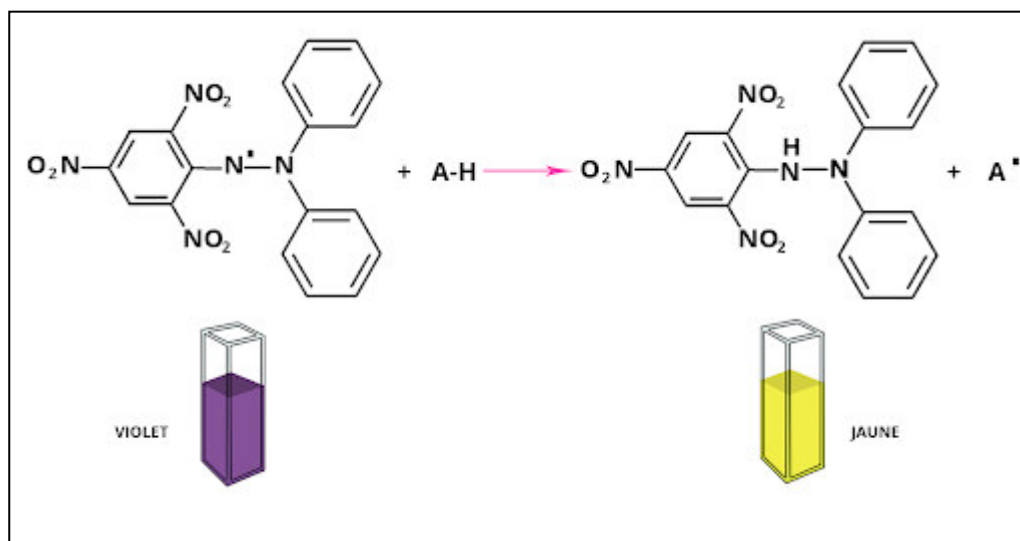


Figure 16. Mécanisme réactionnel intervenant lors du test DPPH entre l'espèce radicalaire DPPH et un antioxydant (chimiactif).

a) Préparation l'extrait méthanolique :

L'extrait méthanolique est la solution contenant le maximum des substances de la poudre de caroube ayant une activité antiradicalaire, il est préparé par la dissolution d'une prise d'essai de 2g de la poudre de caroube dans 50 ml de méthanol, le mélange est maintenu en agitation magnétique pendant 4 heure, puis filtré, l'extrait obtenu représente l'extrait méthanolique.

b) Dosage proprement dit :

La solution de DPPH a été préparée par la solubilisation de 0.0025g de DPPH dans 100ml de méthanol. 50 ul d'extrait méthanolique, ont été ajoutée à 1.95 ml de DPPH, les mélanges ont été incubés dans l'obscurité pendant 30 minutes et la décoloration est mesurée à 517 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV visible type *JASCO (V-530)*. Un contrôle négatif est préparé dans les mêmes conditions en remplaçant l'extrait méthanolique par 50 µl de méthanol. Tandis que le contrôle positif est préparé en remplaçant l'extrait méthanolique par l'acide ascorbique.



Figure 17.Réaction des extraits de caroube au DPPH, en présence du control négatif

L'activité antiradicalaire (AA) de DPPH a été calculée comme suit :

$$\%(\text{AA}) = [(A_{517} \text{ contrôle} - A_{517} \text{ échantillon}) / A_{517} \text{ contrôle}] \times 100$$

Sachant que :

$A_{517} \text{ contrôle}$: est l'absorbance du contrôle négatif

$A_{517} \text{ échantillon}$: est l'absorbance des extraits ou de la référence

IV.12 Dosage des polyphénols totaux de la poudre de la caroube :

Les polyphénols sont une catégorie de molécules organiques largement répandues dans le règne végétal et dans nos aliments, réputés pour leurs propriétés antioxydantes. Ils sont constitués d'un assemblage complexe de molécules plus petites, les phénols comportant un noyau benzénique et des fonctions hydroxyle (Anonyme, 2021).

Les phénols comprennent entre autres des phénols simples, des acides phénoliques, des coumarines, des flavonoïdes, ainsi que des formes polymérisées, tels les tanins et la lignine. Ils sont responsables à la fois de l'arôme, de la couleur et des propriétés antioxydantes des végétaux (Anonyme, 2021).

Les composés phénoliques totaux ont été estimés dans l'extrait méthanolique (dont la méthode de préparation est déjà décrite dans le paragraphe précédent) selon la méthode colorimétrique basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu. Le réactif est formé d'acide phosphotungestique ($\text{H}_3\text{PW}_{12}\text{O}_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($\text{H}_3\text{PMO}_{12}\text{O}_4$) qui sont réduits lors de l'oxydation des composés phénoliques en oxyde bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (MO_8O_3) (Singleton et Rossi, 1965). Pour le dosage des polyphénols totaux, 200ul d'extrait méthanolique sont mélangés avec 1.5 ml de réactif de Folin-Ciocalteu, après 5 min de repos 1.5 ml de carbonate de sodium 6% sont additionnés au mélange. Ce dernier est

agité au vortex, puis incubé à température ambiante et à l'abri de la lumière pendant 20 min au bout de ce temps, l'absorbance du mélange est lu à 750 nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible type *JASCO (V-530)* contre un blanc préparé dans les mêmes conditions que l'échantillon.

La teneur en polyphénol est déterminée à l'aide d'une courbe d'étalonnage d'acide gallique (AGal à 0.1 mg/ml) préparée dans les mêmes conditions que le produit (**Tab.1**).

Tableau 5. Préparation de la gamme standard de l'acide gallique.

Tube	T ₀	T ₁	T ₂	T ₃	T ₄	T ₅
A. Gallique (ml)	0	0,2	0,4	0,6	0,8	1
Eau distillé (ml)	1	0,8	0,6	0,4	0,2	0
[A.Gallique], mg/ml	0	0,02	0,04	0,06	0,08	0,1
Folin Ciocalteu (ml)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Repos 5 min						
Na₂ CO₃ (6%)	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Incubation 20 min à l'abri de la lumière						
Densité optique à 760 mn						

V. Elaboration de la crème de fourrage en substituant partiellement le cacao par la caroube :

Nous avons opté à l'élaboration d'une crème de fourrage selon la recette fournie par l'unité de fabrication en substituant partiellement le cacao par la farine de caroube torréfiée à 150°C pendant 40 minutes. Nous avons essayé d'incorporer la farine de caroube à différentes tailles de granules (160µm, 500µm, 800µm). Les viscosités dynamiques des crèmes élaborées sont mesurée à 50°C avant refroidissement et solidification à l'aide d'un viscosimètre rotatif type (*Visco basic plus*). Puis évaluée par un test sensoriel après refroidissement.

VI. Analyse sensorielle de la crème de fourrage incorporée de caroube :

Cette analyse a pour but d'évaluer les qualités organoleptiques des crèmes dont le cacao est partiellement substitué par la farine de caroube torréfiée et à différentes granulométries, en se basant sur l'appréciation d'un jury d'évaluation des propriétés sensorielles.

L'analyse sensorielle regroupe l'ensemble des informations recueillis par les organes de sens. Elle détermine l'attrait qu'exerce les caractères organoleptique sur le consommateur qui provoque des réactions plus au moins vives de désir ou de rejet (Bauer, 2010).

Le test est réalisé sur trois échantillons de crème (chacune incorporée de farine de caroube de grosseur variable (comme il a été déjà indiqué), sur leurs aspects de couleur, gout, rugosité et texture par mastication. Les échantillons codés sont présentés à 15 panélistes qui notent des scores pour chaque attribut (annexe n°3). Les résultats de l'analyse sont estimés par le Quick rank de Kramer (Kramer, (1961) au seuil de probabilité de 5% (annexe n°2): la crème A est incorporée de farine fine (160 μ m); la crème B est incorporée de farine moyenne (500 μ m) et la crème C est incorporée de farine grosse (800 μ m).

VII. Essai d'élaboration d'un biscuit au chocolat par substitution du cacao par la farine fine (160 μ M) de caroube

Cet essai a été réalisé à l'unité de fabrication des biscuits selon la recette fournie par l'unité, en substituant le cacao et le sucre par la farine de caroube torréfiée à 150°C issue du tamis de 160 μ m. On note que la quantité du sucre ajoutée a été réduite de 10% par rapport à la recette de l'unité de fabrication utilisée pour les biscuits de cacao.

Après cuisson, les biscuits sont refroidis et analysés en mesurant leurs textures à l'aide d'un duromètre type (Shore hardness tester HT-65 10A).

RÉSULTATS ET DISCUSSION

I. Caractéristiques physico-chimique des matières premières de la fabrication des biscuits :

Tableau 6. Analyses physico chimiques de la matière première en biscuiterie.

paramètres physico-chimiques	Résultats	Normes	Référence
Taux de gluten (Gluten sec)	Farine : 11.78 %	11 – 15 %	CODEX STAN 289-1983
Humidité	Farine : 9.25 %	8 – 10 %	CODEX STAN 298-1983
	Sucre : 0.20 %	≤ 0.6 %	CODEX STAN 298-1983
	Lait en poudre : 2.13 %	≤ 5 %	CODEX STAN 212-1999
Matière grasse	Lait en poudre : 24 %	≤ 26 %	CODEX STAN 212-1999
Acidité titrable	Lait en poudre : 16 %	≤ 18 %	JO N° 9 2012
Indice d'acide	La graisse végétale : 0.19 %	0.22 %	
Acide lactique	Lactosérum : 15° D	16° D	
Indice de peroxyde	Graisse végétale : 1.78 méq /Kg	8.16 méq/Kg	JO N°64-2011
pH	Lactosérum : 7.13	> 6	JO N° 9 2012
	Graisse végétale : 8.2	8 à 10	JO N° 9 2012
Point de fusion	37 ° C	36 à 40° C	CODEX STAN 212-1983

D'après les résultats du tableau ci-dessus (Tab.6), les résultats de toutes les analyses effectuées étaient dans les normes. La farine est un élément essentiel et variable qui entre dans sa composition des matrices céréalières. Les farines biscuitières sont des farines ayant des caractères bien définis (comme une faible teneur en minéraux) mais les blés biscuitiers sont à l'heure actuelle trop peu cultivés ce qui rend les farines issues de leur transformation trop chère au regard de leur utilisation. Par conséquent les industriels biscuitiers fabriquent leurs matrices en utilisant la farine de blé tendre usuelle mais pour laquelle ils doivent continuellement adapter leur fabrication. Les valeurs trouvées dans le tableau ci-dessus, répondent aux formulations adoptées par l'unité. Notamment le taux de gluten qui est de

l'ordre 11,78% est généralement usuel en farine des biscuits ; contrairement aux pates et pains, le réseau de gluten dans les biscuits nécessite un minimum de développement, comme il a été rapporté par Sarabhai et ces collaborateurs (Sarabhai et al., 2017), la texture des biscuits cuits au four est principalement attribuée à la gélatinisation de l'amidon et au sucre surfondu plutôt qu'à une protéine / amidon. La teneur en eau est aussi un paramètre important ; il joue rôle dans la conservation de la matière et détermine la quantité d'eau à ajouter dans la farine, elle est de l'ordre de 0,2% dans le sucre et 2,13% dans le lait en poudre.

