

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ AKLI MOHAND OULHADJ – BOUIRA -
FACULTÉ DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET DES SCIENCES DE LA TERRE
DÉPARTEMENT D'GRONOMIE



Réf :/UAMOB/F.SNV.ST/DEP.BIO/2017

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME MASTER

Domaine : SNV **Filière :** Sciences Agronomique
Spécialité : Agroalimentaire et contrôle de qualité

Présenté par :

Mlle. Chellali Naziha

Thème

Etude de l'effet de la gomme de caroube brute sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptique du fromage fondu

Soutenu le : 30 / 06 / 2018

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom

Grade

Mme IAZZOURENE Ghania

MCB

Univ. de Bouira

Présidente

Mme FERHOUM Fatiha

MAA

Univ. de Bouira

Promotrice

Mme CHEKROUNE Malika

MCB

Univ. de Bouira

Examinatrice

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciements

Nous remercions le Dieu tout puissant de nous avoir donné le savoir et la faculté de pouvoir poursuivre nos études et de choisir un métier aussi noble.

*Je tiens à remercier **Mme FERHOUM Fatiha** ma promotrice, pour avoir encadrée ce travail. Je tiens à vous remercier pour votre disponibilité, votre aide précieuse, vos conseils, votre objectivité, votre rigueur scientifique, et vos précieux conseils qui ont fait progresser ce travail. Il m'est aussi d'un agréable devoir de vous adresser un grand merci pour la sympathie, la confiance et la liberté d'action dont j'ai bénéficié tout au long de ce mémoire. Soyez assuré de ma sincère estime.*

*J'exprime mes profonds remerciements et ma vive reconnaissance à **Mme Iazourene.G** d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury de mon mémoire.*

*Mes reconnaissances vont également au **Mme Chekroun.M** qui m'a fait l'honneur de bien vouloir examiner ce travail. Veuillez accepter mes plus vifs remerciements pour votre présence dans ce jury et soyez assuré de tout mon respect et de ma profonde gratitude.*

L'ensemble des personnel de laboratoire de l'université akli mohand oulhadj, pour leur entière disponibilité, coopération ainsi pour l'ambiance et les bonne conditions.

*Je remercie également les ingénieurs du laboratoire de l'unité industrielle « LFB » **Mme Chahed. F et Amina.***

Mes remerciements s'adressent finalement à toutes personnes qui m'ont apporté leur aide pour la réalisation de ce travail.

Dédicaces

A la mémoire de mon père « qu'il repose en paix » qui a béni mon désir d'apprendre et m'a toujours encouragé, avec tout mon amour et ma reconnaissance pour être devenue ce qui je suis.

*A la mémoire de mon frère **Mohamed Amine** « qu'il repose en paix ».*

A ma chère mère que dieu la récompense pour toute ses bienfaits.

*A ma sœur et mes frères « **Ratiba, Redouane et Tarek** » qu'ils trouvent ici le témoignage de ma profonde tendresse.*

*A mes nièces « **Nour el imane et Naila** »*

*A mes amies : **Rym, Khadidja, Meriem A, Meriem Dj, Hadjer, Thiziri et sofia.***

À toute personne ayant contribué de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction.....01

Chapitre I: Généralité de gomme de caroube

I.1.Généralités sur le caroubier02

I.1.1.Description botanique du caroubier.....02

I.1.2.Production de la caroube03

I.1.2.1.Intérêts et utilisations du caroubier.....03

I.1.2.2.Arbre.....03

I.1.2.3.Fruit.....03

I.2.Gomme de caroube.....04

I.2.1.Structure.....05

I.2.2.Comportement Rhéologique.....06

I.2.3.Aplication.....07

Chapitre II: Le fromage fondu

II.1.Le fromage.....08

II.2.Classification de fromage.....08

II.3.Fromage fondu09

II.3.1.Définition du fromage fondu09

II.3.2.Les différents types de fromages fondus10

II.3.3.Composition et valeur énergétique du fromage fondu11

II.3.4. Technologie de fabrication du fromage fondu	11
II.3.5. Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage	11
II.3.5.1. Matières premières laitières	11
II.3.5.2. Matières premières non laitières.....	12
II.5.6. Les étapes de fabrication du fromage fondu.....	13

Chapitre III: Matériel et méthodes

III.1. Présentation de la matière première	16
III.2. Les méthodes d'analyses.....	17
III.2.1. Les méthodes physiques	17
III.2.1.1. Détermination de taux des pertes pendant le séchage	17
III.2.1.2. Détermination de la teneur en cendres.....	18
III.2.2. Méthodes d'analyses chimiques	18
III.2.2.1. Détermination du pH.	18
III.2.2.2. Détermination de l'acidité titrable.....	19
III.2.3. Quantification de quelques composés principaux	19
III.2.3.1. Dosage des polyphénols de la gomme de caroube	20
III.2.3.2. Détermination de la teneur en flavonoïdes.....	21
III.2.3.3. Dosage des protéines solubles	23
III.2.3.4. Détermination du résidu sec soluble (°Brix)	23
III.2.3.5. Détermination de la teneur en lipides.....	24
III.2.3.6. Le profil en acides gras	25
III.2.7. Activité anti-radicalaire.....	25
III.2.4. L'incorporation de gomme de caroube dans le fromage fondu	27

III.2.4.1. Analyse physico-chimique.....	29
a-Mesure de pH.....	28
b-Détermination de l'extrait sec totale (EST)	28
c-Mesure de la teneur en matière grasse.....	29
d-Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche	30
III.2.4.2. Les analyses microbiologique de fromage	30
a-Recherche et dénombrement des germes (coliformes totaux et fécaux).....	31
b-Recherche et dénombrement des clostridium sulfito -réducteur (CRS).....	32
c-Recherche et dénombrement de staphylococcus aureus.....	33
d-Recherche et dénombrement des salmonelles.....	34

Chapitre IV: Résultats et discussion

IV.1. Les résultats des analyses physiques.....	36
IV.1.1. Pertes pendant le séchage	36
IV.1.2. Taux de cendres.....	37
IV.2. Les résultats des analyses chimiques	37
IV.2.1. Détermination de pH.....	37
IV.2.2. Détermination de l'acidité titrable de la gomme de caroube.....	37
IV.3. Quantification de quelques composés principaux.....	38
IV.3.1. La teneur en polyphénol et flavonoïde.....	38
IV.3.1.1. La teneur en polyphénols.....	38
IV.3.1.2. La teneur en flavonoïdes.....	38
IV.3.2. Teneur en protéine soluble.....	39
IV.3.3. Degré de brix.....	39

IV.3.4.Détermination de la teneur en lipides.....	39
IV.3.5.Profil en acides gras présent dans la gomme de caroube.....	40
IV.3.6. Détermination de l'activité anti-radicalaire au radical DPPH.....	41
IV.5.Résultats physico-chimiques de fromage fondu.....	43
IV.6.Résultats microbiologiques de fromage fondu	48
IV.7.Test de dégustation.....	51
Conclusion.....	55

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des figures

Figure	Titre	Page
Figure.I-1	L'arbre de caroubier	02
Figure.I-2	Structure de la gomme de caroube; rapport mannose (1,4) galactose (1,6)	06
Figure.III-1	Fruit du caroubier (caroube)	16
Figure.III-2	Les graines des caroubes	16
Figure.III-3	L'endosperme et les germes des graines de caroubes	16
Figure.III-4	La gomme de caroube	16
Figure.III-5	Principales étapes d'extraction des polyphénols	20
Figure.III-6	Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux	21
Figure.III-7	Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de gomme de caroube	22
Figure.III-8	Réduction du radical libre DPPH en DPPHH	26
Figure.III-9	Etapes de test DPPH	26
Figure.III-10	L'incorporation de différentes quantités de gomme da caroube dans 100g de fromage fondu	27
Figure.III-11	Les échantillons de fromage fabriqué	27
Figure.IV-1	Pouvoir anti-radicalaire de gomme de caroube	41
Figure. IV-2	Les résultats de l'appréciation des produits sur la texture	52
Figure. IV-3	Les résultats de l'appréciation des produits sur la couleur	52
Figure. IV-4	Les résultats de l'appréciation des produits sur le gout	53
Figure. IV-5	Les résultats de l'appréciation des produits sur la saveur	54

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
Tableau I-1	L'application de gomme de caroube	07
Tableau II-1	Classification des fromages selon la norme	09
Tableau II-2	Composition du fromage fondu	11
Tableau IV-1	Résultats des analyses physiques-chimiques de gomme de caroube	36
Tableau IV-2	Résultats d'acides gras présents dans la gomme de caroube	40
Tbleau N°IV-3	Résultats physico-chimiques de poudre de lait	43
Tableau N°IV-4	Résultats physico-chimiques du fromage en bloc	43
Tableau N°IV-5	Résultats physico-chimiques du fromage de fonte	44
Tableau N°IV-6	Résultats physico-chimiques de l'eau de process	44
Tableau N°IV-7	Les résultats physico-chimiques de sel de fonte	46
Tableau N°IV-8	Analyse physico-chimique du fromage après la pasteurisation	46
Tableau N°IV-9	Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait	48
Tableau N°IV-10	Résultats microbiologiques du fromage en bloc	48
Tableau N°IV-11	Résultats microbiologique du fromage de fonte	49
Tableau N°IV-12	Résultats microbiologiques de l'eau de process	49
Tableau N°IV-13	Analyses microbiologique de fromage après la pasteurisation	50

Liste des abréviations

AFNOR : Association française de normalisation.

B.L.M.T : Bouillon lactosé-mannitolé tamponné.

SFB : Bouillon au sélénite du sodium et cystéine.

DO : Densité optique.

DPPH : 2,2-Diphényl-1-picrylhydrazyl.

EC50 : Concentration efficace réduisant 50% de la concentration du DPPH.

ES : Extrait sec.

FAO : Food and agricultural organization.

GGC : Gomme de graine de caroube.

HRED : Humidité Rapporté à l'extrait.

ha: Hectare.

H : heure.

Kg: Kilogramme

LBG : La gomme de caroube.

MG : Matière grasse.

ml: Millilitre.

m: Mètre

mm: Millimètre

mg: Milligramme.

nm : Nanomètre

UHT : Ultra haut température.

V : Volume

µl: Microlitre

µg: Microgramme

%: Pourcentage

°C: Degré Celsius

Introduction

Introduction

En Algérie, le caroubier reste très négligé et n'a pas encore eu la place qu'il mérite dans les programmes de reboisement, malgré les retombées socio-économiques que cette plante peut avoir à l'échelle nationale et surtout régionale.

Toutes les composantes de l'arbre (feuillage, fleur, fruit, bois, écorce, racine) sont salutaires, et ont de la valeur à l'instar l'ornementale et paysagère. Ainsi, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers qui représente le plus grand potentiel de valorisation grâce à sa richesse en éléments nutritifs qui a suscité l'attention de plusieurs chercheurs, mais surtout pour ses graines et qui font l'objet de transactions commerciales dont la valeur dépasse de loin celle de la production ligneuse. Ainsi, les gousses entières, la pulpe, les graines et la gomme font l'objet d'un commerce important en direction de l'Europe et sont largement utilisées dans l'industrie agro-alimentaire (**Biner *et al.*, 2007**).

La gomme de caroube purifiée (E410) provenant de l'endosperme très utilisée dans la formulation de plusieurs aliments (alimentation, confiserie,..) la cosmétique et l'industrie pharmaceutique comme agent épaississant, gonflant, liant et stabilisant dans les préparations des émulsions (**Calixto et Canellas, 1982 ; Sandolo *et al.*, 2007**). Cette dernière est employée dans une large gamme de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importantes sont la crème glacée, les aliments pour bébé, fromage fondu et les produits laitiers (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**).

Cette étude est réalisée afin de pouvoir identifier les caractéristiques physico chimiques de la gomme de caroube non purifiée, et l'évolution de l'effet d'incorporation de cette dernière à des différentes concentrations sur les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques du fromage fondu.

Notre document sera donc composé de quatre chapitres, initié par une recherche bibliographique sur un abrégé de l'étymologie de caroubier et ces produits, ainsi que son utilisation au cours des siècles et ses activités biologiques. Le deuxième chapitre élucide des généralités sur le fromage, son procédé de fabrication, sa composition, ainsi que ses caractéristiques physico-chimiques. La partie pratique est subdivisée en deux chapitres, le premier (3^{ème} chapitre) présente les méthodes et les techniques utilisées pour la réalisation de ce travail à savoir :

- La méthode d'obtention de la gomme de caroube brute ;
- Les analyses physico-chimiques de la gomme brute;

Introduction

- Evaluation de son activité antioxydante par l'estimation au moyenne de DPPH de la capacité des extraits ethanologique de la gomme de caroube brute à piéger les radicaux libre ;
- Quantification de quelques familles de ses principaux composés tels que les polyphénols, les flavonoïdes et des protéines ;
- Détermination de profile en acides gras de la gomme de caroube par la chromatographie en phase gazeuses
- Les analyses physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques des échantillons de fromages fondus incorporés des déférentes doses de la gomme de caroube brute.

Le dernier chapitre représente les résultats et leur discussions, à la fin on termine par la conclusion et les perspectives.

I.1. Généralités sur le caroubier :

I.1.1. Description botanique du caroubier :

Le caroubier est un arbre ou arbuste, qui peut atteindre 7 à 20 m de hauteur et une circonférence à la base du tronc de 2 à 3m. Il a une écorce lisse et grise lorsque la plante est jeune et brune, rugueuse à l'âge adulte, son bois de couleur rougeâtre est très dur, il peut vivre jusqu'à 200 ans (**Rajeb et al., 1991 ; Ait chitt et al., 2007**). Les feuilles ont de 10 à 20 cm de longueur, persistantes, coriaces, alternes et caractérisées par un pétiole sillonné. Elles sont composées de 4 à 10 folioles, de couleur vert luisant sur la face dorsale et vert pâle sur la face ventrale (**Rejeb et al., 1991 ; Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007**). Il perd ses feuilles tous les deux ans, au mois de juillet. Cet arbre développe un système racinaire pivotant, qui peut atteindre 18m de profondeur (**Aafi, 1996; Gharnit, 2003**).

Les fleurs sont verdâtres, de petite taille 6 à 16 mm de longueur, spiralées et réunies en un grand nombre pour former des grappes droites et axillaires, plus courtes que les feuilles à l'aisselle desquelles elles se sont développées (**Batlle et al., 1997**).

Le fruit appelé caroube ou carouge, est une gousse indéhiscente à bords irréguliers, de forme allongée, rectiligne ou courbée, de 10 à 20 cm de longueur, 1,5 à 3 cm de largeur et de 1 à 2,5 cm d'épaisseur. La gousse est composée de trois parties : l'épicarpe, le mésocarpe et les graines, elle est séparée à l'intérieur par des cloisons pulpeuses transversales et renferme de 4 à 16 graines dont la longueur et la largeur sont respectivement de 8 à 10mm et de 7 à 8 mm. Sa couleur est d'abord verte, puis elle devient brune foncée à maturité (**Rejeb, 1995 ;Batlle et al., 1997 ; Ait Chitt et al., 2007**).



Fig.I-1: L'arbre de caroubier (**Hassan S, 2008**).

I.1.2. Production de la caroube:

Selon les statistiques fournies par l'organisation des nations unies pour l'alimentation et l'agriculture (FAO), en 2000 la surface cultivée en caroubier en Algérie était de l'ordre de 1210 ha. 12 ans plus tard, la surface s'est rétrécie à 821 ha seulement. La production, quant à elle, est passée de 3952 tonnes en 2000 à 3136 en 2012. Malgré son vaste territoire et ses capacités, l'Algérie est à la traîne parmi les pays méditerranéens producteurs de caroube, loin derrière l'Espagne, le Maroc, l'Italie et les autres pays. Elle a connu une petite régression de production de caroube 4000 tonnes en 2011 à 3136 tonnes en 2012 qui est essentiellement due aux feux de forêt et l'abandon de cette culture à cause de la présence terroriste dans les montagnes.

I.1.2.1. Intérêts et utilisations du caroubier :

Le caroubier est un arbre d'importance écologique, industrielle et ornementale indiscutable. En terme de produits, l'arbre et toutes ses composantes sont utiles et particulièrement le fruit.

I.1.2.2. Arbre :

Il est utilisé pour le reboisement et la reforestation des zones affectées par l'érosion et la désertification (Rejeb *et al.*, 1991 ; Biner *et al.*, 2007). Il est également utilisé comme plante ornementale en bordure des routes et dans les jardins (Batlle et Tous, 1997). Actuellement, il est considéré comme l'un des arbres fruitiers et forestiers les plus performants puisque toutes ses parties (feuilles, fleurs, fruits, bois, écorces et racines) sont utiles et ont des valeurs dans plusieurs domaines (Aafi, 1996).

I.1.2.3. Fruit :

Le fruit du caroubier ou la caroube, se compose d'une pulpe enveloppant des graines régulières. En effet la pulpe sucrée de la caroube est employée depuis longtemps comme nourriture de bétail à côté d'autres aliments comme la farine d'orge (Ait Chitt *et al.*, 2007). Selon les travaux de (Lizardo *et al.*, 2002), il semble que la farine de caroube soit un produit parfaitement adapté à l'alimentation des porcelets. Son incorporation dans les régimes s'avère très utile dans le soutien de la consommation, de la croissance et de la santé en post-sevrage.

La farine, obtenue en séchant, torréfiant et moulant les gousses après les avoir débarrassées de leurs graines, est employée surtout en agro-alimentaire (Sbay et Abourouh,

Partie bibliographique

2006) ; dans la préparation de jus sucrés, du chocolat, de biscuits et comme remplaçant de cacao (Berrougui, 2007).

De nombreuses études cliniques ont souligné l'efficacité de la poudre de caroube dans le traitement des diarrhées aiguës infantiles, ce qui a été confirmé par l'étude clinique menée par (Loeb et al., 1989) chez des enfants âgés de 3 à 21 mois, que le transit intestinal, la température et le poids de l'enfant s'amélioreraient plus vite après administration de la poudre de caroube par voie orale. Selon (Rejeb, 1995) la pulpe est recommandée contre la tuberculose pulmonaire et les affections des bronches. Étant riche en antioxydants (composés phénoliques), en sucres, protéines, fibres, potassium et calcium, cette plante est connue en thérapeutique pour son effet hypocholestérolémiant, antiprolifératif, anti-diarrhéique et troubles digestifs (Berrougui, 2007).

La gomme de caroube est extraite de l'albumen des graines de *Ceratonia siliqua* du fait de sa richesse en galactomannanes (unités de -D-mannose et de -D-galactose) (Biner et al., 2007; Avallone et al., 1997), issue de l'endosperme elle constitue le 1/3 du poids total de la graine ; 100kg de graines produisent en moyenne 20kg de gomme pure et sèche. Cette gomme est utilisée dans l'agro-alimentaire code normalisé E410, la confiserie, le secteur cosmétique, pharmaceutique et aussi dans les préparations alimentaires diététiques, pour diminuer l'apport alimentaire dans le traitement de l'obésité ; et en cas d'insuffisance rénale chronique, elle retiendra dans le tube digestif, l'urée, la créatinine, l'acide urique, l'ammoniaque et les phosphates provoquant un abaissement important et bénéfique du taux d'urée dans le sang (Berrougui, 2007). Elle est aussi utilisée dans la fabrication d'un condiment aromatique du Sénégal appelé nététu (Ndir et al., 2000). La gomme de caroube est utilisée en imprimerie, photographie, matière plastique, encre et cirage. La gomme de caroube peut être utilisée comme substitut de la pectine, de la gélatine, comme stabilisateur alimentaire, pour la croissance bactérienne et d'autres applications dans le textile (Calixto et Canellas, 1982).

I.2. Gomme de caroube

La gomme de caroube est un galactomannane, qui n'est autre que le polysaccharide obtenu à partir de l'endosperme de la graine après élimination de la cuticule et du germe (Kök et al., 1998). La composition typique d'un LBG de haute pureté est de 10 à 13% d'humidité, 5% de protéine, 1% de cendres, 1% des fibres et le reste est de 80 à 85% de galactomannane (Maier et 1993).