La matière grasse du lait en poudre est de l'ordre de 24 %, son apport améliore la texture et le gout du biscuit, tandis que le lait contribue à la coloration du biscuit. Le lactosérum incorporé est le lactosérum doux, son pH est de l'ordre de 7,13 et son acidité est de l'ordre de 15°D, sachant que l'acidité du lactosérum doux varie de 15 à 22°D (FAO, 2002).

II. Caractéristiques physico-chimiques de la poudre de caroube :

Tableau 7. Analyses physico chimiques de la poudre de caroube

Paramètre	Valeur
Cendres	2,4 ± 0.828
Matière sèche (MS %)	88,64 ± 2.963
Humidité (H%)	11,36 ± 2.963
Acidité (%)	0,097
Ca	0,50
Na	0,02
K	0,59

La composition chimique de la pulpe de caroube varie selon les facteurs génétiques, environnementaux, les facteurs climatiques et la saison de récolte. Le type de plante (mâle, femelle ou hermaphrodite) et le cultivar influencent de manière significative la composition chimique et les activités biologiques de la pulpe de caroube (Brassesco et al., 2021).

Les résultats obtenus dans le tableau ci-dessus, montrent que l'acidité de la poudre de la caroube cultivée est d'ordre de 0,0967 %, cette valeur est très faible mais acceptable étant donné que les acides organiques sont présents en traces dans la pulpe de caroube.

La teneur en matière sèche qui est de l'ordre de 88,64% et qui correspond à 11,36% d'humidité, concorde avec les valeurs rapportées dans la littérature par Maier et al. (1993), 10 à 13 % d'humidité (90 à 87 %MS) et 6 à 11% d'humidité rapportée par Brassesco et al.,

(2021). L'augmentation des températures de torréfaction a entraîné une réduction significative de la teneur en eau dans la poudre de caroube (1,19%) ces résultats sont plus élevés que ceux rapporté par Sahin et al., (2009).

Ces variations pourraient être attribuées à la variété du fruit, au stade de maturation pendant la récolte ainsi qu'aux conditions de broyage et de torréfaction. Cependant l'obtention d'une faible teneur en eau de la poudre de caroube pourrait minimiser la taille des particules en améliorant le broyage et en obtenant de petites particules, la faible teneur en eau pourrait également expliquer la stabilité de la poudre et prolonger la durée de conservation du produit.

Dans la présente étude, la teneur en cendre de la poudre de caroube est de 2,4%, cette valeur est comprise dans l'intervalle rapporté par Khalifa et al., (2013) qui se situe à la limite de 2 à 3,4 %, les cendres obtenues sont grises blanchâtres et ne présentent aucune couleur particulière (**Fig.18**).

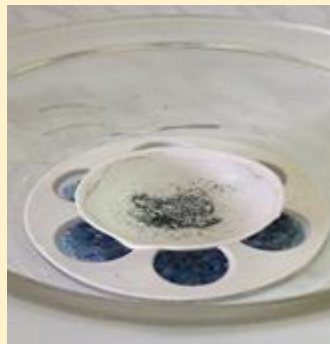


Figure 18. Les cendres

Etant connu que le potassium, le calcium, phosphore et magnésium sont les minéraux les plus abondants dans la caroube (Brasseco et al., 2021), ces auteurs ont enregistré des teneurs allant de 285,5 à 480,0 mg/100g de calcium ce qui équivaut à une tasse de lait de vache, 824,0 à 1010,9 mg/100g de potassium et 8,5 à 60,8 mg /100g de sodium. Dans nos résultats, la teneur en calcium est légèrement supérieure à celle rapportée dans la littérature (550 mg/100g), et inférieure pour le potassium (590 mg/100g) et 20% pour le sodium, cette dernière valeur correspond à ce qui a été cité dans la littérature.

III. Influence de la torréfaction sur les caractéristiques physiques des farines de caroube :

III.1 Capacité de rétention d'eau (CRE) et d'huile (CRH) dans les farines de caroube selon leurs granulométries.

La capacité de rétention d'eau (CRE) est l'un des principaux paramètres qui décrivent les propriétés de reconstitution des poudres alimentaires. Une variation significative dans la CRE a été observé entre les poudres de caroube torréfiées et non torréfiées dans les travaux de Mounir et al., (2021) tel qu'ils ont cité que la CRE varie de 81,3 et 86,8 % de farine torréfié contre 82 % de poudre non torréfiés. D'après ces même auteurs, la CRE de la poudre de caroube torréfiée est significativement influencée par la pression de vapeur saturante ; plus la pression de vapeur saturée est faible, plus la CRE de farine est faible, ceci est peut être lié au ramollissement de la texture et la dégradation des fibres. Ainsi, la torréfaction peut conduire à la conversion de certaines fibres alimentaires insolubles (IDF) en fractions solubles (SDF). Une telle conversion permettrait la redistribution de ces fibres et briser les liens faibles entre les chaînes polysaccharidiques, assurant la rupture des glycosides en polysaccharides de fibres alimentaires. Désormais, la modification de l'architecture fibre-matrice peut conduire à la solubilisation des fibres initialement insolubles.

L'augmentation des fibres solubles et la diminution des fractions insolubles peuvent réduire le CRE. La capacité de rétention d'huile (CRH) de la poudre de caroube torréfiée était significativement supérieure à celle de la poudre de caroube non torréfiée. L'augmentation de CRE peut être due à la densité globale et le comportement de surface de la poudre de caroube torréfiée, en particulier hydrophobie de surface résultant de la dénaturation des protéines dans des conditions sévères de torréfaction (Mounir et al., 2021).

D'après la figure n°19, la rétention d'eau et d'huile augmentent avec l'augmentation de la granulométrie de la poudre de caroube, tel que : CRE dans la farine fine est 0,61%; 0,66 % dans la farine moyenne et 0,69 % dans la farine grosse ; Tandis que CRH est e 0,53% dans la farine fine, 0,58 % dans la farine moyenne et 0,60 % dans la grosse farine.

Nous estimons que la capacité de rétention d'eau est plus élevée que la rétention d'huile.

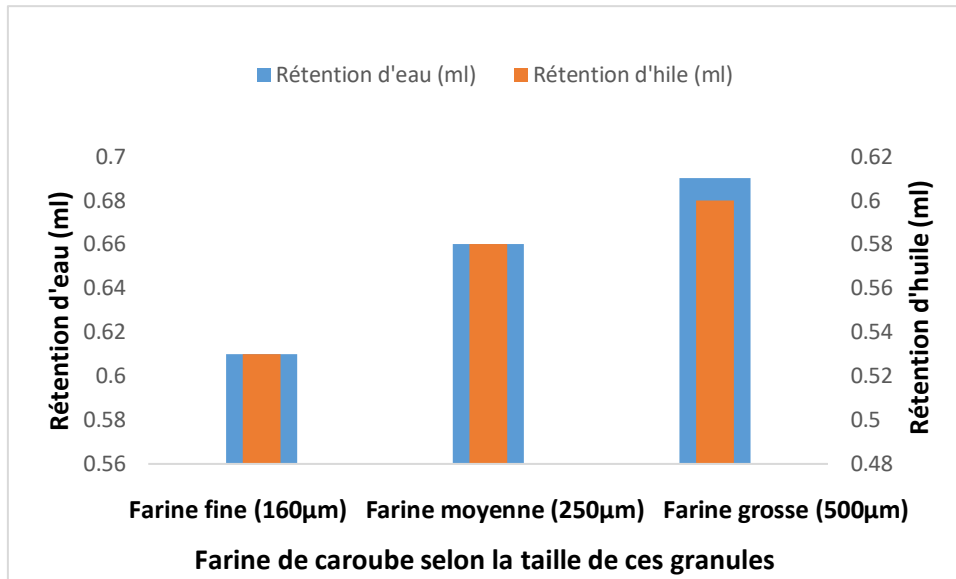


Figure 19. Rétention de l'eau et de l'huile par la farine de caroube

III.2 Influence de la torréfaction sur le taux d'expansion et la masse volumique des farines.

Le taux d'expansion relatif des farines de caroube torréfiées reflète le comportement des granules de la Torréfaction. Mounir et al., (2015) ont montré que les conditions sévères de torréfaction de pois chiche australien a entraîné une augmentation du volume de grain d'environ 1,5 fois plus élevé que le pois chiche non rôti. La densité apparente de la poudre de caroube pourrait influencer le stockage, manipulation et son utilisation finale dans les formulations des aliments.

D'après les résultats obtenus (Fig.20), nous constatons que la masse volumique des farines augmente en fonction du temps de chauffage et en fonction de la température. Ce qui vérifie les travaux de Mounir et al., (2021).

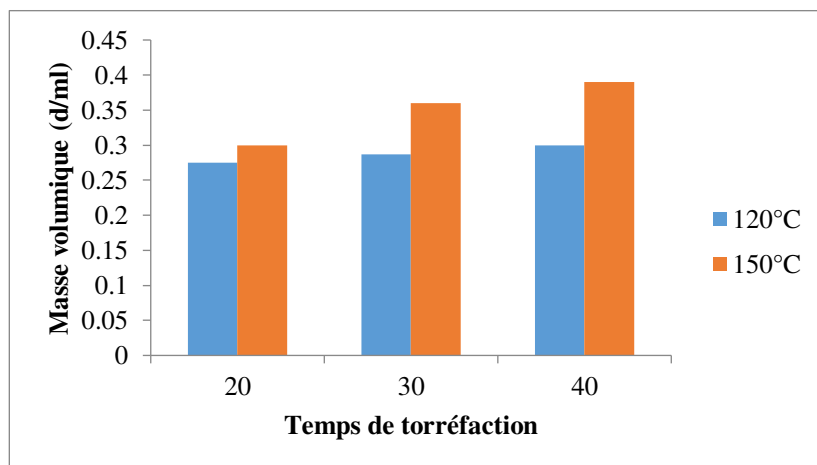


Figure 20. Evolution de la masse volumique des farines en fonction du temps et température de torréfaction.

III.3 Influence sur le pH.

D'après les courbes de la figure n° 21, les valeurs du pH ont diminué après 20 minutes de chauffage dans les deux températures (120°C et 150°C). Toutes fois après 40 minutes le pH augmente à 120°, cette augmentation en fonction du temps de chauffage avec les résultats de Benjakul et al., (2005) qui ont rapporté qu'il y'avait une réduction des valeurs de pH en augmentant les températures de torréfaction, ainsi que Davideck et al., (2006) qui ont attribué cette réduction à la formation des produits acides de la réaction de Maillard.