Partie bibliographique

Ce polysaccharide est utilisé dans l'industrie alimentaire (additif naturel E 410 dans les crèmes glacées, mayonnaises, sauces, produits de boulangerie...etc), ou non alimentaires (industries pharmaceutiques, cosmétique, photographie, béton, explosifs, peinture, encre, cirage, textiles et du papier, produits antidiarrhéiques...etc). Cette large utilisation est due à ses propriétés épaississantes, émulsifiantes et stabilisantes (**Multon, 1984; Goycoola et al., 1995; Batlle et al., 1997; Garti et al., 1997; Patmore et al., 2003**). En plus, son prix est faible par rapport aux autres polysaccharides utilisés dans l'industrie alimentaire (**Kök et al., 1998**). Également, il est exploité pour sa propriété synergiste avec le carraghénane, l'agar et la gomme de xanthane, même à des faibles concentrations. Le galactomannane conduit à une augmentation de la rigidité finale du gel ou favorise la gélification pour former des gels plus forts et plus élastiques (**Hoichman et al., 2007, Lopes da Silva et al., 1996; Dea & Morrison, 1975; Dea, 1972**).

Récemment, quelques d'études ont également évoqué ce sous-produit de l'industrie comme une bonne source de polyphénols (**Bernardo-Gil, 2011**).

I.2.1 Structure

Les galactomannanes ont une structure générale semblable, constituée d'une chaîne de monomères dont chacune possède une chaîne principale de mannane sur laquelle il existe des ramifications d'une unité galactose (Figur.I.2) (**McClearly et al., 1988 ; Richardson et al., 1998**). Ils se distinguent par leur teneur en unité galactose exprimée par le rapport mannose sur galactose (M/G), par la répartition des unités galactose le long de la chaîne de mannane et aussi par leur masse molaire (**Fox, 1992 ; Azero et al., 2002**). Cette différence dans la « microstructure » influencent fortement les interactions moléculaires (**da Silva et al., 1990 ; Mao et al., 2006**) et les propriétés rhéologiques des solutions de galactomannanes. En outre, les galactomannanes sont des polysaccharides hydrosolubles et neutres (**Dea et al., 1975**).

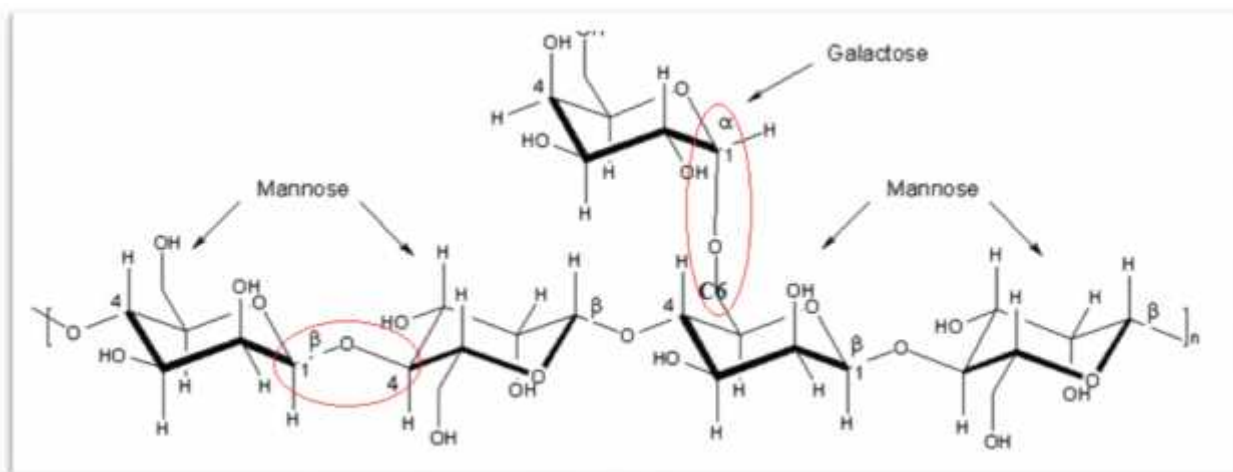


Fig.I.2: Structure de la gomme de caroube; rapport mannose (1,4) galactose (1,6)
(McClearly *et al.*, 1988 ; Richardson *et al.*, 1998).

I.2.2. Comportement Rhéologique

La gomme pure peut être plus sensible à la dégradation, sous l'influence de la température, que la gomme non pure car cette dernière contient des matières qui protègent le galactomannane de la dégradation. Les constituants protéiques semblent jouer ce rôle car les acides aminés sont connus pour leur forte interaction avec les petites chaînes libres qui sont impliquées dans la dégradation de la molécule sous les hautes températures (**Kök et al., 1998**). Par ailleurs, La gomme de caroube seule ne forme jamais un gel mais elle peut former des solutions stables très visqueuses à des concentrations très faibles (<1%) grâce à ses fortes capacités de rétention d'eau (gonfler avec l'eau) non assimilable par l'organisme (**Battle et Tous, 1997, Pollard, 2006**) LBG est largement utilisé comme additif dans les industries alimentaires et non alimentaires, en raison de sa capacité à fournir une haute viscosité même à des faibles concentrations (<1%) et de fonctionner en tant que liant de l'eau. D'autre part, (**Rizzo et al., 2004**) ont montré qu'un rapport mannose sur galactose élevé (équivalant à une faible teneur en résidus galactose dans la chaîne de galactomannane) entraînait une viscosité élevée. L'augmentation de la concentration des molécules de galactomannanes en solution favorise l'interpénétration des chaînes macromoléculaires conduisant à la création d'enchevêtrements plus ou moins denses, mais favorisent aussi l'établissement d'interactions interchaînes (**Dakia, 2010**). Ces phénomènes contribuent fortement au développement de la viscosité et expliquent la plus forte dépendance de la viscosité avec la concentration que pour d'autres polymères (**Dakia, 2010**).

I.2.3. Application

La graine pour sa part est destinée à la transformation en gomme alimentaire (sauces, fromages, nappages, glaces...) tableau N°I-1, en gomme technique (aliments pour chiens et chats), en produits pharmaceutiques (principalement contre les diarrhées), et à l'industrie du papier et de textile (**Tous et al., 1996**). La gomme de caroube est le hydrocolloïde préféré pour les desserts glacés, le fromage fondu et les produits laitiers fermentés. Il existe aussi des cultivars dont la différence est liée à la qualité de la gomme, en particulier concernant la viscosité, la résistance au gel et au contenu des galactomannanes. Cette gomme est employée dans une large gamme de produits de l'industrie alimentaire, dont les plus importantes sont la crème glacée, les aliments pour bébés et les aliments pour animaux de compagnie (**Correia & Martins-Loucao, 1995, 2005**).

Tableau N°I-1: L'application de gomme de caroube.

Application	Gomme de graine de caroube	Produit	Références
Alimentaire	Gomme de graines de caroube purifiée (GGC) (ou poudre d'endosperme purifié)	E410 : Additif alimentaire en industrie agroalimentaire (agent gélifiant, Liant, agent d'adhésion)	(Battle et Tous, 1997)

II.1. Le fromage :

Le fromage, selon La norme *Codex*, est le produit affiné ou non affiné, de consistance molle ou semi dure, dure ou extra dure qui peut être enrobé est dans lequel le rapport protéines de lactosérum: caséines ne dépasse pas celui du lait. On obtient le fromage par coagulation complète ou partielle du lait grâce à l'action de la présure ou d'autres agents coagulants appropriés et par égouttage partiel du lactosérum résultant de cette coagulation. On peut aussi faire appel à des techniques de fabrication entraînant la coagulation du lait de manière à obtenir un produit fini ayant des caractéristiques physiques. Chimiques et sensorielles similaires à celles de la définition précédente (**Carole, 2002**).

Le fromage affine est un fromage qui n'est pas prêt à la consommation peu après sa fabrication, mais qu'on doit maintenir pendant un certain temps à la température et dans les conditions nécessaires pour que s'opèrent les changements biochimiques et physiques caractéristiques du fromage (**Carole, 2002**).

Le fromage affiné aux moisissures est un fromage dont l'affinage est provoqué essentiellement par la prolifération de moisissures caractéristiques, dans la masse ou sur la surface du fromage. Le fromage non affiné, dont le fromage frais, est un fromage qui est prêt à la consommation peu de temps après sa fabrication (**Carole, 2002**).

Les matières premières proviennent du lait ou des produits obtenus à partir du lait et les ingrédients et sont des cultures de bactéries lactiques inoffensives ou des bactéries productrices d'arômes et des cultures d'autres micro-organismes sans danger. Des enzymes appropriées et inoffensives, du chlorure de sodium et de l'eau potable (**Carole, 2002**).

II.2.classification du fromage

Classification du codex alimentaire des fromages Synthèse bibliographique 10 Les fromages peuvent être classés en basant sur leur humidité rapportée à l'extrait sec dégraissé, la teneur en matière grasse et sur les caractéristiques de maturation ou d'affinage (tableau II.1).

Partie bibliographique

Tableau N°II-1 : Classification des fromages selon la norme CODEX STAN A-6(1978).

Formule I		Formule II		Formule III
HRED*en %	Première phrase de désignation	MG/ES**En %	Deuxième phrase de dénomination	Désignation d'après les principales caractéristiques de maturation
51	Pâte extra-dure	60	Très gras	1. Affiné
49-56	Pâte dure	45-60	Gras	a. principalement en surface
54-63	Pâte demi-duré	25-45	Demi gras	b. Principalement dans la masse
61-69	Pâte demi-molle	10-25	¼ de gras	2. mûri ou affiné aux
67	Pâte molle	10	Maigre	2. Affiné aux moisissures a. principalement l'extérieur b. principalement l'intérieur 3. non mûri ou non affiné***.

*HRED: Humidité Rapporté à l'Extrait Sec

**MG/ES : Matière Grasse sur Extrait Sec

II.3. Fromage fondu

II.3.1. Définition du fromage fondu

Selon **Andre et Gilis (1997)** le fromage fondu est un produit moderne obtenu par le mélange de fromage de différentes origines et à différents stades d'affinage, avec des sels de fonte. Ce mélange est broyé puis chauffé sous vide partiel et agitation constante jusqu'à l'obtention d'une masse homogène qui est conditionnée dans un emballage protecteur il présente plusieurs avantages parmi lequel ; c'est un produit stable par traitement thermique, ceci lui confère d'excellente qualité de conservation et une bonne commercialisation, cette commercialisation est assurée même dans les zones à climat chaud.

-Il a une excellente valeur nutritionnelle.

-c'est un produit à goût doux et régulier. Il possède une large possibilité de présentation, d'usage et d'aromatisation.

II.3.2. Les différents types de fromages fondus

Les variétés des fromages fondus peuvent être couramment rencontrées sur le marché :

➤ **Fromage fondu en bloc**

C'est le plus ancien des fromages fondus. L'extrait sec totale est relativement élevé dans le rapport MG/ES. Il a une consistance ferme et une bonne élasticité. Le coulage s'effectue sous forme de blocs de poids différents, mais aussi de plus en plus sous forme de tranche (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu à couper**

Moins ferme que le bloc, il n'est pas pour autant tartinable. Il contient trois à quatre points de moins de matière sèche que le précédent, de moins de matière, ce qui le rend plus agréable à la dégustation. L'élasticité, parfois recherché, n'est pas toujours souhaitable en raison de la formation de fils qui rendent le conditionnement délicat sur les machines classiques (**Boutonnier, 2000**).

➤ **Fromage fondu à tartiner**

Ce type de fromage nécessite un crémage important par rapport au fromage fondu en bloc ; ceci a permis d'augmenter de 10% la teneur en eau et d'obtenir un produit à consistance comparable à celle du beurre. De plus l'extrait sec relativement faible et la teneur élevée en matière grasse permettent des fontes relativement faciles (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu pour la refonte**

Originaire d'Amérique du Nord, il se présente généralement sous forme de tranche adaptées à une utilisation dans les cheeseburgers, les croques monsieur.... Ce produit doit refondre rapidement sans carbonisation superficielle, comme une tranche d'emmental par exemple, ce qui exige une préservation importante de la structure protéique de la matière première (**Boutonnier, 2000**).

➤ **Fromage fondu résistant à la chaleur**

C'est un fromage fondu qui ne peut pas être refondu. Il est coupé sous forme de dés. Il accompagne d'autres aliments comme ingrédient tel que les pâtes. Ce genre de fromage ne change pas de goût et de valeur nutritionnelle après la cuisson (**Anonyme, 1989**).

➤ **Fromage fondu fluide pour le fourrage alimentaire**

Il s'est récemment développé grâce aux nouvelles formulations. C'est un fromage fluide à une température ambiante (**Anonyme, 1989**).

II.3.3. Composition et valeur énergétique du fromage fondu

Le fromage fondu se compose de plusieurs éléments cités dans le tableau N03

Tableau N°II-2: Composition du fromage fondu (*Feinberg et al ,1987*).

Eléments constitutifs du fromage fondu	Composition moyenne
Eau (g/kg)	32
Glucides (g/kg)	18.3
Energie (kcal)	292
Lipides (g/kg)	25.4
Protéines (g/kg)	38
Calcium (g/kg)	940
Phosphates (mg/kg)	1170
Magnésium (mg/kg)	25
Potassium (mg/kg)	760
Sodium (mg/kg)	1600

II.3.4. Technologie de fabrication du fromage fondu

Le «fromage fondu» est obtenu par broyage, mélange, fonte et émulsification, sous l'action de la chaleur et d'agents émulsifiants, d'une ou plusieurs variétés de fromage, avec ou sans adjonction de constituants laitiers et/ou d'autres denrées alimentaires (**codex alimentarius, 2004**).

II.3.5. Les matières premières utilisées dans la fabrication du fromage fondu

La production de fromage fondu exige la présence de matières premières d'origine laitière et non laitières.

II.3.5.1. Matières premières laitières

a. Le fromage

Le fromage destiné à la fonte est choisi suivant son type, sa flaveur, sa maturité, sa composition, sa texture, son pH et son prix entre le cheddar, l'Emmental, le Gruyère, Mozzarella et d'autres fromages à pâte pressé (**Caric, 2000**).

b. La préfonte

Il s'agit de fromage déjà fondu qui résulte de la récupération de la pâte contenue dans différents endroits du circuit de la production. En pratique lorsqu'elle était refondue, la pâte crème très fortement et transmet ce processus physico-chimique de modification de la structure au fromage fraîchement fondu auquel elle est ajoutée (**Boutonnier, 2000**).

c. La poudre de lait

La poudre de lait est un produit laitier obtenu à partir d'un lait cru ayant subi une déshydratation par la chaleur (180°C) permettant ainsi une longue conservation. On repartit les poudres de lait en trois groupes : poudre de lait entier (26% de MG), poudre de lait demi entier (22% de MG) et poudre de lait écrémé (0% de MG) (**Caric, 2000**).

d. Autres matières premières laitières

En outre des fromages, d'autres matières premières laitières sont utilisées pour la fabrication du fromage fondu. On peut citer, les concentrés protéiques laitiers, les poudres de lait écrémé, lactosérum, lactose, caséines-caséinates, protéines de sérum, copécipités, crème, beurre et matière grasse laitière anhydre (**Fox et al., 2000**).

II.3.5.2. Matières premières non laitières

a. L'eau

L'humidité des fromages étant généralement faible et puisque l'on incorpore des poudres, il est absolument nécessaire d'apporter de l'eau au mélange. Elle peut être apportée sous forme liquide en une ou plusieurs fois à différents moments de la fabrication mais toujours froide afin d'assurer une quantité d'eau de condensation constante lors du chauffage.

Dans le cas des traitements thermiques de type stérilisation UHT, cette eau est injectée sous forme de vapeur. Cette vapeur doit être filtrée avant injection de manière à être débarrassée des additifs apportés par le traitement des eaux de chaudière et des contaminants récupérés lors de sa distribution (**Boutonnier, 2000**).

b. Les sels de fontes

Sans sels de fonte, pas de fromage fondu formule qui se dit quel que soit le fromage fondu fabriqué, ce sont des matières premières de base dans la fabrication du fromage fondu. Les sels de fontes sont des agents très importants pour la fabrication des fromages fondus, ils sont d'ailleurs à l'origine de la fonte. A ce jour les phosphates et les citrates sont pratiquement les sels de fonte utilisés, leur nom et dose d'emploi est règlementé dans le **JORA N°30 du 2012**.

c. Additifs alimentaires

Ce sont des agents de sapidité, colorants, agent de texture et conservateurs utilisés de manière limitée, selon le type de fromage fondu (**Boutonnier, 2000**).

II.3.6. Les étapes de fabrication du fromage fondu

Les étapes de fabrication du fromage fondu sont présentées comme suit :

a. Coupage et broyage du fromage

Les fromages de fonte doivent subir un broyage. Cette technique s'effectue à l'aide de machine spéciale «broyeur». Le fromage sort du broyeur sous forme de long spaghettis (**Luquet, 1985**).

b. Pesage et mélange des ingrédients

Une fois le broyage est terminés, les différents lots de fromage sont pesés et mis dans des grandes machines «cuiseurs» avec les autres ingrédients préalablement pesés avec exactitude. Les sels de fonte sont pesés soit à l'état sec, soit sous forme de solution (**Anonyme, 1989**).

c. Cuisson et traitement thermique du mélange

Cette opération consiste en deux étapes qui se déroulent simultanément et qui sont : pasteurisation et cuisson (**Luquet, 1985**).

d. La pasteurisation

Inventée par Louis Pasteur en 1865, la pasteurisation servait à l'origine a empêché la fermentation au niveau du lait. Cette technique, limite la prolifération microbienne sans la détruire entièrement. Les aliments sont chauffés entre +65°C et +95°C durant quelques secondes puis brusquement refroidis à une température d'environ 10°C (**Luquet, 1985**).

Il existe trois types de pasteurisation

- ✓ Pasteurisation basse : entre +63°C et +65°C (pour les œufs, les appareils à glaces).
- ✓ Pasteurisation haute : entre +70°C et +75°C (lait et semi-conserves).
- ✓ Flash pasteurisation : plus de +95°C (lait haute qualité, jus de fruit).

e. Cuisson :

Cette étape est importante dans le processus de fabrication du fromage fondu. Le mélange est introduit dans les cuiseuses, ou il subit une cuisson et brassage simultané, la cuisson est réalisée grâce à l'injection directe de vapeur sous vide pendant 5 à 10 minutes.

La température de mélange atteint une valeur de 85°C à 90°C (**Luquet, 1985**).

On constate trois phénomènes physico-chimiques :

- Péptisation
- Hydratation
- Crémage
- ✓ **Péptisation**

Selon (**Luquet, 1987**) les protéines émulsifiantes de la matière grasse dans les fromages naturels sont stabilisées par le pont calcique.

Les sels de fonte vont chélates ce calcium transformant ainsi le paracaséinate de calcium insoluble en paracaséinate de sodium soluble, c'est la péptisation ou déstructuration du gel existant.

✓ **Hydratation**

Le processus d'hydratation ou de «gonflement» aboutit à une édification de la consistance, c'est à ce moment-là qu'à lieu la phase de «crémage» (**Luquet, 1987**).

✓ **Crémage**

Le crémage est un phénomène physico-chimique caractérisé par l'absorption d'une quantité d'eau au niveau de chaque particule protéique, provoquant le gonflement et l'épaississement de la pâte et une modification de liaison chimique qui a lieu pendant le chauffage, le cambrage, le refroidissement et le stockage (**Luquet, 1987**).

f. Homogénéisation

On peut éventuellement faire subir au produit une étape d'homogénéisation cette dernière améliore la stabilité de l'émulsion de matière grasse en diminuant la taille de globule gras. Toutefois, du fait de son coût supplémentaire, de la prolongation du temps de fabrication, l'homogénéisation n'est recommandée que pour des produits à teneur élevée en matière grasse (**Luquet, 1986**).

g. Conditionnement du fromage fondu

Dans les premiers temps le transport de la pâte chaude du fromage est assuré manuellement dans des seaux. Actuellement et pour éviter une contamination au cours du conditionnement, le transfert du fromage se fait de plus en plus par des tuyauteries en acier inoxydable alimentant des couleuses. Celle-ci emballant à une très grande vitesse le fromage fondu plus au moins chaud et liquide dans des feuilles d'aluminium vernissées (**Luquet, 1986**).

Partie bibliographique

La forme du produit triangulaire généralement est donnée par l'emballage lui-même. A la fin le fromage fondu conditionné est assemblé manuellement dans des boîtes rondes en carton, contenant 8 à 16 portions ou sous forme de barre (**Luquet, 1986**).

h. Refroidissement

Après conditionnement, le refroidissement se fait rapidement dans des chambres froides, mais sans trop de brutalité pour éviter la condensation d'eau qui pourrait se produire à l'extérieur des emballages (**Anonyme, 1986**).

i. L'étiquetage

Cette étape est nécessaire, elle vient directement après l'étape de refroidissement. Selon (**Luquet, 1986**), plusieurs notions doivent être mentionnées sur l'étiquetage.

III.1. Présentation de matière première (l'extraction de gomme de caroube) :

La gomme de caroube est extraite à partir de l'endosperme de la graine de caroube .Elle forme une réserve de nourriture pour les graines et aide à maintenir l'eau dans des conditions aride. Cette méthode consiste à laisser gonfler les graines dans l'eau bouillante. Ensuite, il y a séparation des constituants de la graine (endosperme, germe, peau).

Les étapes suivantes représentent l'extraction de la gomme de caroube :

- Nettoyer des graines de caroube ;
- Immerger à 800 ml d'eau bouillante à 100°C pendant 2 heures ;
- Pesage la masse de graines après chaque étape (Figure III-2) ;
- L'endosperme et le germe alors ont séparé manuellement ;
- Séchage à l'aire libre ;
- Broyage (Figure III-4).



Fig.III-1: Fruit du caroubier (Caroube).



Fig.III-2: Les graines des caroubes.



Fig.III-3: L'endosperme et les germes des graines de caroube.



Fig.III-4: La gomme de caroube brute

III.2. Les méthodes d'analyses

Elles se rapportent aux expériences suivantes :

- 1- Caractérisation physico chimique de la gomme de caroube ;
- 2- Quantification de quelques composés principaux ;
- 3- Les analyses physico chimique de fromage fondu.

III.2.1. Les méthodes physiques

Les analyses sont effectuées au niveau de laboratoire de la faculté science de la nature et de la vie

III.2.1.1. Détermination de taux des pertes pendant le séchage (NF T 60-305, Juin 1976)

❖ Principe

La teneur en eau a été déterminée par dessiccation de 1g de gomme de caroube dans une capsule en porcelaine puis séchée dans une étuve, à une température de 105°C.

❖ Mode opératoire

- Sécher des capsules vides à l'étuve durant 15 mn à 103 ± 2 °C ;
- Tarer les capsules après refroidissement dans un dessiccateur ;
- Peser dans chaque capsule 1 g d'échantillon et les placer dans l'étuve réglée à 103 ± 2 °C pendant 3 heures ;
- Retirer les capsules de l'étuve, les placer dans le dessiccateur et après refroidissement les peser ;
- L'opération est répétée jusqu'à l'obtention d'un poids constant.

❖ Expression des résultats

La teneur en eau est déterminée selon la formule suivante :

$$H(\%) = (M1 - M2) / P \cdot 100$$

Soit :

$H\%$: Humidité.

1 M : Masse de la capsule + matière fraîche avant séchage en g.

2 M : Masse de l'ensemble après séchage en g.

P : Masse de la prise d'essai en g.

$$\text{Matière sèche} = 100 - H\%$$

III.2.1.2. Détermination de la teneur en cendres (NF V 05-113, 1972)

❖ Principe

Un échantillon de 2g de gomme de caroube est mis dans des capsules et à 550 °C dans un four à moufle jusqu'à obtention d'une cendre blanchâtre de poids constant.

❖ Mode opératoire

- Dans des capsules en porcelaine, on pèse 2g de gomme de caroube ;
- On place les capsules dans un four à moufle réglé à 550 ± 15 °C pendant 5 heures jusqu'à obtention d'une couleur grise, claire ou blanchâtre ;
- On retire les capsules du four, on les met dans le dessiccateur pour se refroidir et puis, on les pèse.

❖ Expression des résultats

$$\text{MO (\%)} = (M1-M2/P).100$$

Soit :

MO % : Matière organique.

M1 : Masse des capsules + prise d'essai.

M2 : Masse des capsules + cendres.

P : Masse de la prise d'essai.

La teneur en cendres (*Cd*) est calculée comme suit :

$$\text{Cd} = 100 - \text{MO \%}$$

III.2.2. Méthodes d'analyses chimiques

III.2.2.1. Détermination du pH (NF V 05-108, 1970)

❖ Principe

Détermination en unité de pH de la différence de potentiel existant entre deux électrodes en verre plongées dans une solution aqueuse de la gomme de caroube.

❖ Mode opératoire

- On met dans un bécher la gomme de caroube et y ajouter trois fois son volume d'eau distillée;
- Chauffer au bain-marie pendant 30 mn ;
- La détermination du pH par le pH-mètre électronique en prenant soins que l'électrode soit complètement immergée dans la solution.

III.2.2.2. Détermination de l'acidité titrable (NF V 05-101, 1974)

❖ Principe

Titration de l'acidité d'une solution aqueuse de la gomme de caroube avec une solution d'hydroxyde de sodium.

❖ Mode opératoire

- On pèse 5g de gomme de caroube ;
- On place l'échantillon dans une fiole conique avec 50 ml d'eau distillée chaude récemment bouillie et refroidie, puis mélanger jusqu'à l'obtention d'un liquide homogène ;
- On chauffe le contenu au bain-marie pendant 30 mn;
- Refroidir, transvaser quantitativement le contenu de la fiole conique dans une fiole jaugée de 250 ml et compléter jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée récemment bouillie et refroidie, bien mélanger puis filtrer ;
- On prélève à la pipette 25 de l'échantillon pour essai selon l'acidité présumée, et on les verse dans un bécher sous agitation ;
- On titre avec une solution d'hydroxyde de sodium ;
- On opère rapidement jusqu'à l'obtention d'une couleur rose.

❖ Expression des résultats

L'acidité titrable est exprimée selon la formule suivante :

$$A(\%) = 250 \cdot V1 \cdot 100 / V0 \cdot M \cdot 10$$

Soit :

M : Masse, en grammes de produit prélevé.

V0 : Volume en millilitres de la prise d'essai.

V1 : Volume en millilitres de la solution d'hydroxyde de sodium à 0.1 N utilisé.

III.2.3. Quantification de quelques composés principaux

III.2.3.1. Dosage des polyphénols de la gomme de caroube

• Extraction de polyphénols

Il s'agit d'une extraction solide-liquide. Le principe consiste en ce que le solvant doit franchir la barrière de l'interface solide liquide, dissoudre le principe actif à l'intérieur du

Matériels et méthodes

solide et l'entraîner à l'extérieur. La plus part des auteurs suggèrent que l'entrée du solvant se fait par un mécanisme osmotique et la sortie du soluté par dialyse ou par diffusion. Le solvant utilisé dans cette présente étude est l'éthanol (70%). Celui-ci possède l'avantage d'être plus facilement éliminé sous vide, il donne en plus un meilleur rendement d'extraction (7 fois plus que celui d'eau) (**Ribéreau-Gayon, 1968**). Le rendement d'extraction en polyphénols augmente aussi avec le temps de contact (**Lapornik et al., 2004**).

La figure suivante montre le procédé d'extraction

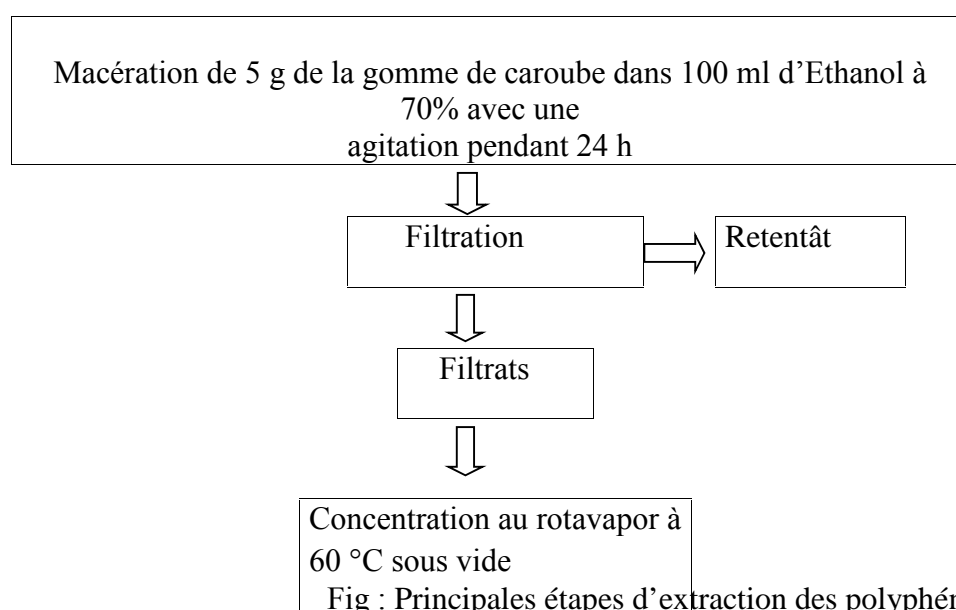


Fig.III-5: Principales étapes d'extraction des polyphénols (**Owen et Johns, 1999**).

- **Détermination de la teneur en polyphénols totaux**

- **Principe**

En présence de phénols, le mélange d'acide phosphotungstique (H₃PW₁₂O₄₀) et phosphomolibdique (H₃PMo₁₂O₄₀) est réduit en oxydes bleus de tungstène (W₈O₂₃) et de molybdène (Mo₈O₂₃), que l'on détermine par colorimétrie, (**Ribéreau-Gayon, 1972**).

- ❖ **Mode opératoire**

Le dosage des polyphénols totaux est réalisé par la méthode décrite dans la littérature (**Kamazawa S et al., 2002; Singleton V, 1999**) avec quelques modifications.

Le dosage des polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique de la gomme de caroube est illustré dans la figure suivante :

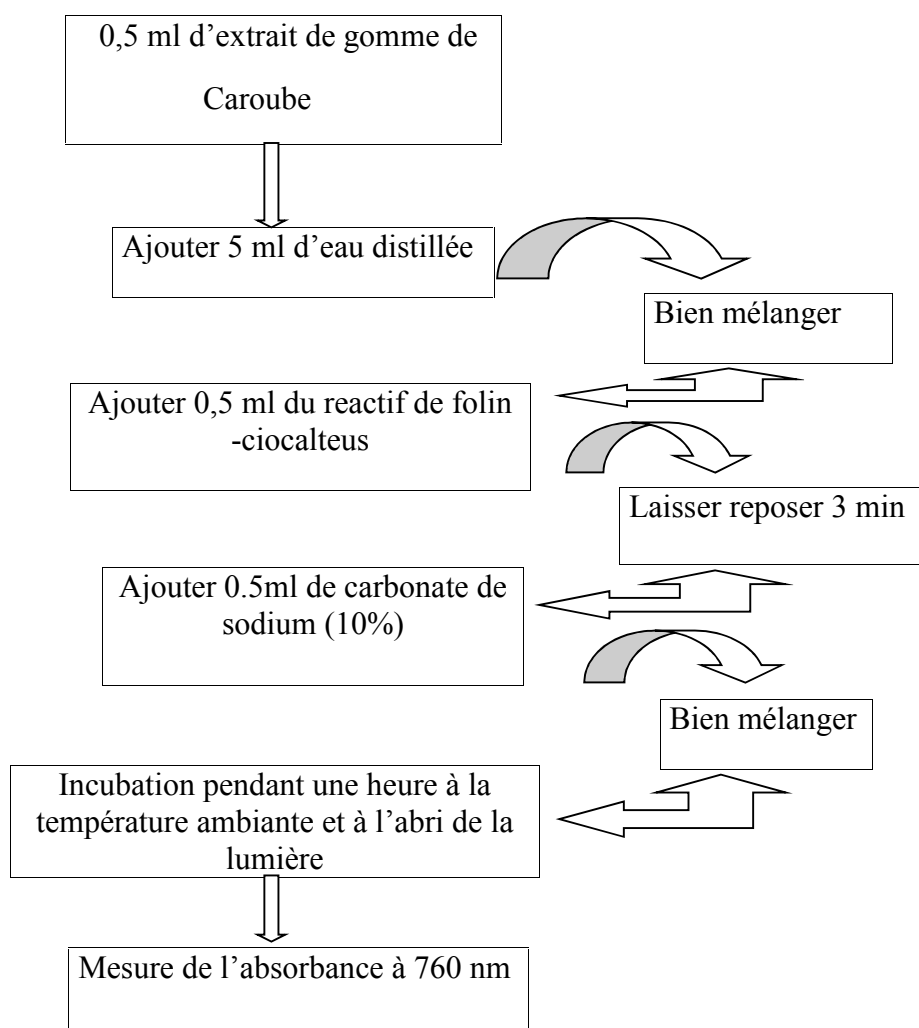


Fig.III-6: Organigramme représentant le dosage des polyphénols totaux. (Kamazawa S *et al.*, 2002).

La concentration en composés phénoliques totaux exprimée en mg équivalent d'acide gallique par g de est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard d'étalonnage (Annexe II).

III.2.3.2.Détermination de la teneur en flavonoïdes

❖ Principe

Matériels et méthodes

L'estimation de la teneur en flavonoïdes totaux contenus dans les extraits Ethanolique de la gomme de caroube est réalisée par la méthode décrite dans la littérature (**Bahorun Tet al., 1996**).

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre, en position 5 qui est susceptible de donner avec le groupement CO, un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium. Ils forment des complexes jaunâtres par chélation des métaux (fer et aluminium). Ceci traduit le fait que le métal (Al) perd deux électrons pour s'unir à deux atomes d'oxygène de la molécule phénolique agissant comme donneur d'électrons.

❖ Mode opératoire

Le dosage des flavonoïdes dans l'extrait éthanolique de la gomme de caroube est représenté dans la figure suivante :

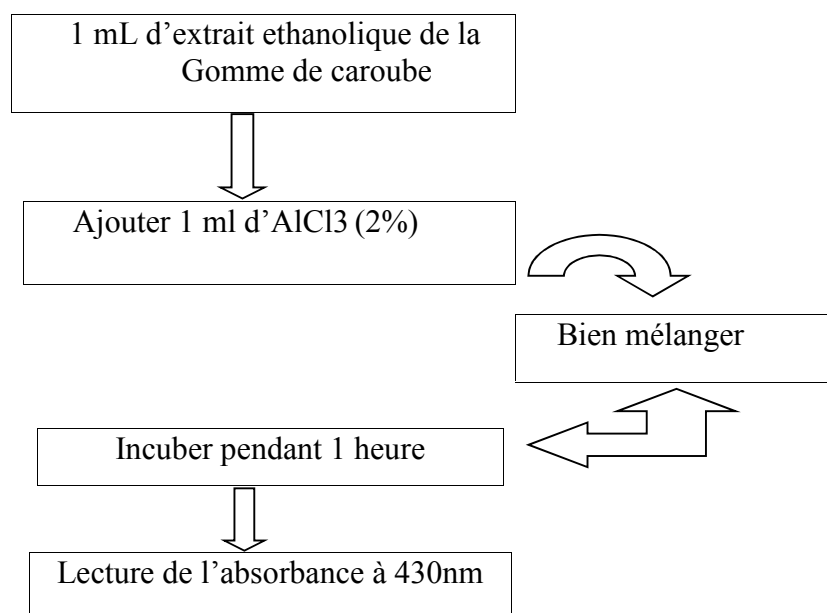


Fig.III-7: Organigramme représentant le dosage des flavonoïdes dans l'extrait de gomme de caroube (**Bahorun Tet al., 1996**).

La courbe d'étalonnage ($Y=aX+ b$) obtenue avec la quercétine à différentes concentrations pratiquée dans les mêmes conditions opératoires que les échantillons servira à la quantification des flavonoïdes (**Annexe II**).

III.2.3.3. Dosage des protéines solubles

- Extraction des protéines soluble de la gomme de caroube

Matériels et méthodes

L'extrait de la gomme de caroube est préparé par l'incubation de la gomme dans la solution tampon phosphate 0,1 M (PBS) pH 7,6 avec une proportion de 15 % à (4 à 8°C) pendant 4 à 8 heures (**Goupy J, 2001**).

Les extraits sont centrifugés à 1000 tours par minute pendant 40 minutes et on récupère le surnageant.

- **Quantification des protéines solubles**

Le dosage des protéines totales solubles des extraits de gomme de caroube a été réalisé selon la méthode préconisée par **BRADFORD (1976)**. C'est une méthode colorimétrique qui permet la détermination des concentrations d'une solution protéique.

Le réactif de BRADFORD se prépare en mélangeant :

- 1- 100 mg de bleu de coomassie ;
- 2- 100ml de l'acide phosphorique à 85% ;
- 3- 50 ml d'éthanol à 95% ;
- 4- q.s.p 1000 ml d'eau distillée.

Ce réactif peut être conservé pendant 1 mois à 4 °C à l'obscurité.

Pour la quantification des protéines de la gomme de caroube, on prend 10 µl de l'extrait protéique de la gomme avec 90 µl de la solution tampon et 5 ml de réactif de BRADFORD, bien mélangé. Le mélange est incubé à la température ambiante pendant 10 mn à l'abri de la lumière. On lit la D.O à 597 nm.

Une courbe d'étalonnage est tracée, on utilisant la B.S.A. (Bovin Sérum Albumine) (**Annexe II**).

III.2.3.4. Détermination du résidu sec soluble (°Brix)

On entend par résidu sec soluble (déterminé par réfractométrie) la concentration en saccharose d'une solution aqueuse ayant le même indice de réfraction que le produit analysé, dans les mêmes conditions de préparation et de température. Cette concentration est exprimée en pourcentage massique, **AFNOR (NF V 05-109, 1970)**. On mesure à 20°C, l'indice de réfraction de l'échantillon préparé, et à l'aide d'un tableau de conversion on détermine la teneur en résidu sec soluble. On pèse 5g de la poudre de gomme de caroube dans un bécher de 250 ml, préalablement taré. On ajoute une quantité d'eau distillée égale à neuf fois la masse du produit. On chauffe au bain marie pendant 30mn en remuant de temps en temps. Après refroidissement, on ajoute de l'eau distillée jusqu'à ce que la totalité du contenu du bécher soit

Matériels et méthodes

approximativement de 100 ml. On mélange avec soin. 20 mn après on centrifuge le mélange, puis on détermine le taux de résidu sec soluble par le réfractomètre.

Le résidu sec soluble est donné par la formule suivante :

$$\text{°Brix (\%)} = M.M1/E$$

Où :

E : est la masse de produit utilisé pour la détermination (g).

M_1 : est la masse du résidu sec soluble pour 100g de produit analysé (g).

M : est la masse totale de la solution pesée (contenue dans le bécher).

III.2.3.5. Détermination de la teneur en lipides (NF EN ISO 734-1,2000)

Les corps gras sont les substances organiques qui peuvent être extraites à partir des fruits et végétaux par des solvants organiques non polaires au moyen de l'appareil soxhlet. Après Séchage du ballon de 500 ml à l'étuve à 105°C pendant une heure et refroidissement au dessiccateur pendant 30 mn, on pèse le ballon à la précision de 0.001g.

Environ 20g de gomme de caroube est introduire dans la cartouche l'intérieur de l'appareil Soxhlet. On verse 200ml d'éther de pétrole dans le ballon et 50ml dans l'extracteur, puis on chauffe le ballon pendant 4h (20 siphonages par heure) jusqu'à l'épuisement de la matière grasses.