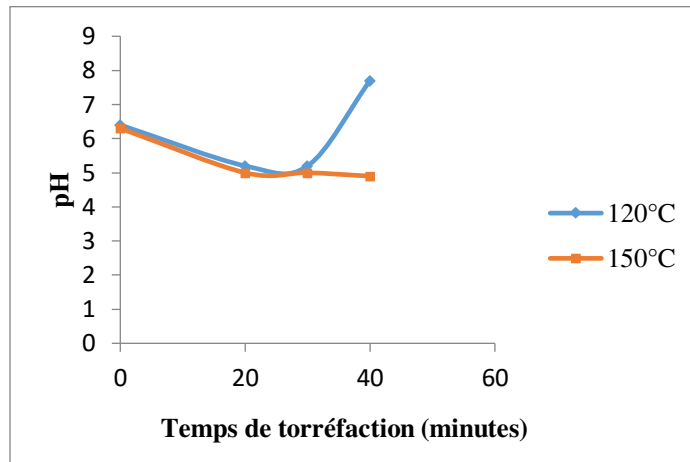


Figure 21. Influence du temps et de la température de torréfaction sur le pH des farines de caroube.

III.4 Variation de l'absorbance UV à 294 nm et visible à 420nm :

Les changements de l'indice de brunissement (IB) mesuré par l'absorbance de l'extrait aqueux à 420 nm et de l'absorbance dans l'UV à 294 nm des échantillons lors de la torréfaction à 120°C et 150°C en fonction du temps de torréfaction sont représentés dans les figures n°22 et 23. On observe une augmentation sensible de l'absorbance à 294 nm et 420 nm en fonction de la température et du temps du chauffage.

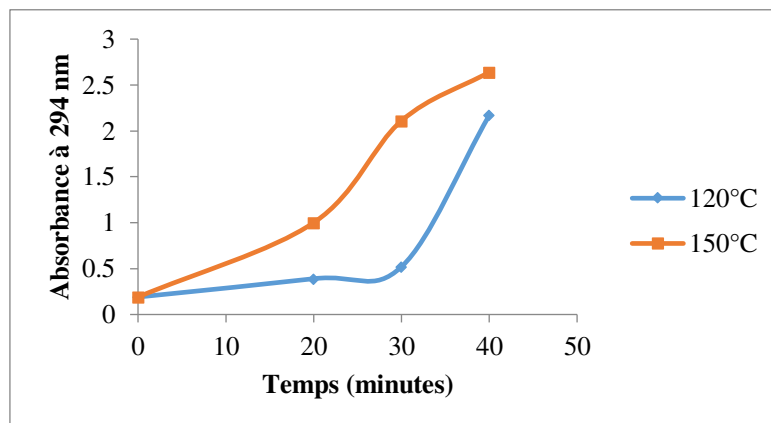


Figure 22. Evolution de l'absorbance UV (294 nm) en fonction du temps et la température

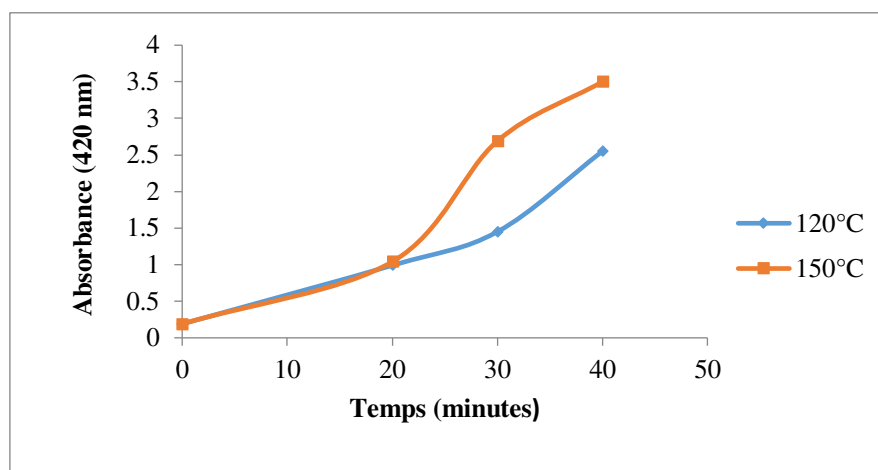


Figure 23. Evolution de l'absorbance visible (420 nm) en fonction du temps et la température.

Dans la solution modèle de Maillard de brunissement non enzymatique, la réaction des sucres avec les acides aminés conduit principalement à la formation de produits absorbant dans le domaine de l'UV, avec un maximum d'absorbance autour de 280–294 nm (Sahin et al., 2009). Par conséquent, la progression de la réaction de Maillard est généralement accompagnée d'une forte augmentation de l'absorbance UV à 294 nm. Dans une matrice alimentaire complexe comme la poudre de caroube, les composants phénoliques peuvent augmenter l'absorbance de Maillard à 294 nm. De plus, le IB qui est l'absorbance visible à 420 nm est un indicateur du développement du brunissement dans l'étape finale de la réaction de brunissement (Sahin et al., 2009). Dans la réaction de Maillard, absorbance UV à 294 nm est principalement causée par des hétérocycles de bas poids moléculaire, alors que les produits avec une absorbance à 420 nm sont plutôt mélanoidines de haut poids moléculaire (Sahin et al., 2009).

III.5 Variation de l'activité antioxydant (AA %) en fonction du temps et le température :

L'activité antioxydante des échantillons a augmenté avec l'augmentation de la température et du temps de torréfaction, lorsque la température de torréfaction est passée de 120 à 150°C le AA% des échantillons de la poudre de caroube a augmenté d'environ 10 % (**Fig.24**) Néanmoins, le temps de torréfaction s'est avéré être un facteur critique dans la détermination de la AA % globale des échantillons. Diverses méthodes ont été utilisées pour contrôler et comparer l'activité antioxydante des aliments et différentes méthodes donnent des tendances d'activité antioxydantes différentes (Pellegrini et al., 1999).

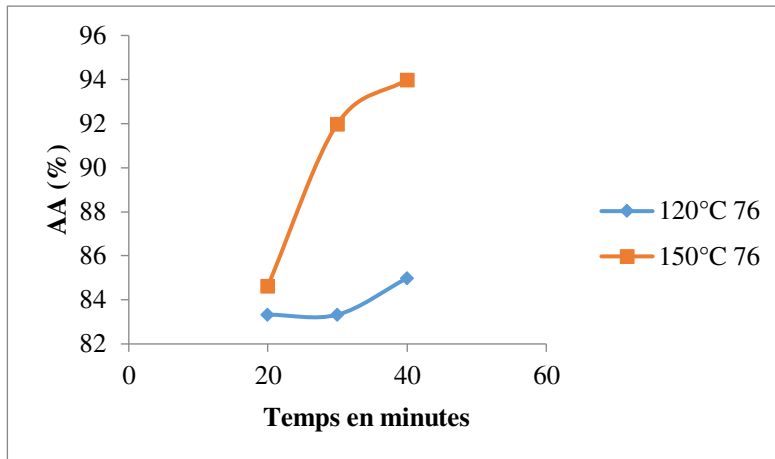


Figure 24. Evolution de l'activité antioxydante dans les farines de caroube.

III.6 Variation de la teneur en polyphénols en fonction du temps et la température de torréfaction

D'après la courbe de la figure n°25 nous constatons que la teneur en polyphénols augmente sensiblement en fonction de la température et en fonction du temps de chauffage. Il a été rapporté que la teneur des composés phénoliques dans les produits alimentaires diminue avec le traitement à températures élevée ; cependant, certaines études n'indiquent également aucun changement significatif ou même une certaine augmentation des polyphénols totaux en particulier dans le étapes initiales du processus de chauffage ou de torréfaction (Sahin et al., 2009). Le réactif de Folin-Ciocalteu détecte tous les groupements phénoliques présents dans les échantillons, et peut détecter aussi les composés phénoliques naturels à structure phénolique nouvellement formés lors de la torréfaction. Par conséquent, une telle augmentation des polyphénols totaux dans les poudres de caroube pourraient s'expliquer au moins en partie par la formation des produits nouveaux à structure de phénolique pendant le processus de torréfaction.

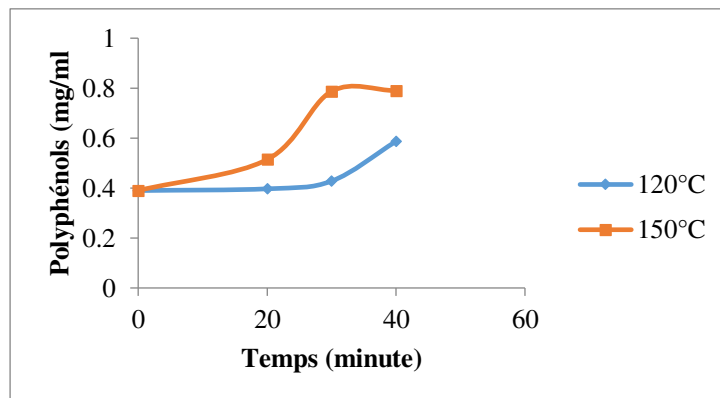


Figure 25. Variation de la teneur en polyphénols en fonction du temps et de la température de torréfaction

IV. Analyse sensorielle des crèmes élaborés par substitution du cacao par la caroube :

Les crèmes élaborées sont représentées par la figure n°26 :



Figure 26. Les crèmes à base de caroube en différentes granulométries.

- L'analyse sensorielle montre que les crèmes A et B présentent statistiquement une rugosité différente au seuil de probabilité de 0,05 % somme des rangs en dehors de l'intervalle de la table de Kramer pour 15 panelistes et 3 échantillons compris entre 23 et 35. Par ailleurs les panélistes évaluent le produit C plus granuleux par rapport aux produits B et au produit A (**Fig.28**).
- L'astringence dans les produits B et C est statistiquement identique au seuil de probabilité de 0,05%, par contre l'astringence dans le produit A est statistiquement différente des produits B et C, son intensité dans le produit A est moins importante que dans les produits B et C.
- L'intensité dans du gout sucré dans les trois produits est significativement différente au seuil de probabilité de 0,05%, la somme des rangs des trois produits est supérieure à 35. Par ailleurs cette intensité est jugée plus importante dans le produit C.
- Les trois produits se caractérisent par le gout du chocolat, dont l'intensité est significativement différente, néanmoins les moyennes des scores qui varient de 5,11 à 5,98 montrent que ces produits sont positivement évalués par les panélistes tout en favorisant le produit A par rapport au produit B et C.
- L'intensité du gout du caroube est moins importante que celle du chocolat (moyenne des scores varie entre 2,87 et 4,97). L'intensité du gout de caroube est significativement différente dans les trois produits.
- La couleur du produit A est plus foncé que le produit B et C évalués par les panélistes
- Les trois produits A, B et C sont statistiquement atypiques au seuil de 0,05% de probabilité, Néanmoins le produit A représente une typicité plus rapprochée par rapport au crèmes de cacao habituellement consommées par les panélistes.