Après élimination du solvant du ballon par distillation, on sèche le résidu du ballon dans une étuve à 70-80°C, puis on laisse refroidir le ballon au dessiccateur pendant 30mn. On pèse le ballon avec l'huile.

La teneur en matière grasse est exprimée par la formule suivante :

$$\text{MG(\%)} = (P_2 - P_1) / P_3 \cdot 100$$

Soit :

P_1 : Poids du ballon vide (g).

P_2 : Poids du ballon avec l'huile extraite (g).

P_3 : Poids de la prise d'essai (g).

III.2.3.6. Profil d'acides gras (ISO 5509 :2000)

❖ Principe

Les esters méthyliques se forment par transestérification dans une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium comme phase intermédiaire avant la saponification.

❖ Mode opératoire

Dans une éprouvette à bouchon vissant de 5 ml, peser environ 0,1 g de l'échantillon d'huile. Ajouter 2 ml d'heptane ou Hexane et agiter. Ajouter 0,2 ml de la solution méthanolique 2 N d'hydroxyde de potassium, boucher à l'aide du bouchon muni d'un joint en PTFE, bien fermer et agiter énergiquement pendant 30 secondes. Laisser reposer jusqu'à ce que la Partie supérieure de la solution devienne claire. Décanter la couche supérieure, qui est celle qui contient les esters méthyliques. La solution d'heptane est prête pour l'injection dans le chromatographe. Il est conseillé de maintenir la solution au réfrigérateur jusqu'au moment de l'analyse chromatographique. Il n'est pas recommandé de stocker la solution pendant plus de 12 heures.

III.2.3.7. Activité anti-radicalaire

❖ Principe

Le 1,1-diphényl-2-picryl-hydrazyl (DPPH) est défini comme radical libre stable par vertu de la délocalisation de l'électron disponible qui provoque la couleur violette profonde, caractérisée par une absorption. Il réagit avec des groupements amines, les phénols, les acides, les composés hydro-aromatiques...etc. Cette propriété est largement recommandée et utilisée dans la pratique analytique. Quand la solution de DPPH est mélangée à celle d'une substance qui peut donner un atome d'hydrogène ou un électron, alors ceci provoque la forme réduite (1,1-diphényl-2-(2, 4,6- trinitrophenyl) hydrazine (DPPH₂)) avec la perte de la couleur violette et apparition d'une couleur jaune pâle résiduelle due à la présence de groupement picryl selon la réaction suivante (Molyneux P, 2004).

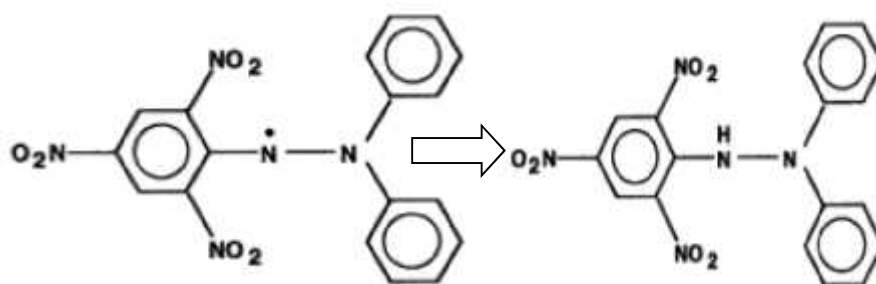


Fig.III-8: Réduction du radical libre DPPH en DPPH (Molyneux P, 2004).

La mise en évidence du pouvoir antioxydant des extraits de gomme de caroube via le test DPPH, est effectuée par la méthode décrite dans la littérature (Shi X., Dala N.S, 1991).

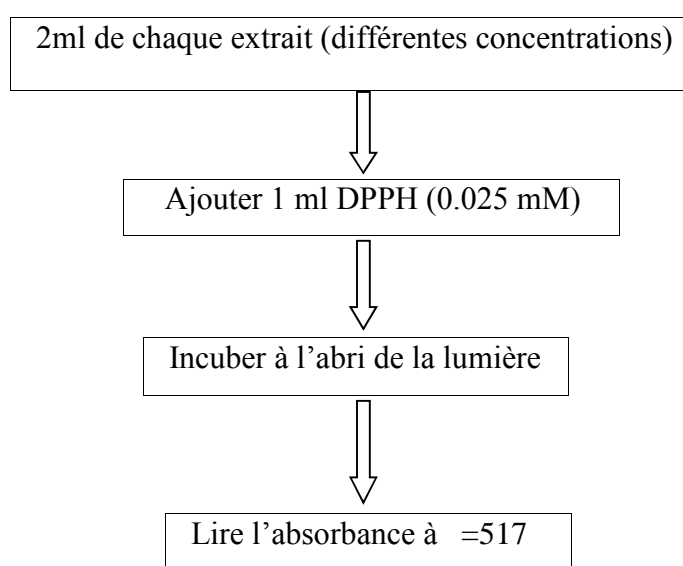


Fig.III-9: Etapes de test DPPH (Molyneux P, 2004).

Les absorbances ont été convertis en taux de radical-balayage de DPPH selon l'équation:

$$\text{(\% d'inhibition du DPPH Macération)} = \frac{\text{Ac}-\text{Ae}}{\text{Ac}} \cdot 100$$

Tel que : **AC** : Absorbance du contrôle.

Ae : Absorbance de l'échantillon.

N.B : Des antioxydants de synthèse (Quercétine, BHA, et acide ascorbique) ont été préparées pour leurs effets sur le pouvoir anti-radicalaire.

A différentes concentrations, le calcul de (EC50) (equivalent concentration to give 50% effect) est effectué, car cette valeur nous permet d'interpréter les résultats de cette méthode.

III.2.4.L'incorporation de gomme de caroube dans le fromage fondu

Dans cette partie on a fait l'incorporation de différentes quantités de gomme de caroube dans le fromage fondu

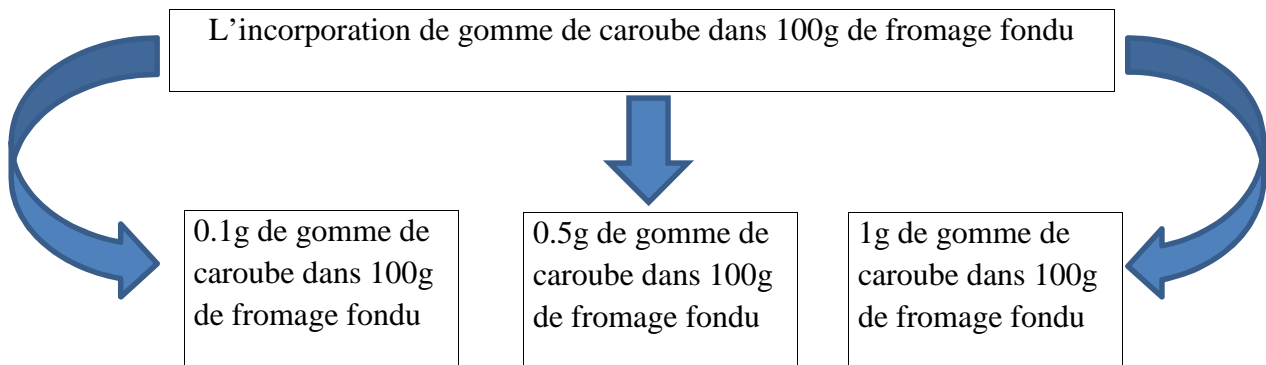


Fig.III-10: L'incorporation de différentes quantités de gomme da caroube dans 100g de fromage fondu.



Fig.III-11 : Les échantillons de fromage fabriqué.

Notre analyse a été réalisée au sein du laboratoire de contrôle de qualité de l'unité laitière et fromagère LFB de Boudouaou où sont effectuées toutes les analyses physico-chimique et microbiologique de fromage fondu fabriqué (**Annexe I**).

III.2.4.1. Analyse physico-chimique de fromage fabriqué :

Les analyses physico-chimiques sont effectuées dans le but du contrôle de la qualité de produit fini : pH, extrait sec total (EST), matière grasse (MG), et le gras sur sec (G/S).

a- Mesure de pH :

❖ Principe

Cette méthode décrit la mesure électro-métrique du pH (acide ionique), elle s'applique au fromage fondu. Son principe est la mesure directe du pH (**Amargilios, 1986**).

❖ Mode opératoire

L'opération consiste à introduire directement l'électrode déjà étalonnée dans le produit fini en réglant le correcteur de la température du pH mètre à celle du produit et lire directement sur l'échelle du galvanomètre la valeur du pH donnée.

b-Détermination de l'extrait sec totale (EST) :

❖ Principe

Le principe de cette méthode repose sur la dessiccation par l'évaporation de l'eau à + 80°C d'une quantité déterminée du fromage fondu. La matière sèche est exprimée en pourcentage en masse (**AFNOR, 1986**).

❖ Mode opératoire

Régler les paramètres de fonctionnement de l'analyse de l'humidité, la température, le mode 100-0%, et le fromage fondu sur une feuille d'aluminium, préalablement pesé contenant la prise d'essai puis placer dans le détecteur d'humidité pendant un temps d'évaporation (**Annexe III**).

c-Mesure de la teneur en matière grasse

La matière grasse est déterminé par la méthode de Gerber ou méthode acido-butyrométrique de **VAN GULIK (ISO3433-2002)**.

❖ principe

La matière grasse du fromage est séparée par centrifugation ou butyromètre, après avoir dissous les protéines du fromage l'acide sulfurique, la séparation de la matière grasse est favorisée par l'addition d'une petite quantité d'alcool iso-amylique. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture directe sur l'échelle du butyromètre.

❖ Mode opératoire

-Dans un contenant en verre préalablement taré, introduire 3g de l'échantillon du fromage. Introduire le gobelet dans la panse du butyromètre et fixer le bouchon au col. Ajouter l'acide sulfurique (D=1.520) par l'ouverture de la tige jusqu'à ce que le niveau d'acide dépasse le gobelet de 2 mm environ.

-Après avoir bouché l'ouverture de la tige, le butyromètre est placé dans un bain d'eau à 65°C. Agiter de temps en temps le butyromètre dans un plan horizontal jusqu'à dissolution complète de la prise d'essai.

-Ajouter 1 ml d'alcool iso-amylique, ensuite de l'acide sulfurique jusqu'à au trait 35 ml de la graduation. Le butyromètre est agité énergiquement dans un agitateur vortex pour rendre le liquide homogène et placé ensuite dans le bain d'eau pendant 5mn.

-Centrifugé pendant 10 mn et placer de nouveau le butyromètre dans le bain d'eau pendant 5 mn. La teneur en matière grasse est obtenue par lecture direct sur la graduation du butyromètre (**Annexe III**).

❖ Expression des résultats

La teneur en matière grasse (MG) du produit fini .Exprimé en g pour 100g de fromage est :

$$\text{MG}(\%) = \text{B} - \text{A}$$

Ou :

A : la lecture faite à l'extrémité inférieure de la colonne de MG.

B : la lecture faite à l'extrémité supérieure de la colonne de MG.

d-Détermination de la teneur en matière grasse sur la matière sèche

La vérification de la conformité de la teneur en matière grasse aux dispositions réglementaire et aux indications de l'étiquetage (**AFNORE 1986**).

❖ Expression des résultats

La teneur en matière grasse exprimée en g pour 100g de matière sèche est donnée par la formule :

$$\text{MG/MS(\%)} = \text{MG(\%)/MS(\%)} \cdot 100$$

Ou :

MS : La teneur en matière sèche.

MG : La teneur en matière grasse.

III.2.4.2.les analyses microbiologique de fromage Fabriqué :

• Préparation des dilutions :

La préparation des dilutions pour le produit fini (le fromage fabriqué) a été réalisée en suivant le procédé ci-dessus :

-Une quantité du produit à analyser a été introduire dans un flacon stérile préalablement taré. Nous avons ajouté aseptiquement à ce dernier un volume précis d'eau physiologique à l'aide d'une éprouvette graduée stérile.

-Ce mélange a été homogénéisé à l'aide d'un barreau magnétique. A la fin nous avons obtenu une suspension mère correspond à la dilution 10^{-1} .

-A partir de la suspension mère, nous avons prélevé stérilement à l'aide d'une pipette un volume de 1 ml que l'on a introduire dans un tube à essai contenant au préalable 9 ml d'eau physiologique

-Après homogénéisation, la dilution 10^{-2} été obtenue (**Annexe IV**).

a-Recherche et dénombrement des germes (JORA, 1998)

- **Recherche et dénombrement des coliformes Totaux :**

- ❖ **Principe**

Les coliformes se distinguent des autres entérobactéries par leur aptitude à fermenter le lactose, leur détection consiste à incuber l'échantillon à 37°C pendant 24 à 48 heures. Pour cela on utilise des milieux de culture contenant de lactose comme source de carbone et de l'énergie, (**JORA, 1998**).

- ❖ **Mode opératoire**

Nous avons porté aseptiquement 1 ml dilutions décimale allant de 10^{-1} , 10^{-2} dans des boites de pétri vides préparées et numérotées à cet usage. Nous avons complété ensuite avec environ 15 ml de gélose Désoxycholate fondu dans un bain marie puis refroidie à 47°C + ou - 2°C. Nous avons homogénéisé le contenu en effectuant dans des mouvements circulaires et de « va et viens » en forme de « 8 » sur une surface fraîche et horizontale pour permettre à l'inoculum de se mélanger à la gélose. Nous avons laissé solidifier sur la paillasse. Les boites seront incubées à 37°C pendant 24 à 48 heures, en faisant une première lecture après 24 heures (**Annexe IV**).

- ❖ **Lecture**

Le résultat positif a été traduit par l'apparition des colonies de couleur rouge cerise.

- **Recherche de coliformes Fécaux**

- ❖ **Principe**

Les coliformes fécaux ont été isolés et dénombrés sur un milieu gélosé sélectif le Désoxycholate, (**JORA, 1998**).

❖ Mode opératoire

Le même procédé que pour la recherche des coliformes totaux sauf que les boîtes ont été incubées à 44°C pendant 24 à 48 heures, en faisant une première lecture après 24 heures (**Annexe IV**).

❖ Lecture

Il s'agit de dénombrer toutes les colonies rouges cerise ayant poussé en masse dans les boîtes en tenant compte des facteurs de dilutions, dénombrer les boîtes entre 30 et 300 colonies. Les résultats sont exprimés des germes par « ml » ou « g » de produit selon la formule suivante :

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

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

V : volume de l'inoculum.

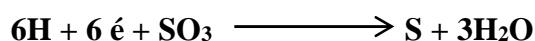
N : nombre de colonies.

D : facteur de dilution ou la dilution considérée.

b-Recherche et dénombrement des clostridium sulfito -réducteur (CRS)

❖ Principe

La recherche des clostridium sulfito-réducteur se base sur leur croissance, dans un milieu sélectif, muni du sulfite de sodium et d'alun de fer. Clostridium sulfito – réducteur réduit les sulfites en présence d'un donneur d'H₂.



Cette propriété biochimique, qui a été utilisé pour la numération des spores et des formes végétatives, et due à une réductase intra-bacillaires qui ne diffuse pas dans le milieu. Cette activité est mise en évidence par l'adjonction des sels de fer dans le milieu. Le H₂S formé, réagit avec le sel de fer pour former un sulfure de fer qui entoure les colonies d'un précipité noir important, en gélose profonde (**Plusquellec, 1991**).

❖ Mode opératoire

Nous avons pris quatre tubes à essai dont deux contenant chacun 1 ml de la suspension mère 10^{-1} , et deux contient 1ml de la dilution 10^{-2} , les tubes sont portés au bain-marie à 80°C pendant 10 minute. Après refroidissement des tubes par l'eau de robinet, le milieu sélectif à la croissance de ce germe « gélose viande foie + alun de fer + sulfite de sodium » a été additionné a raison de 15 ml dans des tubes à essai. Après une agitation rapide, nous avons incubé les tubes à l'étuve à 46°C pendant 72 heures (**Annexe IV**).

❖ Lecture

La présence de clostridium sulfito-réducteur est mise en évidence par l'apparition de colonies noires. Le résultat s'exprime par le nombre de spore par « ml » ou « g » de produit.

c-Recherche et dénombrement de staphylococcus aureus

❖ Principe

Le dénombrement de staphylococcus aureus est réalisé grâce au milieu Baird Parker (B.P).Ce milieu contient du jaune d'œuf. Ce dernier est apporté au moment du coulage du milieu. Il est composé aussi de tellurite (dioxyde de tellure TeO_2) (**Joffin et Joffin, 2003**).

❖ Mode opératoire

Nous avons étalé 0.1 ml de la suspension mère sur la surface du milieu. L'incubation se fait à 37°C pendant 24 à 48 heures (**Annexe IV**).

❖ Lecture

Le résultat positif est traduit par l'apparition des colonies noires sont dues à la réduction du tellurite en tellure, entourées d'un halo clair. Ce halo dû à la protéolyse des protéines du jaune d'œuf, un lisere blanc opaque est dû à la précipitation des acides gras produit par lecithinase qui hydrolyse la lécithine de jaune d'œuf. Les résultats sont exprimés en nombre de germe par « ml » ou « g » de produit selon la formule suivante :

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

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

V : volume de l'inoculum.

N : nombre de colonies.

D : facteur de dilution ou la dilution considérée.

d-Recherche et dénombrement des salmonelles

❖ Principe

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

❖ Mode opératoire

Pour réaliser cette recherche on doit passer par trois étapes :

• Le pré-enrichissement

Nous avons introduit 1 ml de la suspension mère (10^{-1}) dans 10 ml de milieu B.L.M.T. Après homogénéisation à la main on incube à 37°C pendant 24 heures.

• L'enrichissement

Nous avons transféré 1 ml de la suspension de pré-enrichissement dans un tube à essai qui contient 10 ml d'un milieu sélectif S.F.B. Le tube a été incubé à 37°C pendant 24 heures. Le but de cette étape est d'éliminé au maximum les autres germes et de garder uniquement les germes appartenant au genre salmonelle.

• L'isolement

Se réalise sous forme de stries sur milieu sélectif solide qui est la gélose Hektoene, à partir du milieu d'enrichissement. L'incubation est faite à 37°C pendant 24 heures.

❖ Lecture

Les colonies caractéristiques des salmonelles apparaissent avec une coloration bleu verdâtre à centre noirâtre de 2 à 4 mm de diamètre.

Résultats et discussion

IV. Les analyses physiques-chimiques de gomme de caroube.

Les résultats des analyses physique-chimiques de gomme de caroube sont présentés dans le tableau N°IV-1.

Tableau N°VI-1: Résultats des analyses physiques-chimiques de gomme de caroube.

L'analyse	Résultats
Taux de pertes pendant le séchage	8,79%±0,06
Matière sèche	91,20%±0,06
Taux les cendres (%)	0,5%±0,01
Taux de la matière organique (MO %)	99,5%±0,01
pH	6,80±0,08
L'acidité titrable	1,75±0,60
Polyphénol (mg/g)	1,8±0,33
Flavonoïde (mg/g)	0,057±0,0006
Protéines	38%
Lipides (%)	5,2%
Degré de Brix(%)	16,85%

IV.1. Les résultats des analyses physiques

IV.1.1. Pertes pendant le séchage :

Les résultats de la teneur en pertes pendant le séchage (élimination d'humidité à 105 °C) sont présentés dans le tableau N°IV-1.

Les analyses des échantillons ont révélés un taux de perte pendant le séchage d'ordre 8.85% cela signifie que la gomme de caroube est pauvre en eau et presque la totalité de son poids est constituée par la matière sèche (91,20%±0,06).

Résultats et discussion

Cette valeur est inférieure à celle trouvée par (Maier *et al.*, 1993) qui est de l'ordre de 10 à 13%. Cette différence peut être expliquée par les conditions de stockage ou conditions climatiques.

L'humidité de la gomme est généralement inférieure à celle de la graine (Gaouar, 2010).

IV.1.2. Taux de cendres

Le taux de cendres nous renseigne sur la quantité totale en sels minéraux présents dans un échantillon de gomme, et par déduction le taux de la matière organique présent dans le même échantillon.

En effet, la teneur en cendres des aliments doit avoir un seuil à ne pas dépasser pour la consommation humaine (Maier, 1993). Les résultats obtenus sont illustrés dans le tableau N°IV-1.

Nous constatons que l'échantillon de gomme de caroube montre un taux de cendre ($0,5\% \pm 0,01$) ce qui conduit à déduire que la gomme de caroube est riche en matières organiques ($99,5\% \pm 0,01$). Cette valeur est légèrement inférieure comparativement à celle trouvée par (Maier, 1993) qui est d'ordre 1%, cela peut s'expliquer par l'effet de traitement chimique de la gomme (notre gomme n'a pas subi de purification).

Le taux de cendre au niveau de graines de caroube en Algérie 4% supérieur par rapport à la gomme de caroube 0,5% (Gaouar, 2010).

IV.2. Les résultats des analyses chimiques

IV.2.1. Résultats de pH

D'après les résultats des échantillons, on remarque que les échantillons de gomme de caroube ont montré un pH neutre 6,80 ($\pm 0,08$). Cette valeur est conforme selon les fiches technique utilisé (la valeur de gomme de caroube doit être variée de 5,5 à 7).

IV.2.2. L'acidité titrable de la gomme de caroube

Les résultats obtenus dans le tableau N°VI-1 mettent en évidence la nature de gomme de caroube.

Résultats et discussion

L'acidité de la gomme étudiée est d'ordre de (1,75%±0,60), cette valeur faible peut être expliquée par le pourcentage faible d'acide présent dans la gomme et justifier que notre gomme est de nature neutre.

IV.3. Quantification de quelques composés principaux

IV.3.1. La teneur en polyphénol et flavonoïde

L'étude quantitative des extraits phénolique bruts au moyen du dosage par spectrométrie, avait pour objectif la détermination de la teneur totale des polyphénols et des flavonoïdes. Deux courbes d'étalonnage ont été tracées, la première réalisée avec de l'acide Gallique à différentes concentrations, l'autre avec la Quercitine ; les mesures de densité optique ont été réalisées à 760 nm pour les polyphénols et à 430 nm pour les flavonoïdes.

Les quantités des polyphénols et des flavonoïdes correspondantes ont été rapportées en équivalent gramme de l'étalon utilisé et déterminées par deux équations linéaires de type :

$$Y = a X + b$$

La teneur en polyphénols et flavonoïdes sont inscrites dans le tableau N°IV-1.

IV.3.1.1. La teneur en polyphénols

Les teneurs en polyphénols totaux des différents échantillons de gomme de caroube présentent une valeur moyenne de 1,8mg d'équivalent d'acide galique /g de gomme de caroube (Ecart type : 0,33). Comparativement avec les teneurs en polyphénols totaux au niveau de graine en Algérie, notre résultat est inférieur à ceux de (Gaouar, 2010) qui sont de 4 à 5 mg/g.

La caroube étant riche en polyphénols, elle a suscité l'intérêt de plusieurs chercheurs notamment celui de (Doha et al., 2008) qui ont trouvé que les polyphénols de la caroube réduisaient le taux de glucose dans le sang et qu'ils avaient un index glycémique de 83,4%. Selon les travaux de (Ben Hsouna et al., 1986) les polyphénols de caroube (graines, pulpe, gomme...etc) possèdent une activité antioxydante ainsi qu'antibactérienne et antifongique, de plus ils agissent contre le stress oxydatif au niveau des cellules du colon, ce qui leur confère la propriété anticancérogène ; cela a été démontré dans les travaux de (Klenow et al., 2009).

IV.3.1.2. La teneur en flavonoïdes

Les flavonoïdes sont une classe de composés ubiquitaires dans les plantes, et représentent un des plus grands groupes de produit naturels phénoliques (Waridel P, 2003).

Résultats et discussion

La teneur en flavonoïdes dans les extraits éthanoliques de gomme de caroube est exprimée en mg/g représentée dans le tableau IV-1.

D'après les résultats trouvés on remarque que la teneur en flavonoïde de notre gomme de caroube est $0,057 \pm 0,0006$. Comparativement aux taux de flavonoïdes aux niveaux des graines en Algérie ; notre résultats est inférieurs à 0,2mg/g et rejoignent ceux (d'**Ayaz et al., 2007**) qui ont trouvé que la caroube contenait entre 0,41 et 0,48mg/g MS de flavonoïdes respectivement.

IV.3.2.Teneur en protéine soluble

Les protéines tiennent une place importante dans notre alimentation. En effet, pour l'Homme et l'animal, le besoin en protéines est d'environ 12 à 15% de la matière sèche du régime alimentaire, suivant l'espèce et l'état physiologique.

La teneur en protéine de la gomme de caroube est de 38% est supérieur comparativement à la valeur de (**Mairier, 1993**) qu'est 8%, cette différence peut être expliqué par le traitement de purification.

Le taux de protéines au niveau des graines en Algérie est de 40% nous constatons que le taux de gomme est inférieur cela explique qu'il existe d'autres parties contient de protéines comme le germe (**Gaouar, 2010**).

IV.3.3.Degré de brix

La gomme de caroube est un galactomannane, qui sont des polysaccharides obtenu à partir de l'endosperme de la graine (**kok et al., 1998**) (**Dea et al.,1975**).

Nos résultats concernant l'indice de brix est de 16,85% est inférieur de 40% au niveau des graines (**Gaouar, 2010**).

IV.3.4.Détermination de la teneur en lipides

Les lipides sont des constituants biologiques nutritionnellement importants du point de vue calorique et de l'apport en acide gras essentiels ainsi qu'en vitamines liposolubles, ce sont des matières organiques insolubles dans l'eau mais solubles dans les solvants organiques.

Notre résultat est d'ordre 5,2% comparativement au pourcentage de lipides aux niveaux des graines en Algérie ; notre résultats est inférieurs 6% (**Gaoura, 2010**).

IV.3.5. profil en acides gras présent dans la gomme de caroube.

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-2

Résultats et discussion

Tableau N°IV-2 : Résultats d'acides gras présent dans la gomme de caroube

Acides gras	Dénomination	Gomme Carroube(%)
C14 :0	Acide myristique	0,021%
C16 :0	Acide palmitique	10,53%
C16 :1 7	Acide palmitoléique	0,80%
C17 :0	Acide Margarique	0,09%
C18 :0	Acide stéarique	2,80%
C18 :1 9	Acide oléique	52,05%
C18 :2 6	Acide linoléique	32,22%
C18 :3 3	Acide linoléique	0,76%
C20 :0	Acide arachidique	0,34%
C20 :1 9	Acide gondoïque	0,27%
C22 :0	Acide béhénique	TR
Acides gras saturés⁵	4,45%	
Acides gras monoinsaturés⁵	26,43%	
Acides gras Polyinsaturés	10,27%	

D'après les résultats présentés dans le tableau N°IV-2, on remarque que la teneur en acide gras monoinsaturés (26,43%) plus importante que la teneur en acide gras saturés et polyinsaturés respectivement.

Les valeurs des acides gras saturés sont inférieurs à celle de (**Dakia et al., en 2007**) qui est de l'ordre de 6,6% dans la graine, cette dernière représente en majeure partie par l'acide oléique (34,4%) et l'acide linoléique (44,5%), tandis que l'acide palmitique (16,2%) et l'acide stéarique (3,4%) sont les principaux acides gras saturés.

IV.3.5. Détermination de l'activité anti-radicalaire au radical DPPH

Le test au DPPH (2,2 -diphényle-1-picrylhydrazyle) choisi dans cette étude est basé sur le piégeage du radical libre stable DPPH par une molécule antiradicalaire, ce qui entraîne la décoloration de ce dernier (**Molyneux.P, 2004**).

La méthode est rapide et commode à mettre en oeuvre, elle s'effectue à température ambiante, permettant d'éliminer tout risque de dégradation thermique des molécules testées.

Résultats et discussion

Ce teste consiste à mettre le radical DPPH• en présence de molécules dites « antioxydants » afin de mesurer leur capacité à réduire ce radical. La forme réduite n'absorbe plus à 517 nm, ce qui se traduit par une diminution de l'absorbance à cette longueur d'onde (**Molyneux.P, 2004**).

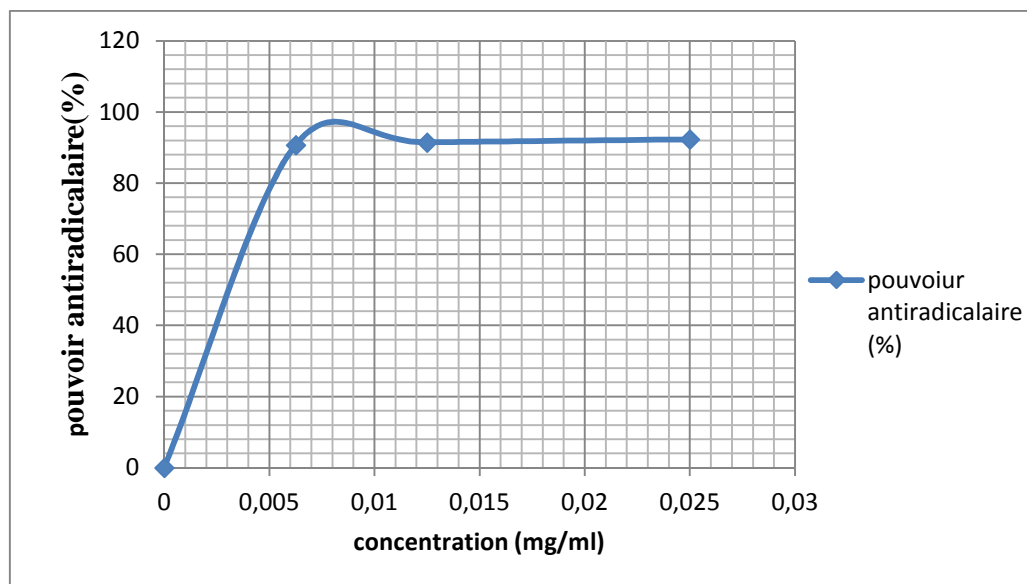


Fig.IV-1: Pouvoir anti-radicalaire de gomme de caroube.

Plusieurs facteurs influent sur le potentiel antioxydant et la cinétique de réduction, notamment les conditions de la réaction (temps, rapport Antioxydant/DPPH, type de solvants, pH) et le profil phénolique en particulier ; le mécanisme principal d'action des composés phénoliques, est le piégeage des radicaux libres par le transfert de l'atome H sur le DPPH alors transformé en une molécule stable DPPH (**Popovici, Saykova et Tylkowski, 2010**).

A partir de la figure ci-dessus, on remarque aussi que le pouvoir anti radicalaire augmente avec l'augmentation de la concentration.

L'activité antioxydante de nos extraits exprimée en $EC_{50}=0,003\text{mg/ml}$ a été déterminée graphiquement, elle est définie comme étant la concentration de l'antioxydant nécessaire pour réduire ou inhiber 50% du DPPH en solution. Comparativement avec les graines existe en Algérie, notre résultat est inférieure à ceux de (**Gaouar, 2010**) qui varient (0,08-0,3mg/ml).

Résultats et discussion

Résultats et discussion

IV.5 .Résultats physico-chimiques de fromage fondu

○ Les résultats physico-chimiques de la poudre de lait

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-3

Tbleau N°IV-3 : Résultats physico-chimiques de poudre de lait.

Analyses	Echantillon	Normes AFNOR 1986
pH	6,60	6,5-6,75
EST %	96,69	96%
MG %	26%	26%
Teneur en eau %	3,96%	4%

Les résultats physico-chimiques de la poudre de lait sont presque conformes avec la norme d'AFNOR.

○ Résultats des analyses physico-chimiques du fromage en bloc

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-4.

Tableau N°IV-4 : Résultats physico-chimiques du fromage en bloc.

Analyses	Echantillon	Norme AFNOR 1986
pH	5,20	5,4-5,5
EST %	53,2	50±1%
MG %	21	20%-22%
MG/MS%	46,99	/

Les résultats physico-chimiques de fromage en bloc sont conformes à la norme AFNOR.

Résultats et discussion

○ Résultats des analyses physico-chimiques du fromage de fonte « Cheddar »

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-5.

Tableau N°IV-5 : Résultats physico-chimiques du fromage de fonte.

Analyses	Echantillon	Norme AFNOR 1926
pH	5,2	5,1-5,5
EST %	63,35	61%-69%
MG %	36	30%-38%
MG/MS %	50,82	50% min
Teneur en eau %	36,65	39% max

Les résultats physico-chimiques du fromage de fonte « Cheddar » sont conforme avec AFNOR

○ Résultats des analyses physico-chimiques de l'eau de process

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-6.

Tableau N°IV-6 : Résultats physico-chimiques de l'eau de process.

Analyses	Echantillon	Normes
pH	7	6,5-8,5 (AFNOR 1986)
TA	0	0°F (OMS)
TAC	8.6	22°F(OMS)
TH	14	0-15°F(OMS)
CL	235	250mg/l (AFNOR1986)

Les Résultats de TA sont conforme à la norme de l'OMS.

Les résultats physico-chimiques de l'eau sont conformes avec la norme D'AFNOR.

Résultats et discussion

○ Les résultats physico-chimiques de sel de fonte

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-7

Tableau N°IV-7 : Les résultats physico-chimique de sel de fonte.

Analyse	Echantillon		Norme : S.F.T	
	92 BL	90 SS	92BL	90SS
pH	9,18	9,03	9,2	9,00

Les résultats physico-chimiques de sel de fonte sont conformes avec la norme selon la fiche technique de sel de fonte KASOMEL.

○ Résultats physico-chimiques de produit fini (fromage fabriqué)

Cette partie sera consacrée à l'analyse de produit élaboré avec les différentes concentrations de la gomme de caroube.

E1 : l'échantillon de fromage fondu qui contient 0,1% de gomme de caroube.

E2 : l'échantillon de fromage fondu qui contient 0,5% de gomme de caroube.

E3 : l'échantillon de fromage fondu qui contient 1% de gomme de caroube.

E4 : l'échantillon de fromage fondu témoin.

Les résultats des analyses physico-chimiques effectuées sur 4 échantillons de fromage fondu sont présentés dans le tableau N°IV-8

Résultats et discussion

Tableau N°IV-8: Analyse physico-chimique du fromage après la pasteurisation.

Echantillon	E1	E2	E3	E4	Norme JORA
PH	5,74±0,01	5,79±0,05	5,80±0,05	5,65±0,05	5.65-5.85
EST (g)	38,01±0,01	39,18±0,005	40.13±0,005	38,01±0,01	40
MG (g)	16	16	15	16	16-18
H%	61,99	60,82	59,87	61,99	+46
MG/MS (%)	42,09	40,83	37,37	42,09	+40

D'après les résultats indiqués dans le tableau N°IV-8.

- **pH**

La valeur de pH obtenus est conforme aux normes (JORA) pour tous les échantillons.

-Nous remarquons que la valeur de pH augmente en fonction de la concentration de la gomme de caroube incorporée. Donc le pH de témoin (le pH=5.65) par rapport aux autres échantillons qui contiennent de la gomme de caroube pH=5,74/ 5,79/ 5,8, respectivement pour et les échantillons E1, E2, E3.

- **EST**

- L'extrait sec total (EST) se situe entre 38,01 et 40,13. Cette valeur est conforme aux normes JORA. La différence de teneur en extrait sec entre les 4 échantillons élaborés (E1, E2, E3, E4) peut être expliquée par la concentration de la gomme de caroube incorporée.

- **MG**

- Le taux de la matière grasse se situe entre 16 et 18% ce qui est en accord avec les normes de JORA, par contre l'échantillon E3 le plus concentré (qui contient 1g de gomme de caroube) a montré un taux inférieur qui de l'ordre de 16% cela peut être expliqué par l'effet de la gomme de caroube.

Résultats et discussion

- **MG/MS**

- le rapport MG/MS% concorde avec les normes(JORA).

-La mesure de la matière grasse dans l'extrait sec joue un rôle dans consistance du fromage.

Résultats et discussion

IV.6. Résultats microbiologiques de fromage fondu

○ Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait

Les résultats sont présentés dans le tableau IV-9.

Tableau N°IV-9 : Résultats des analyses microbiologiques de la poudre de lait

Germes	Echantillon	JORA 27 mai 1998 (N°35)
Coliformes totaux/g	0	1
E.coli/g	0	1
S.aureus/g	Abs	Abs
C.R.S/g	0	10 max

Selon les résultats obtenus on remarque l'absence totale de tous les germes. Alors on peut dire que la poudre de lait utilisée est de bonne qualité bactériologique et cela peut être justifié par le fait qu'elle a subi un bon traitement thermique.

○ Résultats des analyses microbiologiques du fromage en bloc

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-10.

Tableau N°IV-10 : Résultats microbiologiques du fromage en bloc.

Germes recherches	Echantillon	JORA 27 mai 1998
Coliformes totaux/g	22	10 ²
E. Coli	8	10
S. aurus	Abs	Abs
C.R.S/g	Abs	Abs

Les résultats sont conformes à la norme de JORA.

Résultats et discussion

○ Résultats des analyses microbiologiques du fromage de fonte « Cheddar »

Résultats sont présentés dans le tableau N°IV-11

Tableau N°IV-11 : Résultats microbiologique du fromage de fonte.

Germes recherchés	Echantillon	JORA 27 mai 1998
Coliformes totaux/g	12	10 ²
E.coli	6	10
S.aureus/g	Abs	Abs
C.R.S/g	Abs	Abs

Les résultats sont conformes à la norme de JORA.

○ Les analyses microbiologiques de l'eau De process

Les résultats sont présentés dans le tableau N°IV-12.

Tableau N°IV-12 : Résultats microbiologiques de l'eau de process.

Germes recherchés	Echantillon	JORA 27 mai 1998 (N°5)
Coliformes totaux /g	Abs	Abs
E.coli/g	Abs	Abs
C.R.S/g	0	5

IV.6.Les résultats microbiologiques de produit fini (fromage fabriqué)

L'analyse bactériologique de produit fini doit être considérée comme un test de vérification de la bonne qualité des matières utilisées et les conditions d'hygiène de fabrication.

Toutes les résultats ce sont révélé négatifs conformément Tableau N°IV-13.

Résultats et discussion

Tableau N°IV-13 : Analyses microbiologique de fromage après la pasteurisation.

Germes recherchés	Echantillons				Journal officiel 27 mai 1998 (N°15)
	E1	E2	E3	E4	
Coliformes totaux /g	0	0	0	0	10²
Coliformes fécaux/g	0	0	0	0	10
S. aureus /g	0	0	0	0	Max 10²
Salmonelles /25g	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs
C.R.S /g	Abs	Abs	Abs	Abs	Abs

A partir du tableau N°IV-2 nous notons :

- ✓ L'absence totale de germes indicateurs de contamination (coliformes fécaux et totaux) responsable de l'altération de qualité de produit fini, ils sont conformes à la norme interne.
- ✓ L'absence totale de germes pathogène (Clostridium sulfito-réducteur et salmonelle) dans les 4 échantillons, et dont la présence peut causer de sérieux problèmes sanitaire pour le consommateur.

On peut conclure que la gomme de caroube et le fromage fondu sont de bonnes qualités.

IV.7. Test de dégustation

Test sensorielles

L'analyse sensorielle est une science multidisciplinaire qui fait appel à des dégustateurs et à leur sens de la vue, de l'odorat, du goût, du toucher pour mesurer les caractéristiques sensorielles et l'acceptabilité de produit alimentaire ainsi que de nombreux autres produits. (BMWatts *et al.*, 1991).

- Le test de dégustation s'est déroulé au niveau du laboratoire d'analyse dans la faculté SNV en présence des étudiants.
- Au moment de la dégustation chaque membre avait en face de lui 4 échantillons de fromage fondu à déguster, 3 échantillons correspondants aux fromages formulées (additionner de la gomme de caroube) et un échantillon correspondant au fromage témoin.