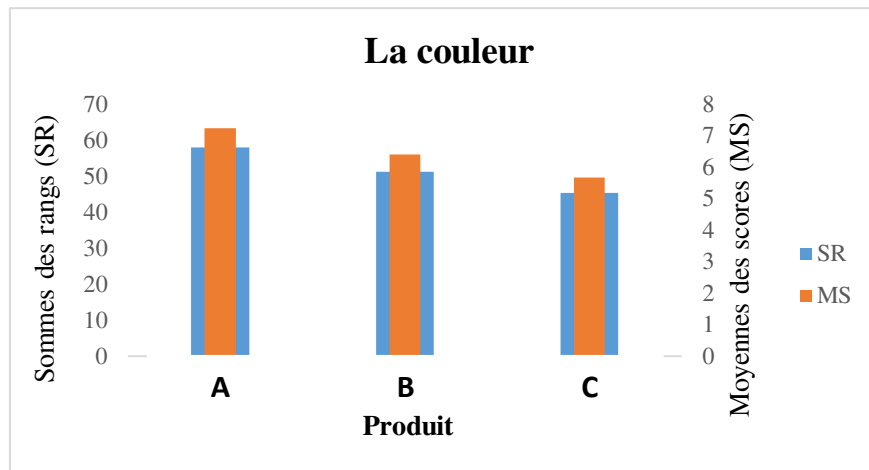


Figure 27. Analyse sensorielle de la couleur des crèmes.

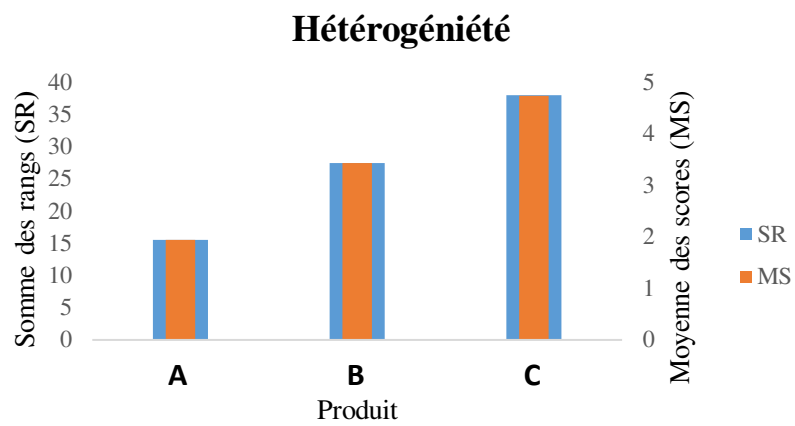


Figure 28. Test sensoriel sur l'homogénéité des crèmes.

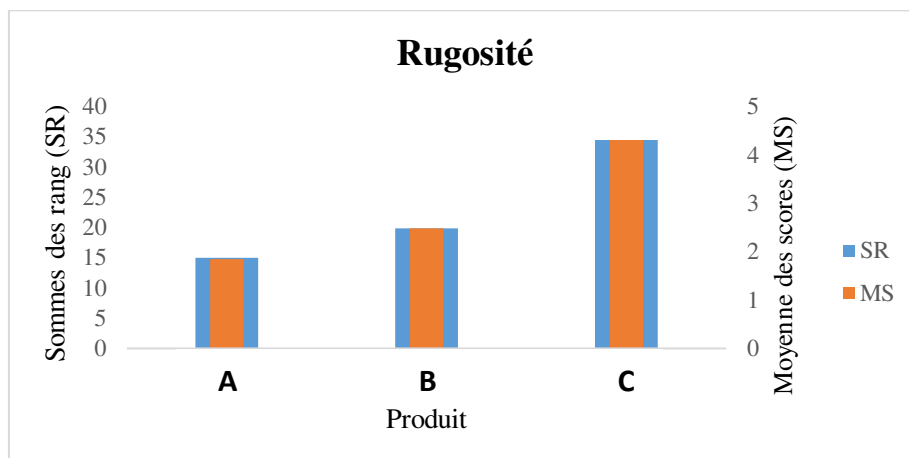


Figure 29. Appréciation sensoriel de la rugosité des crèmes.

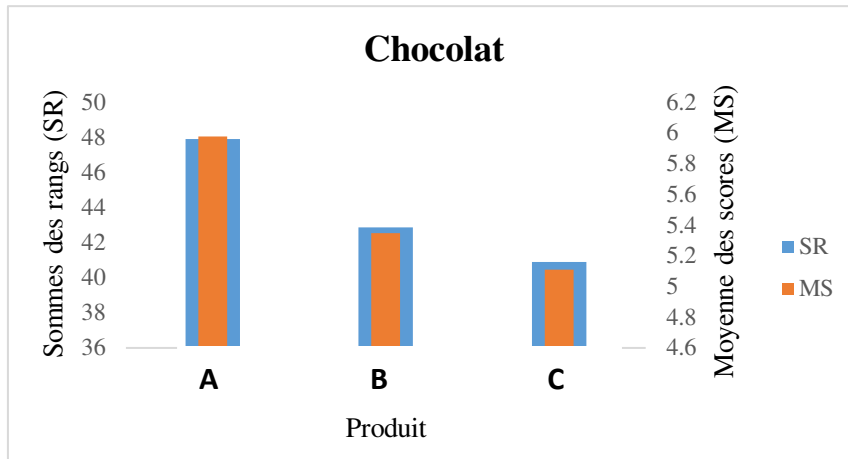


Figure 30. Analyse sensorielle du goût au chocolat des crèmes

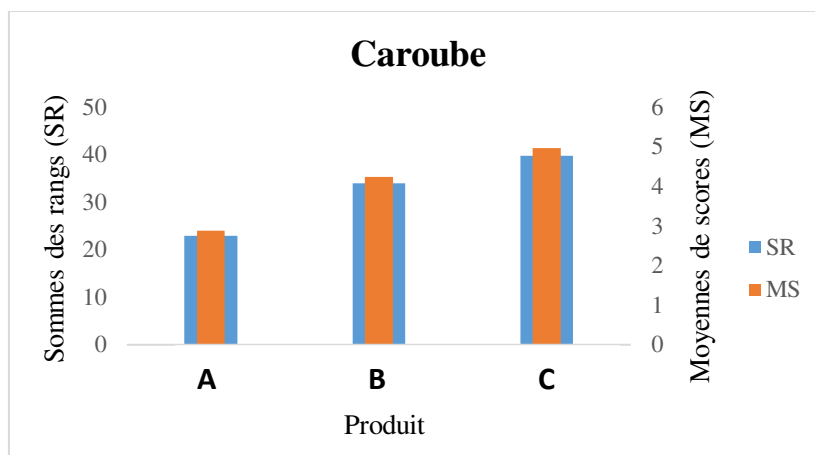


Figure 31. Analyse sensorielle du goût à la caroube

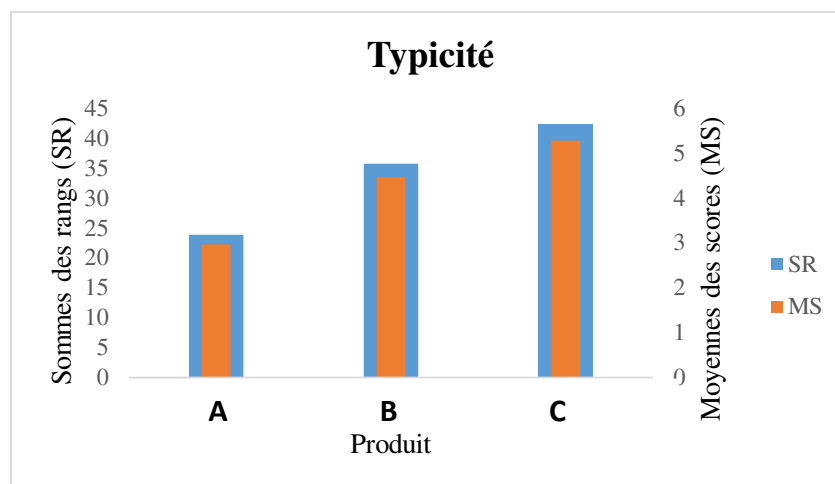


Figure 32. Analyse sensorielle de la typicité des crèmes.

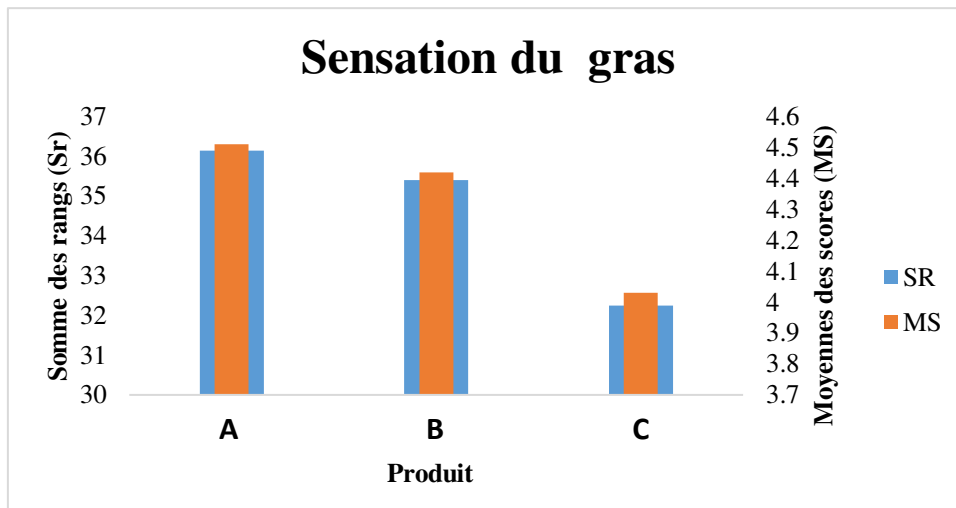


Figure 33. Analyse sensorielle du goût à la matière grasse

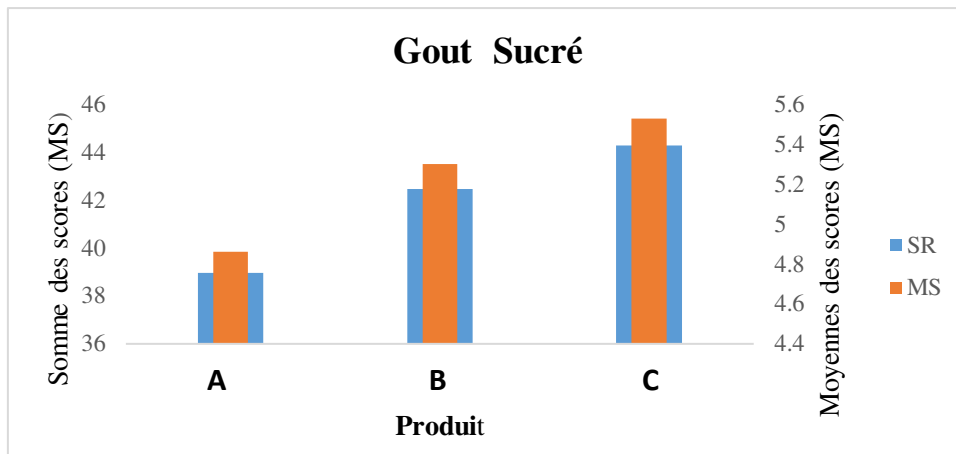


Figure 34. Analyse sensorielle du goût de sucre.

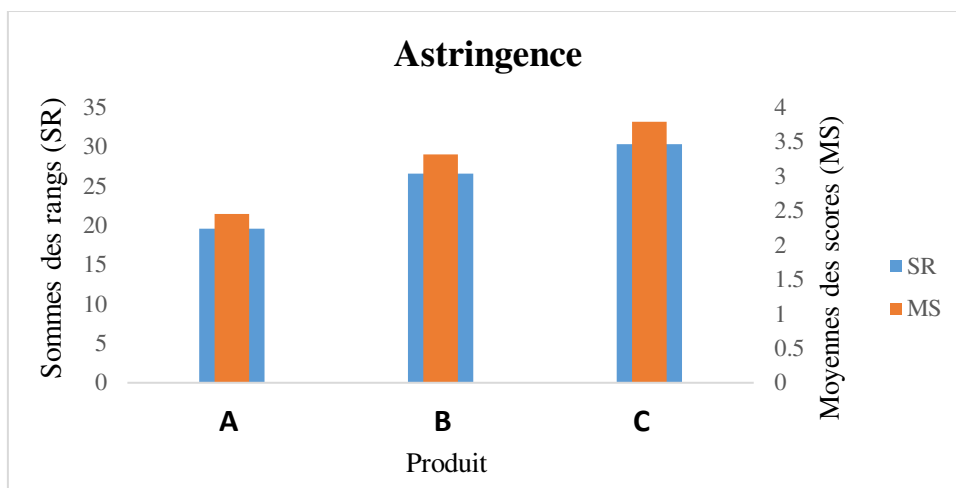


Figure 35. Analyse sensorielle de l'astringence des crèmes.

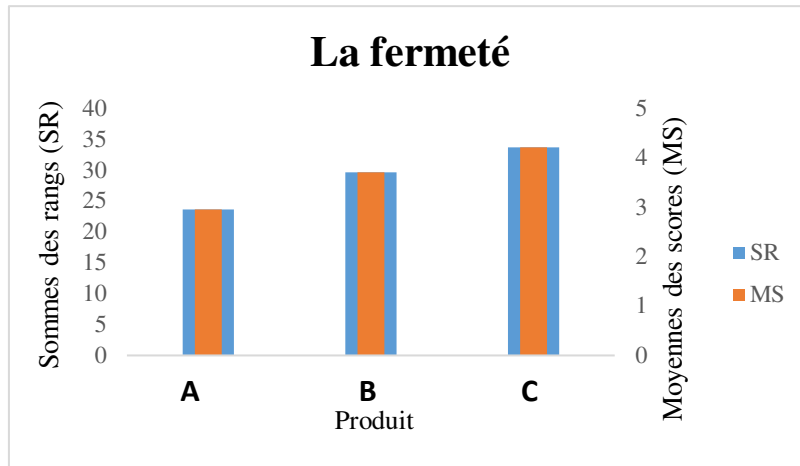


Figure 36. Analyse sensorielle de la consistance (la Fermeté) des crèmes.

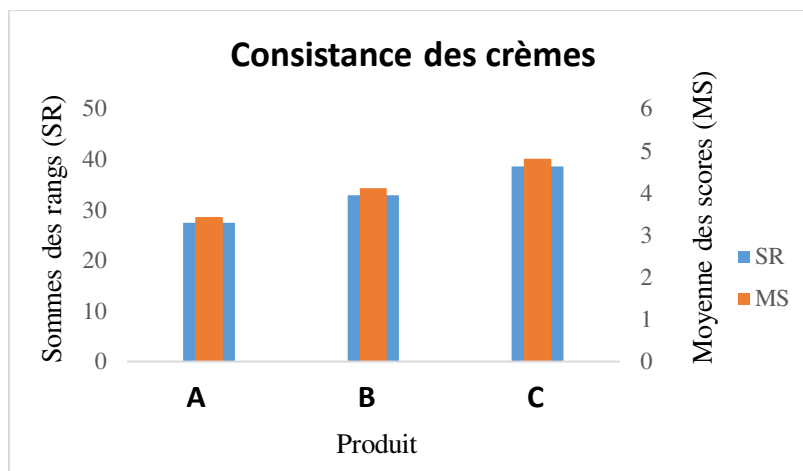


Figure 37. Analyse sensorielle de la consistance des crèmes

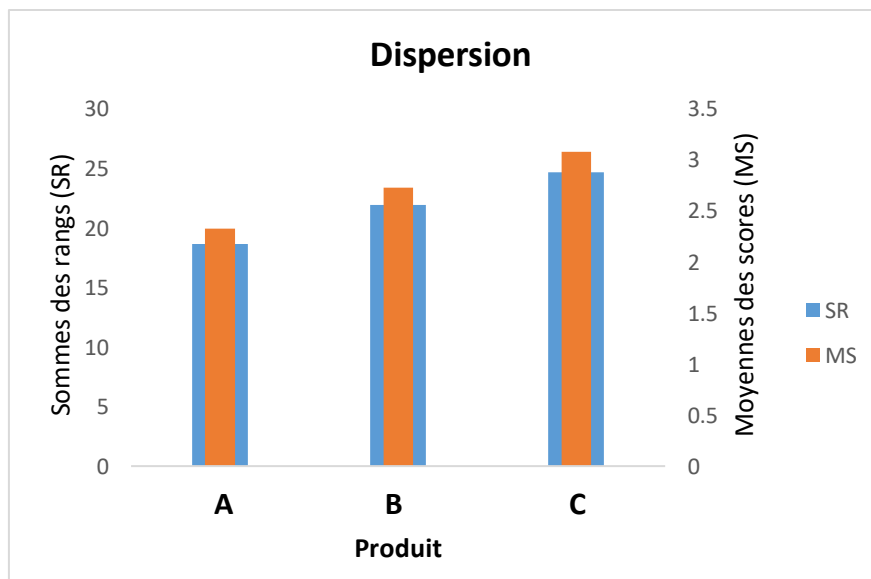


Figure 38. Analyse sensoriel de la dispersion des crèmes.

Tableau 8. Moyenne des rangs (MR) et somme des scores (SC).

Attribut \ Produit	A		B		C	
	SR	MS	SR	MS	SR	MS
Couleur	57,98	7,24	51,22	6,4	45,45	5,68
Hétérogénéité	15,53	1,94	27,49	3,43	37,98	4,74
Rugosité	15	1,84	19,84	2,48	34,46	4,3
Gout Chocolat	74,91	5,98	42,87	5,35	40,92	5,11
Gout Caroube	23	2,87	33,99	4,24	39,76	4,97
Typicité	23,81	2,97	35,74	4,46	42,30	5,28
Sensation du gras	36,15	4,51	35,41	4,42	32,24	4,03
Intensité du sucré	38,95	4,86	42,47	5,30	44,28	5,53
Astringence	19,61	2,45	26,56	3,32	30,33	3,79
Consistance	23,68	2,96	29,71	3,71	33,76	4,22
Aspect crémeux	27,44	3,43	32,98	4,12	38,58	4,82
Dispersion	18,64	2,33	21,91	2,73	24,7	3,08

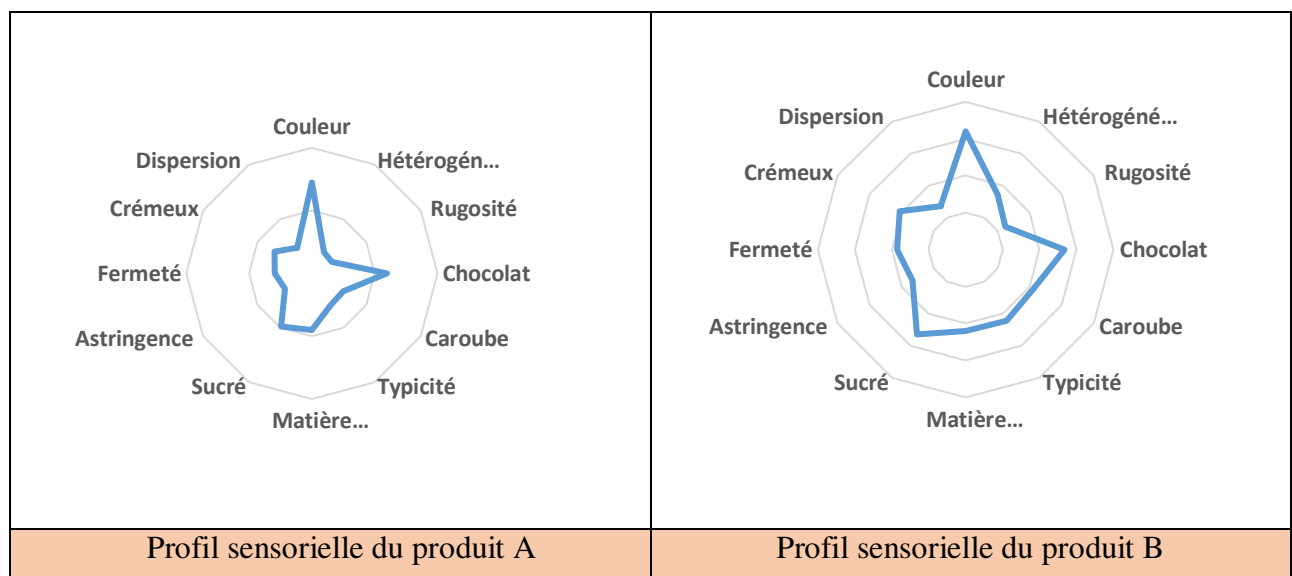
V. Profil sensoriel des trois produits

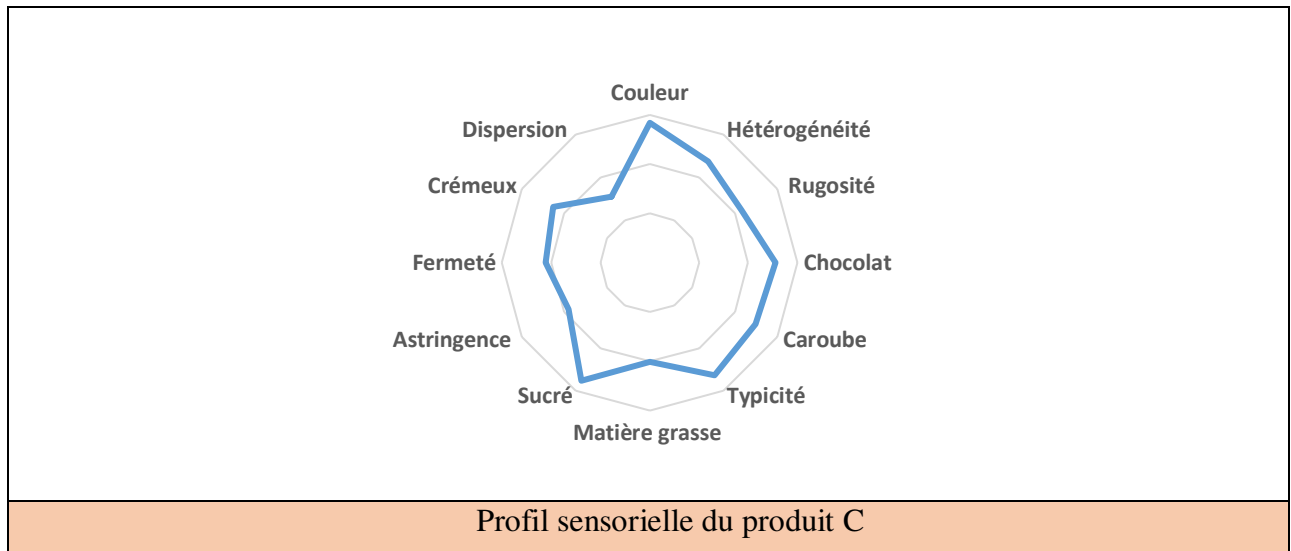
En effet les caractéristiques sont bien claires dans la figure du profil sensoriel présentée par l'étoile d'araignée (Figure ci-dessous).