Les échantillons ont été présentés comme suite :

- ✓ La référence A correspondante à l'échantillon (0,1 g de gomme de caroube).
- ✓ La référence B correspondante à l'échantillon (0,5g de gomme de caroube).
- ✓ La référence C correspondante à l'échantillon (1g de gomme de caroube).
- ✓ La référence D correspondante à l'échantillon témoin.

Les différentes étapes de l'analyse sensorielle de nos produits

- ✓ La texture
- ✓ La couleur.
- ✓ Le goût.
- ✓ La saveur.

- **La texture**

Les résultats de texture de fromage fabriqué présenté dans la figure suivante

Résultats et discussion

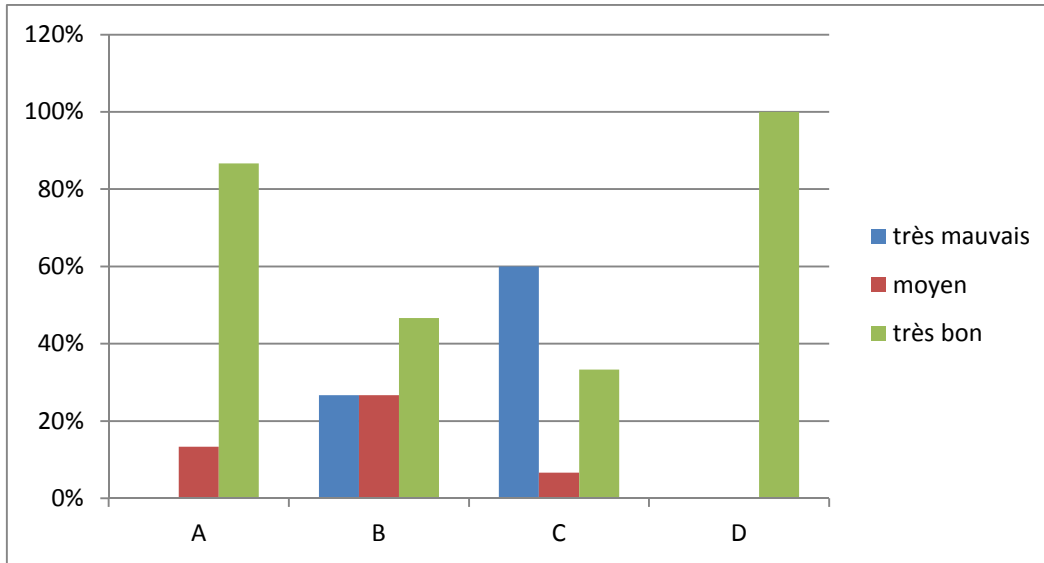


Fig.IV-2 : Les résultats de l'appréciation des produits sur la texture.

A partir des résultats obtenus, et la comparaison avec le témoin D qui a une texture parfaite 100% on remarque le fromage obtenu par l'incorporation de 0,1g de gomme de caroube est le plus accepté par les dégustateurs avec un pourcentage de 86,66%.

- **La couleur**

Les résultats de couleur de fromage fabriqué présenté dans la figure suivante

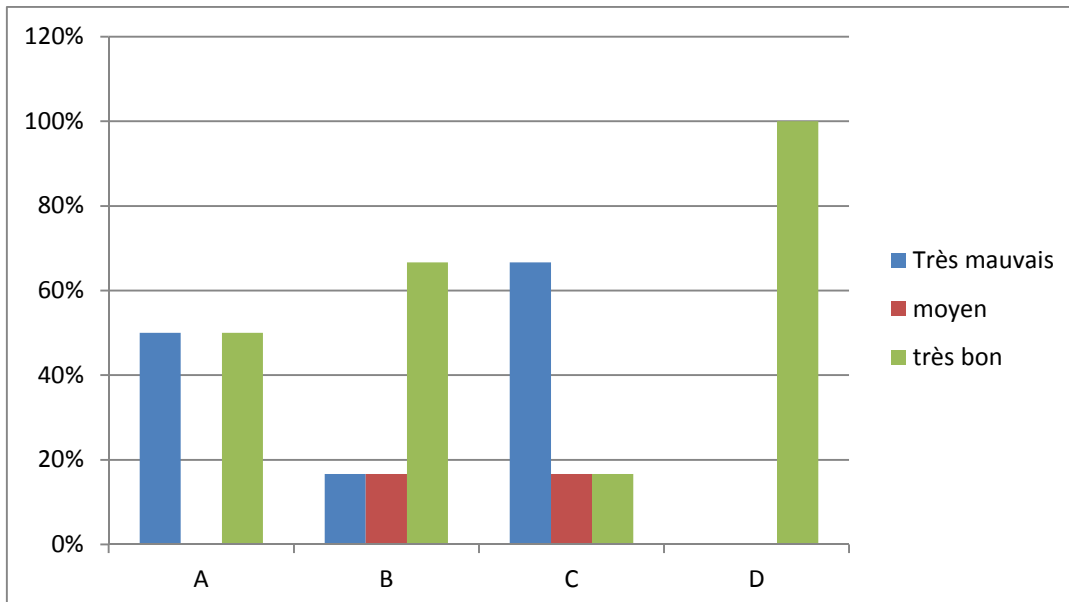


Fig.IV-3: Les résultats de l'appréciation des produits sur la couleur.

Résultats et discussion

A partir des résultats obtenus, on remarque la couleur d'échantillon B présente un taux d'acceptation d'ordre de 66,66 % derrière le Témoin qui a présenté un pourcentage 100% ensuite on trouve les échantillons A et C avec des pourcentages 50% et 16,66% respectivement.

- **Gout**

Les résultats de gout de fromage fabriqué présenté dans la figure suivante

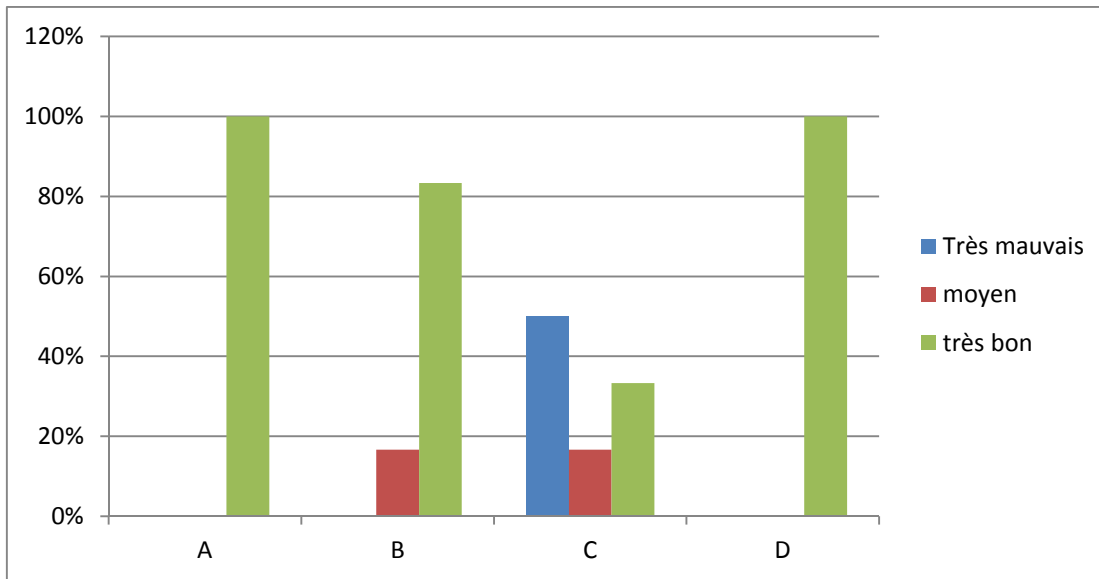


Fig.IV-4 : Les résultats de l'appréciation des produits sur le gout.

A partir de résultats obtenus on remarque que l'échantillon A le moins concentré et le D témoin ont été les plus acceptables par un pourcentage de 100% par contre l'échantillon C ou la concentration la plus élevée de la gomme de caroube était juger très mauvais avec un pourcentage de 50%.

Résultats et discussion

- **Saveur**

Les résultats de saveur de fromage fabriqué présenté dans la figure suivante.

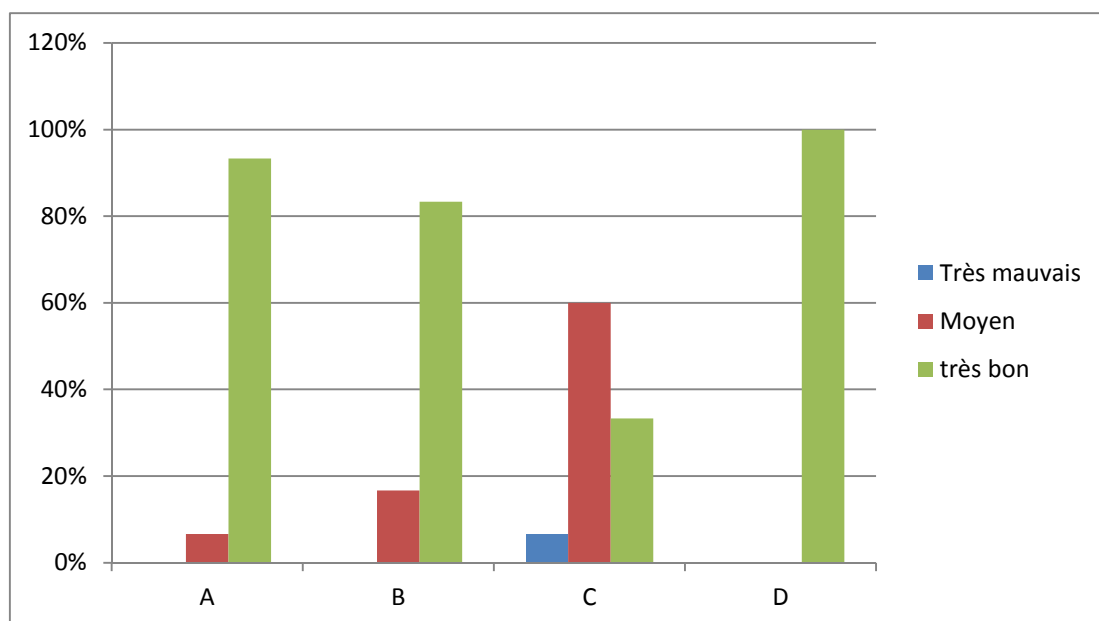


Fig.IV-5 : Les résultats de l'appréciation des produits sur la saveur.

A partir de ces résultats obtenus on remarque l'échantillon préféré est D témoin à 100% et A à presque 100% ensuite l'échantillon B qui contient 0,5% de gomme de caroube avec un pourcentage de 83,33%.

Ces résultats permettent de conclure que les taux d'incorporation de gomme de caroube choisis dans le fromage fondu, modifient la texture, le goût et la saveur, et elle touche légèrement la couleur.

On se base sur le test de dégustation, on peut dire que l'échantillon A (0,1% de gomme de caroube) est le plus acceptable après le témoin.

Conclusion

Les substances naturelles occupent de plus en plus une place de choix en agroalimentaire. En effet, Le caroubier et ces produits (les gousses, les graines...etc) constituent une véritable source naturel donc il faut tirer le maximum de profil pour améliorer l'industrie alimentaire.

Notre travail qui est une contribution à l'étude de propriétés physico-chimique de la gomme de caroube brute et l'essai d'incorporation de cette dernière à des différentes doses dans le fromage fondu, nous a permis de comprendre que le domaine d'utilisation des produits de caroubier demeure encore un terrain valable pour la recherche en Algérie.

Les analyses physico-chimiques de la gomme de caroube brute révélés un taux de cendre qui est d'ordre 0,5%, un taux de protéines de 38% et un taux de lipide 5,2%. En ce qui concerne les métabolites secondaires, nous avons remarqué que la gomme est riche en polyphénol (1,8mg/g) et les flavonoïdes (0,057mg/g).

Par ailleurs, l'évaluation du pouvoir antioxydant de l'extrait phénolique de gomme de caroube par la méthode du DPPH, a montré une activité très importante exprimée en pourcentage de réduction du DPPH allant jusqu'à 92,3%.

D'après les résultats physico-chimiques, microbiologiques et le test sensoriel effectuées sur le fromage fondu fabriqué à des différentes concentrations de gomme de caroube brute, nous pouvons conclure que l'échantillon A qui contient 0,1% de gomme de caroube brute a présenté les caractéristiques physico-chimiques et organoleptiques acceptable.

Au vu des résultats obtenus, il ne semble judicieux d'approfondir le présent travail par :

- Etude comparative entre la gomme de caroube brute et la gomme de caroube purifié.
- Reproduire les formulations de la présente étude à l'échelle pilote au sein des industries agroalimentaires.
- Mettre en place des formulations différentes en intégrant d'autres ingrédients.
- Compléter les analyses physico-chimiques (les minéraux, sucres et les profils en polyphénols) de la gomme de caroube brutes.
- Faire des études nutritionnelles de la gomme de caroube pour leur utilisation ultérieure en thérapeutique, ce qui pourrait donner au caroubier un essor dans le contexte socio-économique.

Référence bibliographique

A

- **Aafi A. 1996.** Note technique sur le caroubier (*Ceratonia siliqua L.*). Centre Nationale de la recherche Forestiere, Rabat (Maroc), pp. 10.
- **AFNOR. 1986.** Association française de Normalisation, Recueil des normes françaises. Contrôle de la qualité des produits laitiers. 3^{ème} édition. 647-651 P.P.
- **Ait Chitt M., Belmir M. et Lazrak A. 2007.** Production des plantes selectionnees et greffees du caroubier. Transfert de technologie en Agriculture, N°153, IAV Rabat, pp.1-4.
- **Amargilios.1986.** Contrôle de la qualité des produits laitiers, Analyse physique et chimiques. Ed. AFNOR –itsv 3ème édition, Paris, P1030.
- **Andre, c.k, et Gillisj. C. 1997.** Le fromage de la science à l’assurance qualité. Ed, Tec et Doc, Lavoisier 3ème édition, paris, 891P.
- **Anonyme. 1986 (AFNOR).** Contrôle de la qualité des produits laitiers, recueil des normes françaises, paris, France 3ème édition pp 663,1009.
- **Anonyme. 1989.** Bienvenus dans le monde de KASOMEL et des fromages fondus. Europhos 73 p.
- **Avallone R., Plessi M., Baraldi M., Monzani A. 1997.** Determination of chemical composition of carob (*Ceratonia siliqua*): protein, fat, carbohydrates, and tannins. J. Food Comp. Anal., 10 (2): 166-172.
- **Ayaz F.A, Torun H., Ayaz S., Correia P.J, Alaiz M., Sanz C., Gruz J., Strnad M., 2007.** Determination Of Chemical Composition Of Anatolian Carob Pod (*Ceratonia Siliqua L.*): Sugars, Amino And Organic Acids, Minerals And Phenolic Compounds, Journal of food quality, vol. 30, No6, pp. 1040-1055.
- **Azero, E.G. & Andrade, C.T. 2002.** Material Properties Testing procedures for galactomannan purification. Polymer Testing, 21, 551-556.

B

- **Bahorun T. ; Gressier B. ; Trotin F. ; Brunet C. ; Dine T. ; Luyckx M. ; et autres ; Vasseur J. ; Cazin M. ; Cazin J.C. ; Pincas M. 1996.** Oxygen species

scavenging activity of phenolic extracts from hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittle Forshing*, 46 (11), pp 1086-1089.

- **Battle I., Tous J. 1997.** Carob tree *Ceratonia siliqua* L., Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17, Gatersleben: Institute of Plant Genetics and Crop Plant Research, Rome: International Plant Genetic Resources Institute, pp. 92.
- **Battle I. et Tous J. 1997.** Carob tree. *Ceratonia siliqua* L. Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops. 17. Institute of Plant Genetic and Crops Plant Research. Gatersleben/International Plant Resources Institute. Rome. Italy 1-97.
- **Battle, I. et Tous, J. 1997.** Promoting the conservation and use of underutilized and neglected crops (carob tree, *Ceratonia siliqua* L.). International Plant Genetic Resources Institute (IPGRI), Rome, Italy.
- **Ben Hsouna A., M. Trigui, S. Jaoua, 1986.** Evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of the ethyl acetate extract of endemic *Ceratonia siliqua* leaves Journal of agricultural and food chemistry, vol. 34, N° 5, pp. 827-829.
- **Bengoechea B, A. Rome ro, A. Villanueva, G. Moreno, M. Alaiz, F. F. Millán, A. Gue rrero and M.C. Puppo, 2008.** Composition and structure of carob (*Ceratonia siliqua* L.) germ proteins Food Chemistry, Vol. 107, N°2, pp. 675-683.
- **Berrougui H. 2007.** Le caroubier (*Ceratoniasiliqua* L.), une richesse nationale aux vertus medicinales, Maghreb Canada Express .Vol. 5, N° 9.
- **Bernardo-Gil, M. G., Roque R., Roseiro L.B., Duarte L.C., Gírio, F., Esteves P. 2011.** Supercritical extraction of carob kibbles (*Ceratonia siliqua* L.). J. of Supercritical Fluids 59, 36– 42.
- **Biner B., Gubbuk H., Karhan M., Aksu M. et Pekmezci M. 2007.** Sugar profiles of the pods of cultivated and wild types of carob bean (*Ceratonia siliqua* L.) in Turkey, Food Chemistry, N°100, pp.1453-1455.
- **BMWatt, 1991.** *Méthodes de base pour l'évaluation sensorielle des aliments préparés avec l'aide du centre de recherche pour le développement international. Ottawa .Canada (CRDI.1991).*

C

- **Calixto F.S. and Canellas.J. 1982.** Components of nutritional interest in carobPods*Ceratoniasiliqua*. Journal of the Science of Food Agriculture, N°33, pp. 1319– 1323.
- **Caric M. 2000.**Processed cheese. In, **FRANCIS F.J.**, Encyclopedia of Food Science and Technology, 2nd ed, John Wiley and Sons, New York. p. 1973–1987.
- **Carole L.Vignola. 2002.** Science et technologie du lait. Edit. Fondation de technologie laitière du Québec Inc., Canada, 599p.
- **Correia, P. J., & Martins-Loucao, M. A. 1995.** Seasonal variations of leaf water potential and growth in ferrigated carob-trees (*Ceratonia siliqua* L.). Plant and Soil, 172, 199–206.
- **Correia, P. J., & Martins-Loucao, M. A. 2005.** The use of macronutrients and water in marginal mediterranean areas: the case of carob-tree. Field Crops Research, 91, 1–6.
- **Commission codex alimentarius. 2004.** Programme mixte FAO/OMS sur les normes alimentaires comité du codex sur le lait et les produits laitiers. Sixième Session, Auckland Nouvelle-Zélande. Avant-projet de norme pour le fromage fondu observations à l'étape 3, 3 p.

D

- **Dakia P.A., Wathelet B. & Paquot M. 2010.** Influence of galactose content on interactions phenomena and on galactomannans physicochemical properties in solution. *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* 14(1), 213-223.
- **Da Silva J.A.L. & Gonçalves M.P. 1990.** Studies on a purification method for locust bean gum by precipitation with isopropanol. *Food Hydrocolloids*, 4, 277-287.
- **Dea, I.C.M. & Morrison, A.1975.** Chemistry and interactions of seed galactomannans. *Adv. Carbohydr. Chem. Biochem.* 31, 241-312.
- **Dea, I. C. M., McKinnon, A. A., Rees, D. A. 1972.**Tertiary and quaternary structure in aqueous polysaccharide systems which model cell wall cohesion: reversible changes in conformation and association of agarose, carrageenan and galactomannans. *J. Mol. Biol.*, 68, 153-72.

- **Del Re-Jiménez L.B. and R. Amadò.1989.** Comparative study of the chemical composition of germ meals from carob, guar and tara seeds, *Food Hydrocolloids*, N°3, pp. 149–156
- **Doha Mohamed A., Hamed Ibrahim M., Al-Okbi Sahar Y. 2008.** *Ceratonia siliqua* Pods as a Cheap Source of Functional Food Components, *Deutsche Lebensmittel-Rundschau*, Vol. 104, N ° 1, pp. 25-29.