On constate que le gout du chocolat est dominant dans les trois produits, avec une intensité plus importante dans le produit A, dont l'intensité du gout de caroube est la moins importante.

L'intensité du gout sucré est dominante dans les trois produits, avec une astringence négligeable dans le produit A et importante dans le produits C.

Tableau 9. Profil sensoriel des produits A, B et C.





Viscosité des crèmes élaborées.

On constate dans cette étude préliminaire que la viscosité des crèmes à 50°C augmente avec l'augmentation des tailles des granules (**Tab.10**). Cette augmentation peut être expliquée par la granulométrie de la farine utilisée. Dans le test sensoriel le produit A est estimé le moins crémeux à 50°C ; des études plus approfondie sont souhaitables pour confirmer l'influence de la granulométrie sur la viscosité de la crème. La figure n°38 montre l'allure de la crème élaborée incorporée par la farine fine de caroube à température ambiante. Dans la figure 39 les biscuits fourrés par la crème A sont montrés.

Tableau 10. Viscosités des crèmes à 50°C.

Produit A	Produit B	Produit C
5220 Pas/s	6400 Pas/s	7300 Pas/s



Figure 39. Crème élaborée en substituant le cacao par la farine fine du caroube



Figure 40. Assemblage des biscuits Palmmary par la crème incorporée de la farine fine de caroube

VI. Allure du biscuit élaboré en incorporant la farine fine de caroube

La figure 40 montre l'allure des biscuits élaborés par la farine fine de caroube. La dureté des biscuits est de l'ordre de $24,03 \pm 4.21U$. Nous avons constaté que l'application du temps de cuisson des biscuits au cacao donne des biscuits de farines de caroube trop cuits, toutes fois nous suggérons que le temps de cuisson des nouveaux biscuits doit être optimisé.



Figure 41. Biscuit sec incorporés de farine de caroube

CONCLUSION

Conclusion

Les tendances actuelles d'un mode de vie sain pour la promotion de la santé et la prévention des maladies ont conduit l'industrie alimentaire à rechercher des produits alimentaires innovants et bénéfiques pour la santé basés sur des sources naturelles et bas prix.

La caroube présente un substitut de cacao idéal, car elle contient divers composés phytochimiques similaires à ceux que l'on trouve dans le cacao. En fait, la poudre de caroube présente certains avantages par rapport au cacao. La poudre de caroube contient moins de matières grasses et des quantités significativement plus élevées de fibres alimentaires par rapport au cacao.

Dans cette présente étude, nous avons mis en évidence la possibilité de substitution partielle du cacao par la farine torréfiée de caroube dans l'élaboration des biscuits et les crèmes de fourrage au gout du chocolat. La farine de caroube se caractérisait par une humidité de 11,36 %, cette valeur a été réduite à 1,19 après torréfaction ; la teneur en calcium et en potassium est très élevée dans la farine de caroube.

L'influence du temps et la température du chauffage a été étudiée ; les paramètres choisis sont le pH, l'activité antioxydante et la teneur en polyphénols, l'étude a montré que ces derniers augmentent avec l'augmentation de la température et le temps de chauffage.

L'influence de la taille des granules sur la qualité de la crème a été évaluée en déterminant la viscosité et par un test sensoriel sur l'aspect de la texture par sensation à la bouche, rugosité, couleur, l'aspect crémeux, le gout et consistance. L'analyse statistique du test sensoriel a montré que la crème élaborée par la farine torréfiée de 160 μ m est la plus appréciée par les panélistes. Le profil sensoriel des crèmes élaborées montre la dominance du gout du chocolat et la couleur du cacao dans les produits.

L'élaboration des biscuits à base de farine de caroube est une tentative prometteuse, d'autres études sont nécessaires pour la mise au point des conditions d'élaborations de tels biscuits.

References bibliographiques

A

Ayaz FA, Torun H, Glew RH, Bak ZD, Chuang LT, Presley JM, Andrews R (2009) Nutrient content of carob pod (*Ceratonia siliqua* L.) flour prepared commercially and domestically. *Plant Food Hum Nutr* 64:286–292.

Ali-Delille L (2010). *Les plantes médicinales d'Algérie*, vol 82. Berti Editions

Avallone R, Cosenza F, Farina F, Baraldi C, Baraldi M (2002) Extraction and purification from *Ceratonia siliqua* of compounds acting on central and peripheral benzodiazepine receptors. *Fitoterapia* 73:390–396

AFNOR

B

Bajerska J, Mildner-Szkudlarz S, Górnas P, Seglina D (2016) The effects of muffins enriched with sour cherry pomace on acceptability, glycemic response, satiety and energy intake: a randomized crossover trial. *J Sci Food Agric* 96:2486–2493. <https://doi.org/10.1002/jsfa.7369>

Bernardo-Gil MG, Roque R, Roseiro LB, Duarte LC, Girio F, Esteves P (2011) Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). *J Supercrit Fluids* 59:36–42

Barroso LS, de Oliveira VR, Garcia AV, Doneda D, Ouriques LA, Vieira MM (2015) Physicochemical and sensory evaluation of sandwich cookies made with carob. *Adv J Food Sci Technol* 9(4):290–295

Baston O (2016) Production and analysis of *Ceratonia siliqua* L. Powders *Ann Food Sci Technol* 17:50–54

Bernardo-Gil MG, Roque R, Roseiro BL, Duarte LC, Girio F, Esteves P (2011) Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). *J Supercrit Fluids* 59:36–42

Brassesco, M.E; Brand M.T; . Silva L.M.; , PintadoM.; (2021) Carob bean (*Ceratonia siliqua* L.): A new perspective for functional food . *Trends in food science et technology*, 114, 310-321.

Bauer, W.; Badoud, R.; Loliger, J.; Etournaud, A. (2010) *Science et technologie des aliments. Principes de chimie et des constituants et de technologie des procédés.*

C

Craig WJ, Nguyen TT (1984) Caffeine and theobromine levels in cocoa and carob products. *J Food Sci* 49(1):302–303. <https://doi.org/10.1111/j.1365-2621.1984.tb13737.x>

Battle I, Tous J (1997) Carob tree. *Ceratonia siliqua* L., promoting the conservation and use of under-utilised and neglected crops. Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research and Gatersleben/International Plant Genetic Resource Institute

Bengoechea C, Romero A, Villanueva A, Moreno G, Alaiz M, Millan F, Guerrero A, Puppò MC (2008) Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins. *Food Chem* 107:675–683

C

Cakılcıo ğlu U, Turko ğlu I (2007) Plants and fruits used for cholesterol treatment by the folk in Elazi ğ. *Phytologia Balcanica* 13:239–245

Cepo DV, Mornar A, Nigovic B, Kremer D, Radanovic D, Dragojevic IV (2014) Optimization of roasting conditions as an useful approach for increasing antioxidant activity of carob powder. *LWT-Food Sci Technol* 58:578–586

Correiaa PJ, Saavedraa T, Gamaa F, Miguela MG, Varennesb A, Pestana M (2018) Biologically active compounds available in *Ceratonia siliqua* L. grown in contrasting soils under Mediterranean climate. *Sci Hortic* 235:228–234

Cháfer A, Berna A (2014). Study of kinetics of the d-pinitol extraction from carob pods using supercritical CO₂. *J Supercrit Fluids*:212–215

D

Dakia PA, Wathelet B, Paquot M (2007) Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chem* 102:1368–1374

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

De Candolle A (1883) *L'origine des plantes cultivées*. Balaire, Paris

Dos Santos LM, Tulio LT, Campos LF, Domeles MR, Hecke Krüger CC (2015) Glycemic response to carob (*Ceratonia siliqua* L.) in healthy subjects and with the in vitro hydrolysis index. *Nutricion hospitalaria* 31(1):482–487

Dakia PA, Wathelet B, Paquot M (2007) Isolation and chemical evaluation of carob (*Ceratonia siliqua* L.) seed germ. *Food Chem* 102:1368–1374

G

Gutzwiller A (2016) Aliments diététiques contenant de la caroube contre la diarrhée du porcelet sevré. *Recherche agronomique suisse* 7(6):290–295

Gravador RS, Luciano G, Jongberg S, Bognanno M, Scerra M, Andersen ML, Lund MN, Priolo A (2015) Fatty acids and oxidative stability of meat from lambs fed carob-containing diets. *Food Chem* 182:27–34

Goulas V, Stylos E, Chatziathanasiadou MV, Mavromoustakous T, Tzakos AG (2016) Review functional components of carob fruit: linking the chemical and biological space. *Int J Mol Sci* 17:1875. <https://doi.org/10.3390/ijms17111875>

H

Haber B (2002) Carob fiber benefits and applications. *Cereal Food World* 47:365–369

Haber B (2002) Carob fiber benefits and applications. *Cereal Food World* 47(8):365–9

I

I. KECHACHA, « Transformation des céréales et Protéagineux (MPV) - cours du module Biscuiterie ». Université Blida 1.

J

Jaradat NA (2005) Medical plants utilized in Palestinian folk medicine for treatment of diabetes mellitus and cardiac diseases. Al-Aqsa University

Journal officiel de la République Algérienne N°58 du 4 novembre 2015

K

Kumazawa S, Taniguchi M, Suzuki Y, Shimura M, Kwon MS, Nakayama TJ (2002) Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J Agric Food Chem* 50:373–377.

Katarzyna P, Magdalena R, Maciej K, Jacek N, Iwona J-K, Marcin K, Aleksander S (2018) Effect of Replacing Cocoa Powder by Carob Powder in the Muffins on Sensory and Physicochemical Properties. *Plant Foods for Human Nutrition* (2018) 73:196–202

Kotrotsios N, Christaki E, Bonos E, Florou-Paneri P (2012) Dietary carob on growth performance and meat quality of fattening pigs. *Asian-Aust J Anim Sci* 25:880–885

Kumazawa S, Taniguchi M, Suzuki Y, Shimura M, Kwon M, Nakayama T (2002) Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *J Agric Food Chem* 50:373–3777

Klenow S, Gleis M (2009) New insight into the influence of carob extract and gallic acid on hemin induced modulation of HT29 cell growth parameters. *Toxicol In Vitro* 23:1055–1061

Kramer

L

Loeb H, Vandenplas Y, Wursch P, Guesry P (1989) Tannin-rich carob pod for the treatment of acute-onset diarrhea. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 8:480–485

Lev E, Amar Z (2002) Ethnopharmacological survey of traditional drugs sold in the Kingdom of Jordan. *J Ethnopharmacol* 82:131–145

Iipumbu L (2008) Compositional analysis of locally cultivated carob (*Ceratonia siliqua*) cultivars and development of nutritional food products for a range of market sectors. University of Stellenbosch, Stellenbosch

Le Codex Alimentarius

M

Mounir S, Ghandour A, Mustafa R, Allef K (2020) Can hydro-thermo-mechanical treatment by instant controlled pressure-drop (DIC) be used as short time roasting process? Effect of processing parameters on sensory, physical, functional, and color attributes of Egyptian carob powder. *J Food Sci Technol* (February 2021) 58(2):451–464

Mounir S, Allaf K (2017) Response surface methodology (RSM) as relevant way to study and optimize texturing by instant controlled pressure-drop DIC in innovative manufacturing of egg white and yolk powders. *Dry Technol* 36(8):990–1005.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2017.1367929>

Marakis S (1996) Carob bean in food and feed: current status and future potentials—a critical appraisal. *J Food Sci Technol-Mysore* 33(5):365–383

Makris DP, Kefalas P (2004) Carob pods (*Ceratonia siliqua* L.) as a source of polyphenolic antioxidants. *Food Technol Biotechnol* 42:105–108

Mis A, Grundas S, Dziki D, Laskowski J (2012) Use of farinograph measurements for predicting extensograph traits of bread dough enriched with carob fiber and oat wholemeal. *J Food Engr* 108(1):1–12

Mounir S (2015) Texturing of chicken breast meat as an innovative way to intensify drying: use of a coupled washing/diffusion CWD phenomenological model to enhance kinetics and functional properties. *Dry Technol* 33(11):1369–1381.
<https://doi.org/10.1080/07373937.2015.1030029>

Mounir, S.; Ghandour, A.; Mustafa, R.; Allaf, K. (2021) Can hydro-thermo-mechanical treatment by instant controlled pressure-drop (DIC) be used as short time roasting process? Effect of processing parameters on sensory, physical, functional, and color attributes of Egyptian carob powder. *J Food Sci Technol* (February 2021) 58(2):451–464
<https://doi.org/10.1007/s13197-020-04553-9>

Mr Onidera Hajarivelo RANDRIAMAMPIANINA AINA (2004-2009)

N

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

Nasar-abbas SM, Huma Z, Vu T-H, Khan MK, Esbenshade H, Jayasena V (2016) Carob kibble: a bioactive-rich food ingredient. *Compr Rev Food Sci Food Saf* 15:63–72.

O

Oziyci HR, Tetik N, Turhan I, Yatmaz E, Ucgun K, Akgul H, Gubbuk H, Karhan M (2014) Mineral composition of pods and seeds of wild and grafted carob (*Ceratonia siliqua* L.) fruits. *Sci Horti* 167:149–152

Ozcan MM, Arslan D, Gokcalik H (2007) Some compositional properties and mineral contents of carob (*Ceratonia siliqua*) fruit, flour and syrup. *Int J Food Sci Nutr* 58:652–658

P

Priolo Q, Vasta V (2007) Effects of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Ital J Anim Sci* 6(SUPPL. 1):527–530

Processus production, Iso 3960, NA-274/1990.

R

Rupasinghe HPV, Wang L, Huber GM, Pitts NL (2008) Effect of baking on dietary fibre and phenolics of muffins incorporated with apple skin powder. *Food Chem* 107:1217–1224

Roman L, Gonzalez A, Espina T, Gomez M, (2017) Degree of roasting of carob flour affecting the properties of gluten-free cakes and cookies. *J Food Sci Technol* (June 2017) 54(7):2094–2103

Ruiz-Roso B, Quintela JC, de la Fuente E, Haya J, Perez-Olleros L (2010) Insoluble carob fiber rich in polyphenols lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic subjects. *Plant Food Hum Nutr* 65:50–56.

Rejeb NM (1995) Le caroubier en Tunisie: situation et perspectives d'amélioration. Quel avenir pour l'amélioration des plantes? Ed. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext, pp 79–85

Rol F (1973) Locust bean gum. In: Whistler RL (ed) *Industrial gums: polysaccharides and their derivatives*, 2nd edn. Academic Press, New York, pp 323–337

Rosa CS, Tessele K, Prestes RC, Silveira M, Franco F (2015) Effect of substituting of cocoa powder for carob flour in cakes made with soy and banana flours. *Int Food Res J* 22:2111–2118

Roseiro LB, Tavares CS, Roseiro JC, Rauter AP (2013) Antioxidants from aqueous decoction of carob pods biomass (*Ceratonia siliqua* L.): optimisation using response surface methodology and phenolic profile by capillary electrophoresis. *Ind Crops Prod* 44:119–126

S

Sudha ML, Baskaran V, Leelavathi K (2007) Apple pomace as a source of dietary fiber and polyphenols and its effect on the rheological characteristics and cake making. *Food Chem* 104:686–692-

Seczyk L, Swieca M, Gawlik-Dziki U (2016) Effect of carob (*Ceratonia siliqua* L.) flour on the antioxidant potential, nutritional quality, and sensory characteristics of fortified durum wheat pasta. *Food Chem* 194:637–642

Sahin H, Topez A, Pishetstrieder F-O (2009) Effet of roasting process on phenolic antioxidant and browning properties of carob powder. *Eur Food Technol* (2009) 230; 155-161

Shepperd VD (2008) *Fabaceae-pea family Ceratonia siliqua* L. woody plant seed manual, pp 371–373

Santos M, Rodrigues A, Teixeira JA (2005) Production of dextran and fructose from carob pod extract and cheese whey by *Leuconostoc mesenteroides*, NRRL B512 (f). *Biochem Eng J* 25:1–6

Sarni-manchado P, Cheynier V (2006) *Les polyphénols en agroalimentaire*. TEC&DOC, Lavoisie.

T

Tetik N, Turhan I, Oziyci HR, Karhan M (2011) Determination of D-pinitol in carob syrup.

Int J Food Sci Nutr 62:572–576

Tsatsaragkou K, Yiannopoulos S, Kontogiorgi A, Poulli E, Krokida M, Mandala I (2014) Effect of carob flour addition on the rheological properties of gluten-free breads. Food Bioprocess Technol 7:868–876

Tous J, Antony C-S (2013) The carob tree, Botany horticulture and genetic resources. Horticultural review, first edition, vol, 41, pp. 385-456.

Tetik N, Turfan I, Karhan M, Oziyci HR (2010) Characterization of, and 5-Hydroxymethylfurfural concentration in carob pekmez. Gida 35(4):1–6

Tetik N, Yüksel E (2014) Ultrasound-assisted extraction of d-pinitol from carob using response surface methodology. Ultrason Sonochem 21:860–865

Tsatsaragkou K, Yiannopoulos S, Kontogiorgi A, Poulli E, Krokida M, Mandala I (2014) Effect of carob flour addition on the rheological properties of gluten-free breads. Food Bioprocess Technol 7:868–876

U

USDA (2015) USDA National Nutrient Database for Standard Reference, Release 28. Version Current: September 2015. Internet: <http://www.ars.usda.gov/ba/bhnrc/ndl>. Accessed 26 March 2016.

V

Valero-Munoz M, Martin-Fernandez B, Ballesteros S, Lahera V, de las Heras N (2014) Carob pod insoluble fiber exerts antiatherosclerotic effects in rabbits through sirtuin-1 and peroxisome proliferator-activated receptor-gamma coactivator-1 alpha. J Nutr 144:1378–1384

Vujic L, Cepo DV, Sebecic B, Dragojevic IV (2014) Effects of pseudocereals, legumes and inulin addition on selected nutritional properties and glycemic index of whole grain wheat-based biscuits. J Food Nutr Res 53:152–161

Youssef MKE, El-Manfaloty MM, Ali MH (2013) Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Food Public Health* 3(6):304–308

Vavilov NI (1951) *The origin, variation, immunity, and breeding of cultivated plants* [translated from the Russian by K.S. Chester]. The Ronald Press Co., New York

Y

Yousif AK, Alghzawi HM (2000) Processing and characterization of carob powder. *Food Chem* 69:283–287

Youssef MKE, El-Manfaloty MM, Ali HM (2013) Assessment of proximate chemical composition, nutritional status, fatty acid composition and phenolic compounds of carob (*Ceratonia siliqua* L.). *Food Public Health*:304–308

Z

Zunft HJF, Lüder W, Harde A, Haber B, Graubaum HJ, Koebnick C, Grünwald J (2003) Carob pulp preparation rich in insoluble fibre lowers total and LDL cholesterol in hypercholesterolemic patients. *Eur J Nutr* 42:235–242