F

- **FAO 2000.** La surface cultivée en caroubier en Algérie.
- **Feinberg M, Favier .j. Et Jreland T.R .1987.** Répertoire générale des aliments, table de composition des produits laitiers : vache, brebis, chèvre, Ed. Tec et Doc, Lavoisier, paris, T3, 442 p.
- **Fox, J. E. 1992.** Seed Gums. Thickening and gelling agents for food. A. Imeson., Chapman and Hall (pp.153-169). London.
- **Fox P.F., Guineet.P., Cogan T.M., Mcsweeney P.L.H. 2000.** Fundamentals of cheese science. Maryland: Aspen Publishers Inc. p. 429–451.

G

- **Gaouar N. 2010.** «Etude de la valeur nutritive de la caroube de différentes variétés Algériennes ». Diplôme de Magister en Agronomie. Université Abou Beker Belkaid. Tlemcen.
- **Garti N., Madar Z., Aserin A. et Sternheim B. 1997.** Fenugreek galactomannans as food emulsifiers. *Lebensm.Wiss. Technol*, 30(3): 305-311.
- **Gharnit N. 2003.** Caractérisation et essai de régénération in vivo du caroubier (*Ceratonia siliqua L.*) originaire de la province de Chefchaouen (Nord-ouest du Maroc). Thèse de Doctorat en science. Université Abdelmalek Essaadi. Tanger.
- **Gonçalves, S., Correia, P.J., Martins-Loução, M.A. and Romano, A. 2005.** A new medium formulation for in vitro rooting of carob tree based on leaf macronutrient concentrations, *Biologia Plantarum* 49 (2), 277-280.
- **Goycoola F.M., Morris E.R. & Gidley M.J. 1995.** Viscosity of galactomannans at alkaline and neutral pH: evidence of “hyperentanglement” in solution. *Carbohydr. Polym.*, 27, 69.

- **Goupy. J. 2001.** Introduction aux plans d'expérience. *Paris 2ème édition 293.*
- **Guirand J.P. 1998.** La microbiologie alimentaire. Dunod. Paris. 652P.

H

- **Hassan S. 2008.** « Le caroubier au Maroc un arbre d'avenir ». Centre de recherche forestière charia Omar Ibn Khatab, BP. 763, Agdal, Rabat, Maroc. PP : 07-31.
- **Hoichman, D., Gromova., L.I., Sela, J. 2007.** Synergistic gel formation in aqueous solutions of guar–gellan composition. *Pharmaceutical Chemistry Journal* 41, 42–45.

J

- **Jean Luc Boutonnier. 2000.** La fabrication de fromage fondu, *Technique de l'ingénieur*, p F6310-2, 3, 11.
- **Joffin C et Joffin J.N. 2003.** Microbiologie alimentaire, 5^{ème} édition. Bordeaux. CRDP d'aquitaine. 37-122-132-233 PP.

K

- **Kamazawa S, Tanguchi M., Suzuki Y., Shimra M., Kwon M-S et Nakayama T. 2002.** Antioxidant activity of polyphenols in carob pods. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 373 – 377.
- **Kök M. S., Hill S. E. and Mitchell, J. R.** A comparison of the rheological behaviour of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing. *Carbohydr. Polym.*, 1999, 38, 261-265.
- **Kok M. S., Hill S. E. 1999.** A comparison of the rheological behaviour of crude and refined locust bean gum preparations during thermal processing. *Carbohydrate Polymers* 38(3): 261-265.
- **Klenow S., Jahns F., Pool-Zobel B.L., Gleis M. 2009.** Does an extract of carob (*Ceratonia siliqua* L.) have chemopreventive potential related to oxidative stress and drug metabolism in human colon cells, *J. Agric Food Chem.*, vol.57, N°7, pp. 2999-3004.

L

- **Lapornik B., Prosek M., et Wandra A. L. 2005.** Comparison of extracts prepared from plant byproduct using different solvent and extraction time. *Journal of food engineering*, 71 (2): 214-222.
- **LEE B.O., Paquet D., Alais C.1986.** Etude biochimique de la fonte des fromages. Effet du type de sels de fonte et de la nature de la matière protéique sur la peptisation. Utilisation d'un système modèle. *Le Lait*, vol. 66, n. 3, p. 257-267.
- **Lizardo R., Cañellas J., MAS F., Torrallardona D., Brufau J. 2002.**L'utilisation de la farine de caroube dans les aliments de sevrage et son influence sur les performances et la santé des porcelets. *Journées de la Recherche Porcine*, 34, 97-101.
- **Luquet. FM. 1985.** Laites et produits laitiers. Vache, brebis, chèvre. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, paris, T1 396 P.
- **Luquet .F.M. 1990.** Lait et produit laitiers. Vaches, brebis, chèvres. Ed. Tec et Doc, Lavoisier, paris, T3, 442 P.
- **Loeb H., Vandenplas Y., Würsch P., Guesry P.1989.**Tannin-rich carob pod for the treatment of acute onset diarrhea. *J Pediatr Gastroenterol Nutr* 8, 480-485.
- **Lopes da Silva, J. A., Gonçalves, M. P., Doublier, J. L. & Axelos, M. A. V. 1996.** Effect of galactomannans on the viscoelastic behavior of pectin/ calcium networks. *Polymer Gels and Networks*, 4, 65-83.

M

- **Maier, H., Anderson, M., Karl, C., Magnuson, K. & Whistler, R. L. 1993.** Guar, locust bean, tara and fenugreek gums. In R. L. Whistler, J. N. BeMiller (Eds.), *Industrial Gums, Polysaccharides and their Derivates* (pp. 205-215). Academic Press, San Diego.
- **Mao C.F. & Chen J.C. 2006.** Interchain association of locust bean gum in sucrose solutions: an interpretation based on thixotropic behavior. *Food Hydrocolloids*, 20 (5), 730-739.
- **Multon J.L.1984.** Additifs et auxiliaires de fabrication dans les industries agroalimentaires. Paris: Lavoisier.
- **McCleary B.V. 1988.** Carob and guar galactomannans. *Methods Enzymol.*, 160, 523-527.

- **Molyneux, P. 2004.** The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity songklanakarini. *Journal of science technology*, 26 (2): 211- 219.

N

- **Ndir B., Lognay G., Wathelet B., Cornelius C., Marlier M., Thonart P. 2000.** Composition chimique du netetu, condiment alimentaire produit par fermentation des graines du caroubier africain *Parkia biglobosa* (Jacq.) Benth, (4, 5) *Biotechnol. Agron. Soc. Environ.* Vol.4, N° 2, pp.101–105.

O

- **Owen P.L., Johns T. 1999.** Xanthine oxidase inhibitory activity of north eastern North American plant remedies used for gout. *Journal of Ethnopharmacology*, 64, pp 149-160.

P

- **Patmore J.V., Goff H.D. & Fandes S. 2003.** Cryo-gelation of galactomannans in ice cream model systems. *Food Hydrocolloids*, 17(2), 161-169.
- **Plusquellec A et Leveau J. 1991.** Le genre *Clostridium* et les microorganismes anaérobies sulfite-réducteurs, *Techniques d'analyse et contrôle dans les industries agroalimentaires*. Edition. Lavoisier. Paris. P293-304.
- **Pollard, M. A., & Fischer, P. 2006.** Partial aqueous solubility of low-galactose content galactomannans –what is the quantitative basis? *Current Opinion in Colloid & Interface Science*, 11(2–3), 184–190.
- **Popovici C., Saykova I. et Tylkowski B. 2010.** Evaluation de l'activité antioxydante des composés phénoliques par la réactivité avec le radical libre DPPH, *e-Revue de génie industriel*, N° 4, pp1313-8871.

R

- **Rejeb MN., Laffray D., Louguet P. 1991.** Physiologie du caroubier (*Ceratonia siliqua* L.) en Tunisie. *In : Physiologie des arbres et arbustes en zones arides et semi-arides*. Groupe d'Etude de l'Arbre, Paris, pp 417- 426.

- **Rejeb M.N. 1995.** Le caroubier en Tunisie: Situations et perspectives d'amélioration. Dans: Quel avenir pour l'amélioration des plantes? Edit. AUPELF-UREF. John Libbey Eurotext. Paris, pp 79-85.
- **Richardson P. H., Willmer J. and Foster T. J. Dilute solute properties of guar and LBG in sucrose solution. Food Hydrocolloids, 1998, 12, 339-348. Rinaudo M. 2001.** Relation between the molecular structure of some polysaccharides and original properties in sol and gel states. Food Hydrocolloids, 15, 433-440.
- **Rizzo, V., Tomaselli, F., Gentile, A., La Malfa, S. & Maccarone, E. 2004.** Rheological Properties and Sugar Composition of Locust Bean Gum from Different Carob Varieties (*Ceratonia siliqua* L.). Journal of Agricultural and Food Chemistry, 52, 7925-7930.
- **Ribéreau-Gayon. 1968.** Les composés phénoliques des végétaux. *Ed. Dunod Paris, 254.*

S

- **Sbay H. et Abourouh M. 2006.** Apport des espèces à usages multiples pour le développement durable : cas du pin pignon et du caroubier, Centre de Recherche Forestière Haut-Commissariat aux Eaux et Forêts et à la Lutte Contre la désertification, Rabat, pp.1-9.
- **Shi X., Dala N.S. 1991.** Antioxydant behaviour of caffeine : efficient scavenging of hydroxyl radical. *Food and Chemical toxicology 29, 1 – 6.*
- **Singleton V., Orthofer R et Lamuela-Raventos R. 1999.** Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteau reagent. *Methode of enzymologie, 299, 152- 178.*

T

- **Tous J., Romero A., Plana J. and Batlle I. 1996.** Current situation of carob plant material. In Proceedings of the III International Carob Symposium. Cabanas-Tavira. Portugal (in press).

W

- **Waridel P. 2003.** Investigation phytochimique des plantes aquatiques *Potamogeton pectinatus* L., *P. lucens* L. (Potamogetonaceae). *Thèse de doctorat, Université de lausanne*. Pp : 3 – 4.

Annexes

Annexe I

- **Présentation de l'unité**

L'unité laiterie fromagère de Boudouaou (L.F.B) appartient au groupe industriel pour la production du lait. Cette unité a commencé sa production en 1978, sous une ancienne appellation ONALAIT, elle s'étend sur une superficie de cinq Hectares, elle est située à l'entrée de la ville de boudouaou, wilaya de boumerdés a environ de 40 km d'Alger.

- **Production de l'unité**

L'unité de « laiterie fromagerie de budouaou » assure la production de :

- ✓ Lait pasteurisé conditionné.
- ✓ Lait acidifié fementé (LBEN).
- ✓ Fromage fondu pasteurisé en portion (boites de 18 et 16) et en barre de 1 kg.
- ✓ Fromage à pâte pressée non cuite type « EDAM ».
- ✓ Fromage fondu stérilisé, en boite métallique de 200 Grs.
- ✓ Lait en poudre instantanée de 200 Grs.

La laiterie fromagerie de Boudouaou composée de trois directions :

- ✓ Direction de l'administration et de finances.
- ✓ Direction commerciale.
- ✓ Direction technique.

Annexes

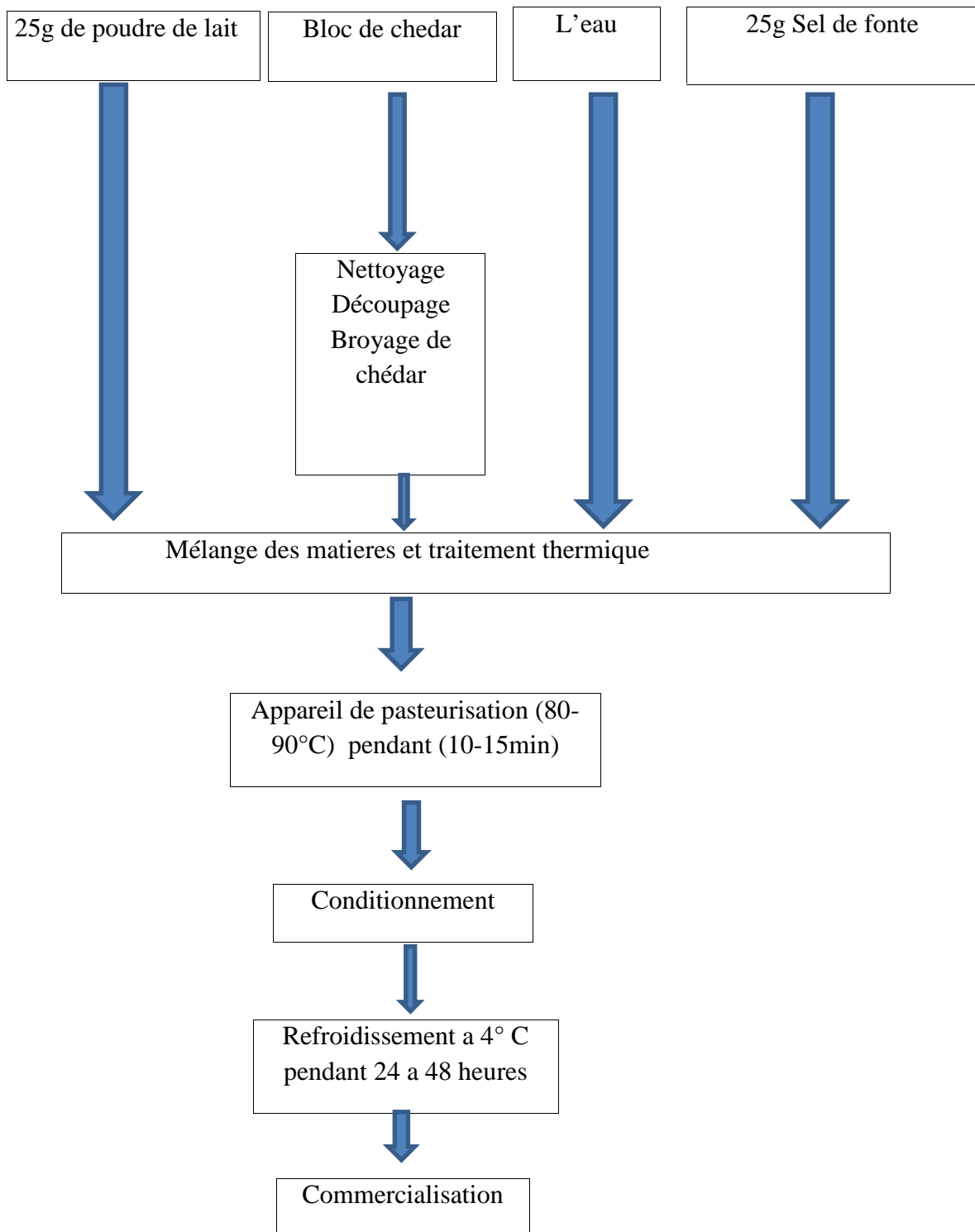


Fig. Fabrication le fromage fondu pasteurisé (LFB).

Annexe II

1. Courbe d'étalonnage des polyphénols

Préparation de la gamme d'étalonnage

- Peser 200 mg d'acide gallique;
- Les dissoudre dans 100 ml d'éthanol, soit une solution (S1) avec une concentration de 2 mg/ml ;
- Diluer la solution mère comme suit :
 - Prélever 5ml de la solution mère puis ajouter 5 ml d'eau distillée et l'on obtient la dilution S/2;
 - Prélever 5 ml de la solution S/2 puis rajouter 5 ml d'eau distillée et l'on obtient la dilution S/4;
 - Refaire la même procédure pour les autres dilutions.

Acide gallique C (mg/ml)	0.033	0.065	1.131	0.262	0.525
DO	0.049	0.127	0.396	0.727	1.51

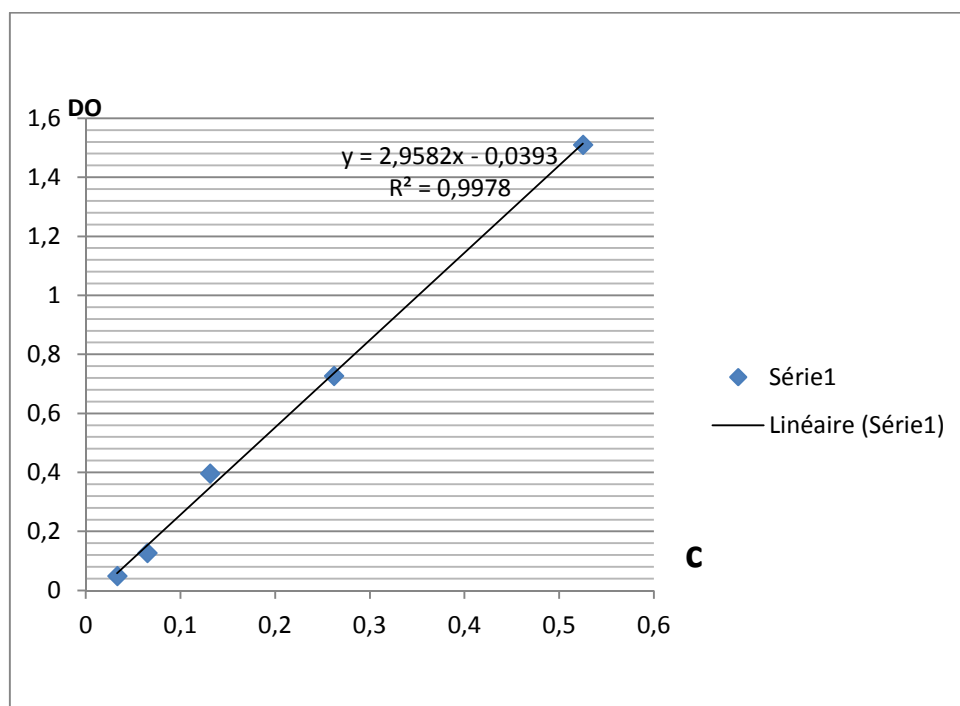


Fig. Courbe d'étalonnage des polyphénols.