ANNEXES

Annexe n° 1. Dosage des polyphénols

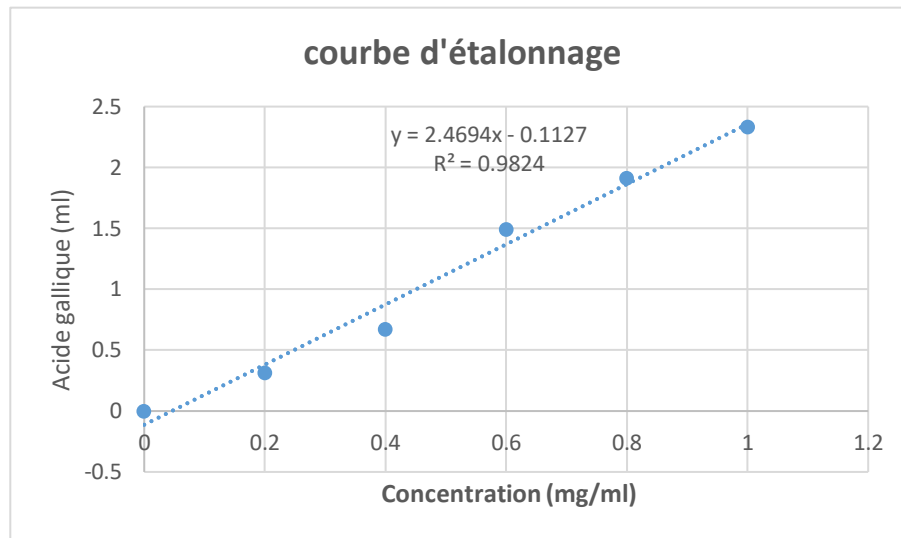


Figure 42. Courbe d'étalonnage de l'acide gallique

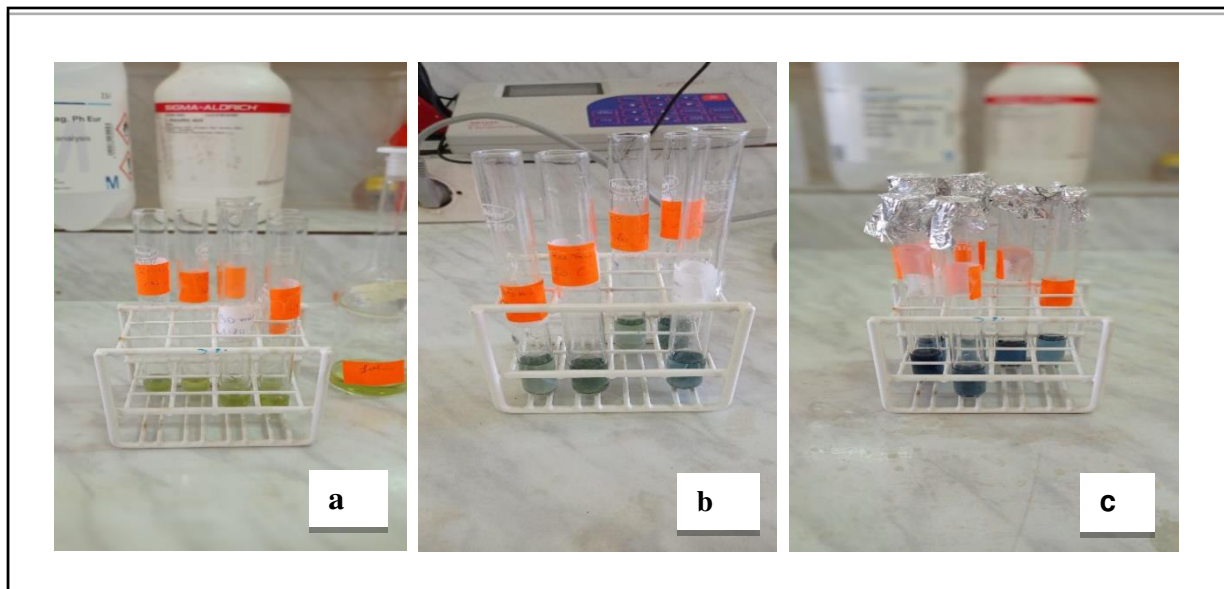


Figure 43. a) Extraits méthanoliques + Folin-Ciocalteu avant incubation, b) Extraits méthanolique après incubation pendant 20 min, c) Extraits méthanolique après agitation Vortex.

Annexe n°2: Rapid méthode for determining significance (Food Technology 14 576-581 (1980))

	2	3
1		
2		
3		4-8
4		5-11 5-11
5	6-9	6-14 7-13
6	7-11 7-11	8-16 9-15
7	8-13 8-13	10-18 10-18
8	9-15 10-14	11-21 12-20
9	11-16 11-16	13-23 14-22
10	12-18 12-18	14-26 15-25
11	13-20 14-19	16-28 17-27
12	15-21 15-21	18-30 19-29
13	16-23 16-23	19-33 21-31
14	17-25 18-24	21-35 22-34
15	19-26 19-26	23-37 24-36

Annexe n°3 : Fiche de l'analyse des descripteurs sensoriels des crèmes de fourrage (profil sensoriel)

Nom et Prénom

Date

Un échantillon de crème vous est proposé. Il est demandé d'évaluer ses caractéristiques.

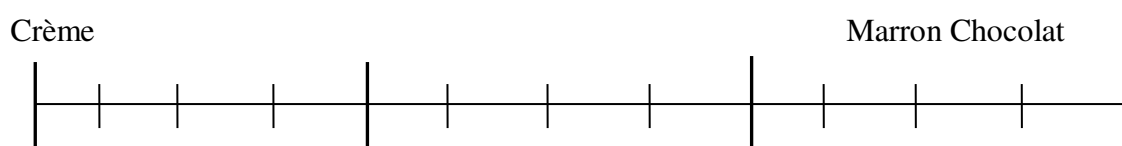
L'ordre d'évaluation est le suivant :

1. Aspect et Texture, 2. Odeur, arôme et 3. Gout

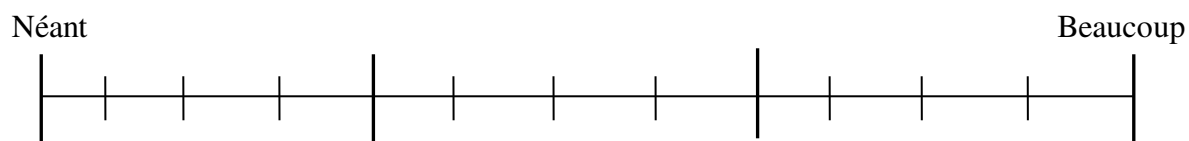
1. Aspect et texture

Donnez une note sur l'échelle suivante sur l'aspect de caroube

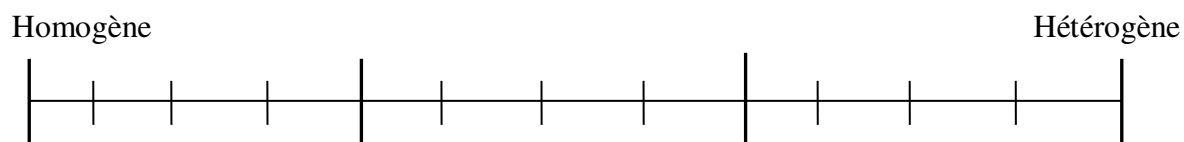
Couleur



Rugueux



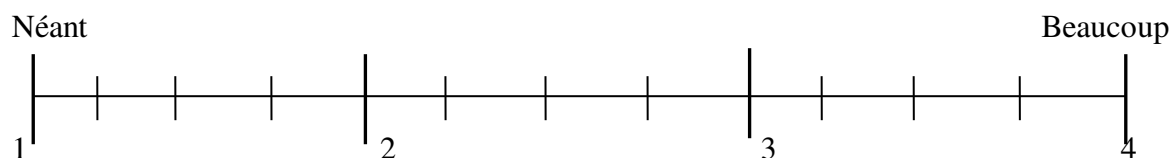
Hétérogénéité



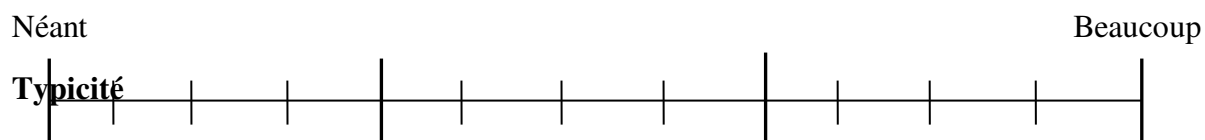
2. Odeur et arôme

Flairez et notez rapidement sur l'échelle l'intensité de l'odeur de la crème.

Chocolat

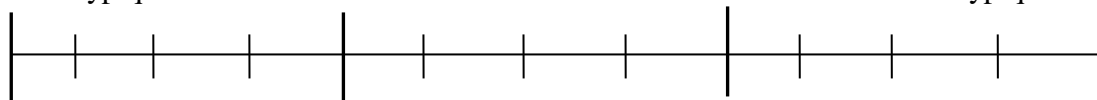


Caroube



Crème Typique

Crème atypique

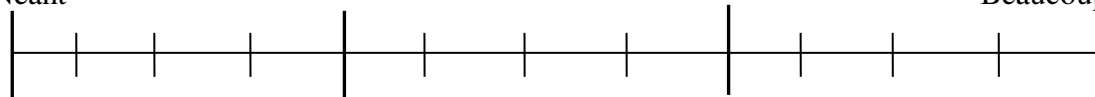
**3. Gout**

Gouter l'échantillon de crème de fourrage puis évaluez les saveurs sur l'échelle suivante :

Matière grasse

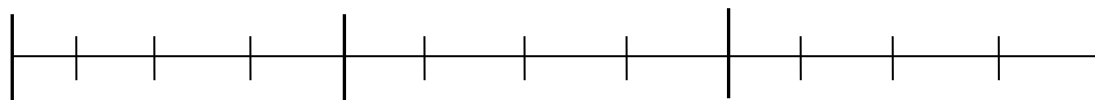
Néant

Beaucoup

**Sucré**

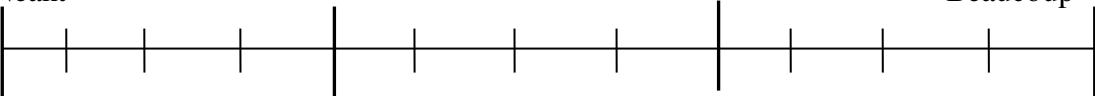
Bon

Très bon

**Astringent**

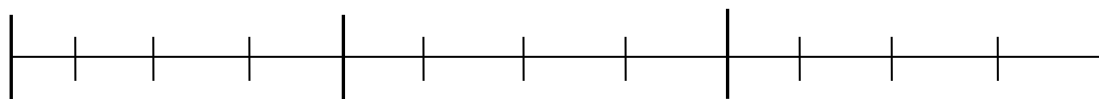
Néant

Beaucoup

**4. Consistance****Fermeté**

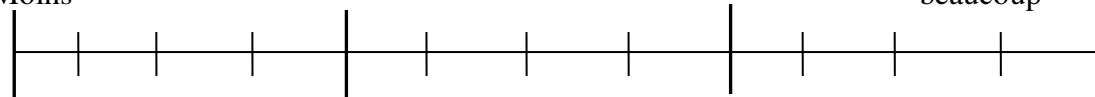
Moins ferme

Très ferme

**Crémeux**

Moins

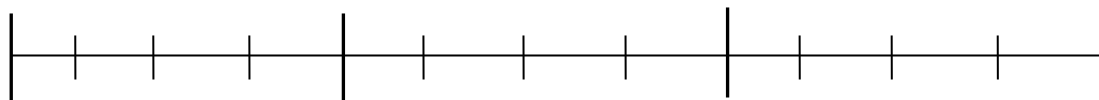
beaucoup



Disperse

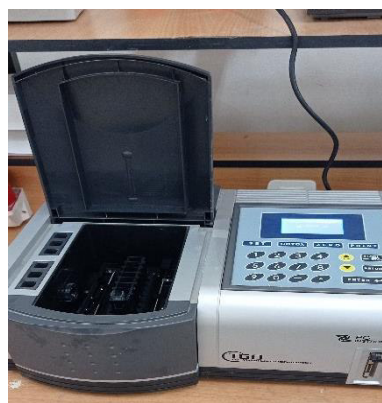
Néant

Beaucoup



Annexe n°4 : Le matériel utilisé

Etuve de séchage (memmert)



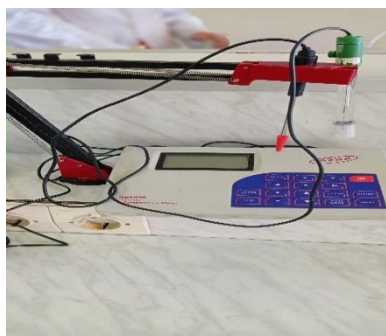
Spectrophotomètre UV- Visible type JASCO (V-530)



Vortex



Photomètre à flamme (Jenway)



pH mètre (Hanna)



Duromètre (SHORE A HARDNESS TESTER HT-65 10)



Centrifugeuse EB A20 Hettich Zentrifuger



Viscosimètre (Visco Basic plus)

Figure 44. Quelques matériel utilisé