Annexes

2. La courbe d'étalonnage des flavonoïdes

Concentration de quercitine mg/ml	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5
DO	0.066	0.194	0.315	0.441	0.578

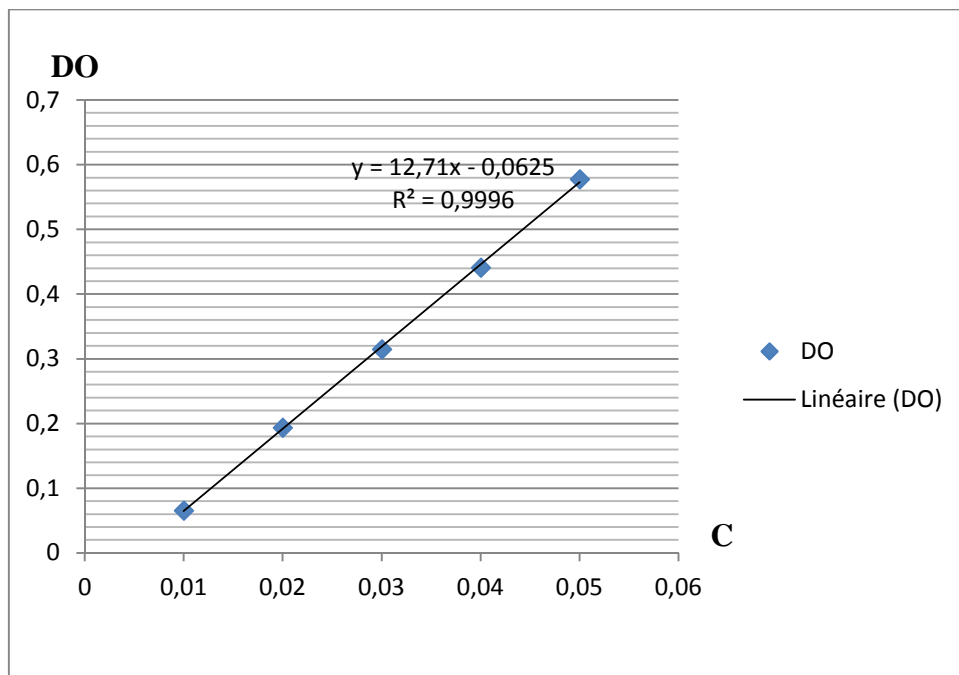


Fig. La courbe d'étalonnage des flavonoïdes

3. Courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de BRADFORD

Concentrations en BSA	0.05	0.025	0.0125	0.00625	0.00031	0.0015625
DO	0.017	0.008	0.005	0.003	0.002	0.001

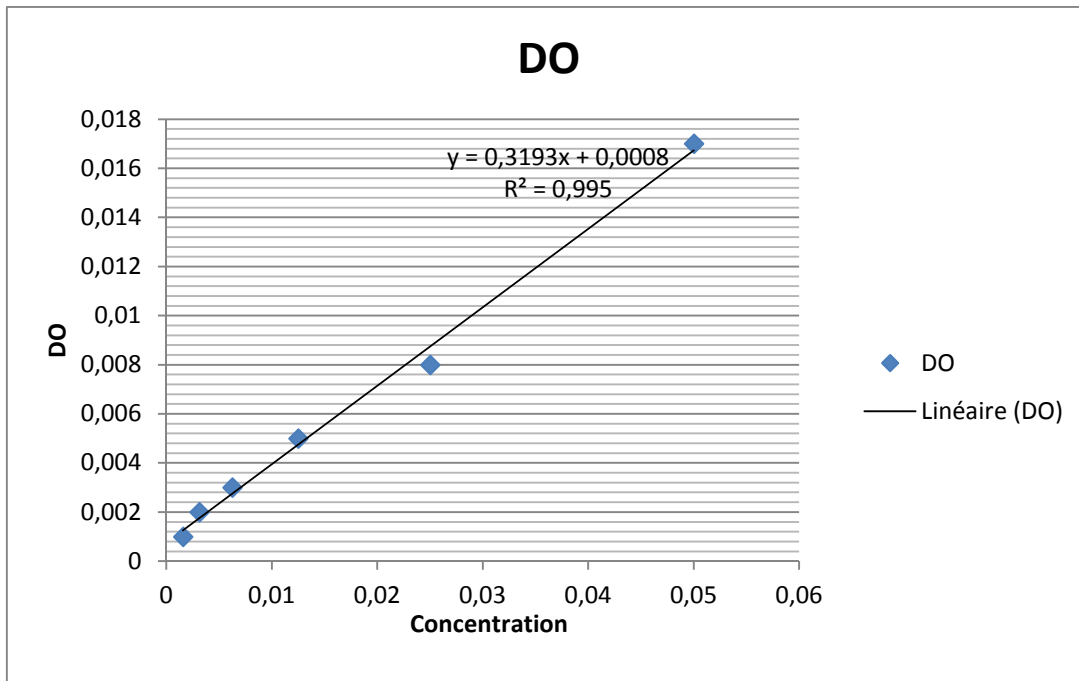


Fig. Courbe d'étalonnage des protéines par la méthode de BRADFORD.

Annexe III



Fig. Photo de butyromètre.



Fig. L'appareil qui mesure la matière Seche.



Fig. la pratique de l'analyse microbiologique.

Annexe IV

- Les analyses microbiologiques

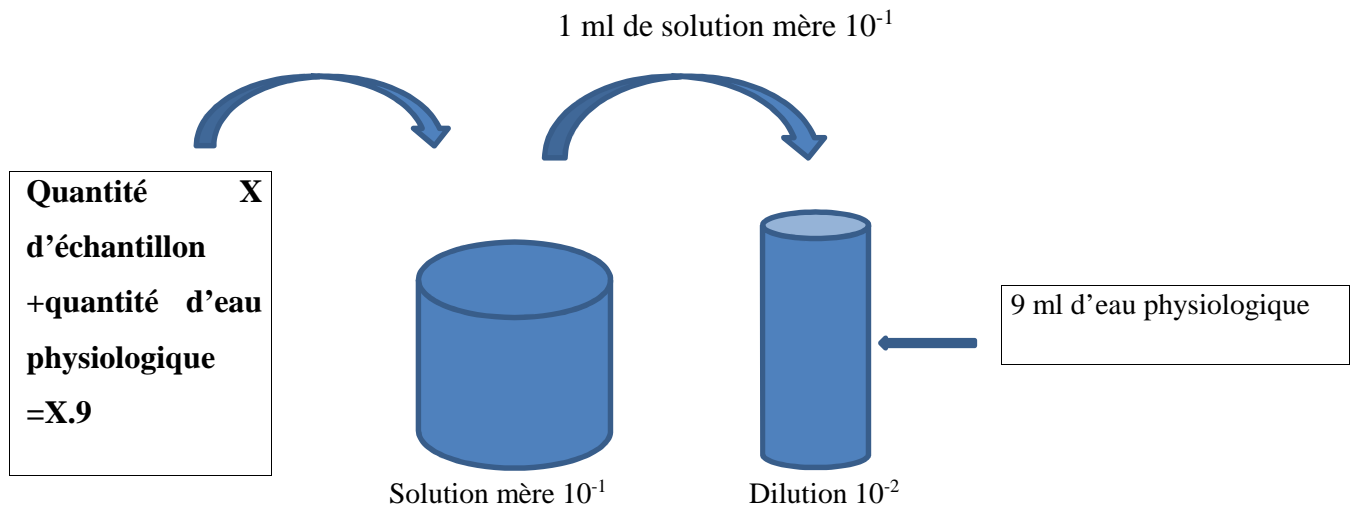


Fig. Schéma de la préparation des dilutions.

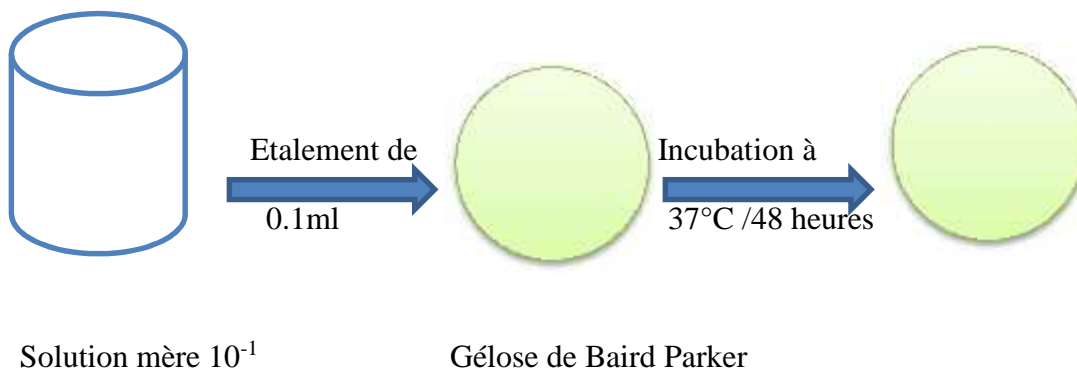


Fig. Schéma des étapes de la recherche du staphylococcus aureus.

Annexes

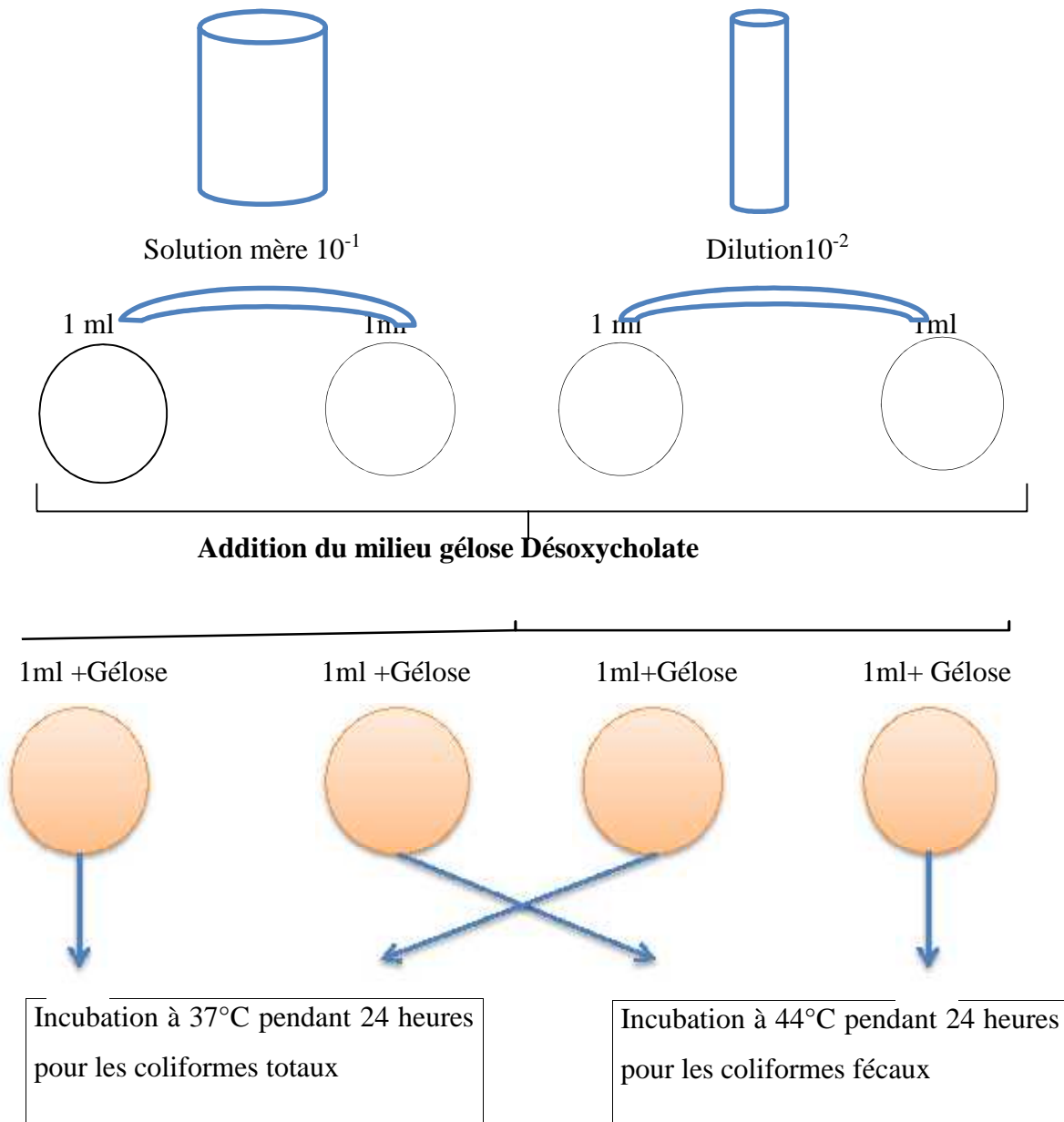


Fig. Schéma de la recherche et dénombrement des coliformes totaux et fécaux.

Annexes

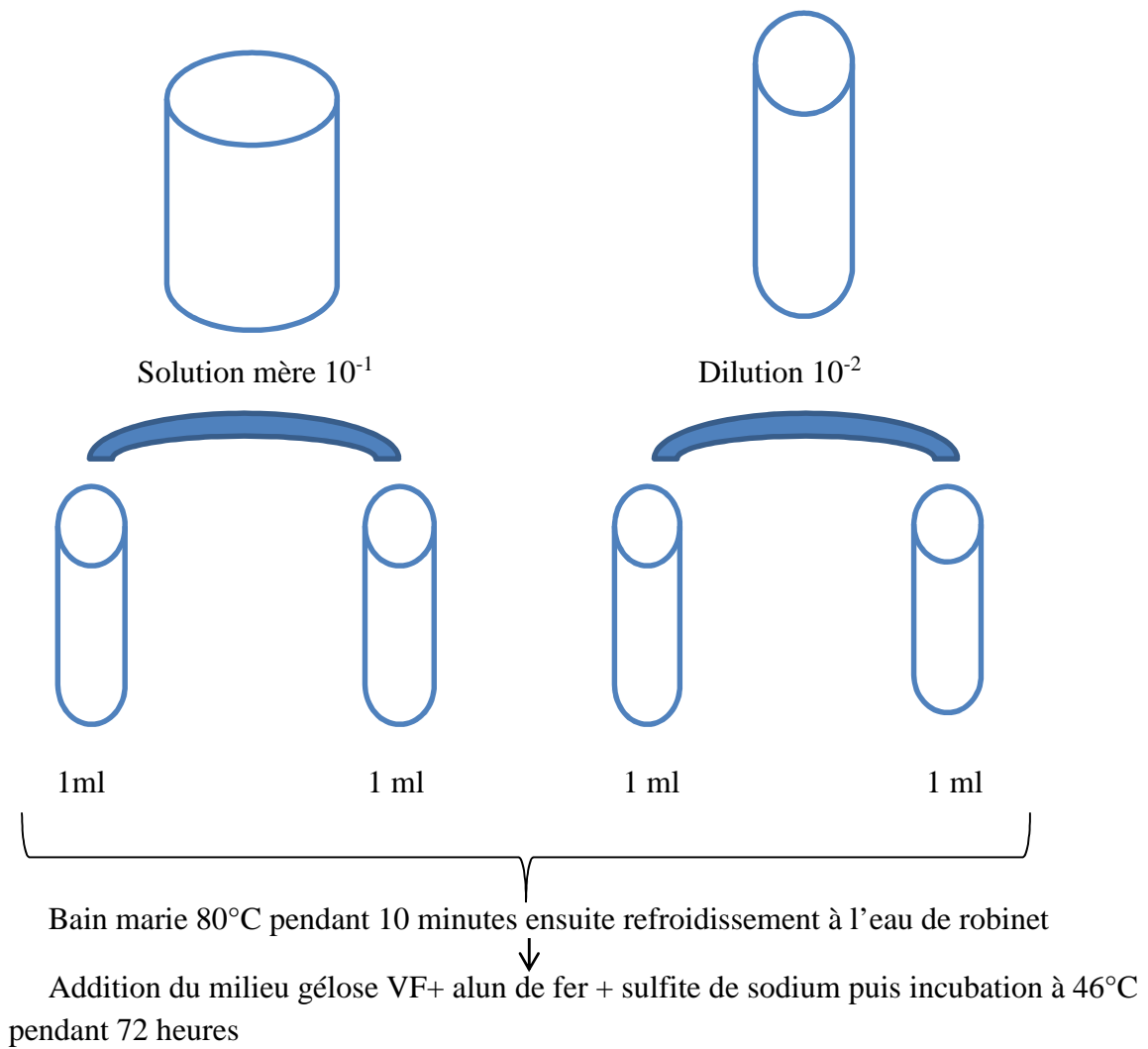


Fig. Schéma de la recherche des clostridium sulfito-réducteur (CRS).

Annexes

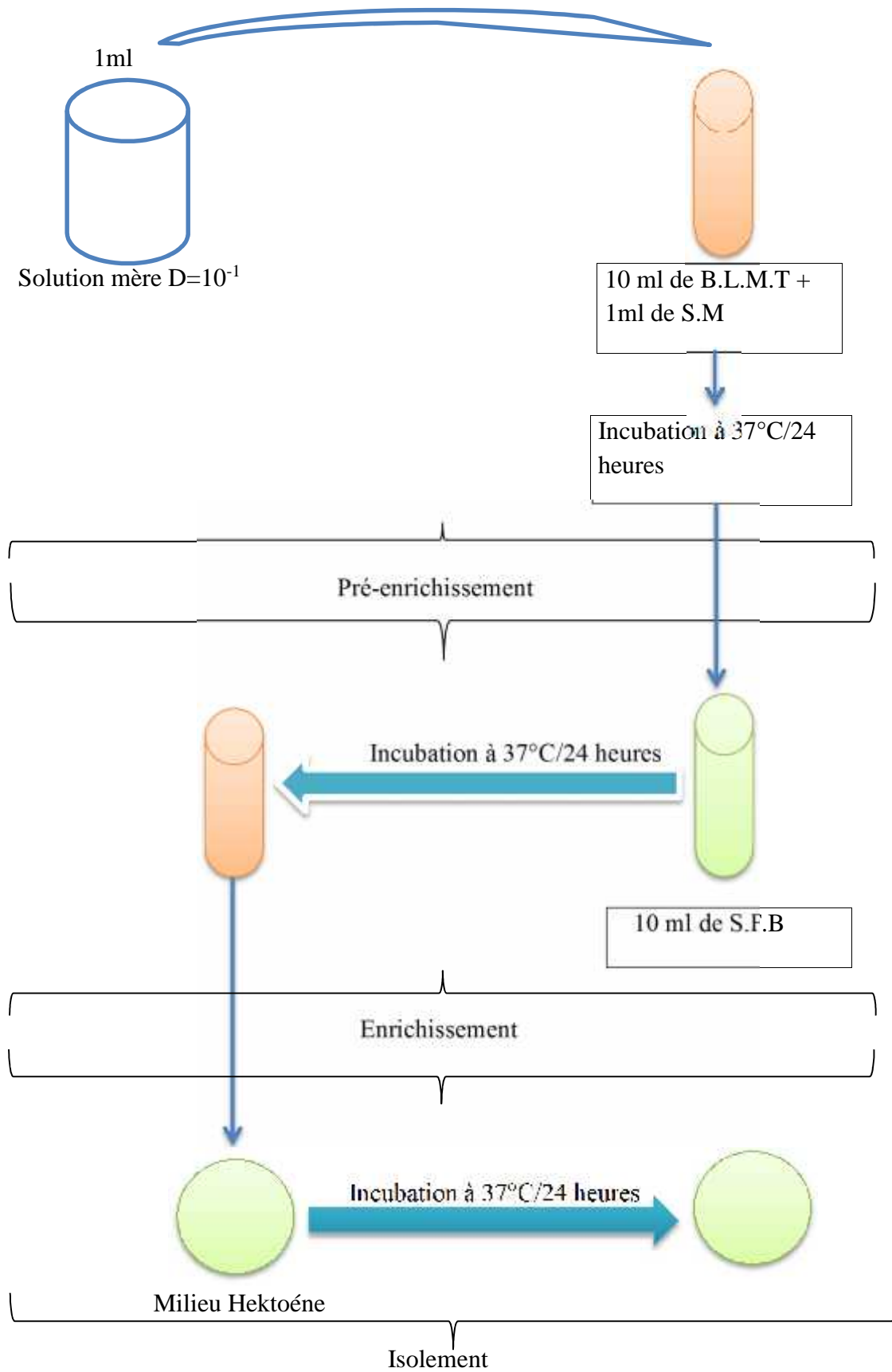


Fig. Schéma des étapes de recherche et dénombrement de salmonelle.

Annexes

Annexe V

Matériels

- Etuve ;
- Balance analytique ;
- Plaque chauffante ;
- Burette graduée ;
- Fioles rodées ;
- Soxhlet ;
- pH mètre ;
- Centrifugeuse ;
- Papier filtres ;
- Béchers ;
- Baromètre ;
- Spectrophotomètre.

Réactifs utilisés

- L'éthanol 70% ;
- Chloroforme ;
- Hexane ;
- Méthanol ;
- Hexane ;
- Carbonate de sodium ;
- Carbonate de sodium ;
- Acide gallique ;
- Trichlorure de l'aluminium ;
- La saude ;
- BSA.

Annexes

Résumé

Le présent travail consiste à une valorisation de sous-produits de la caroube (la gomme de caroube) et ceci par un essai d'incorporation de cette dernière à des différentes doses dans la formulation d'un fromage fondu.

La gomme de caroube a été extraite manuellement. Les résultats obtenus ont révélés une humidité d'ordre 8.79% et un taux de cendre 0.5%, l'étude montre que la gomme riche est très riches en composés phénoliques polyphénols, flavonoïdes respectivement.

Les analyses physico-chimiques, microbiologiques et organoleptiques effectuées sur les fromages fondus additionnées de gomme de caroube à des différentes concentrations (0.1, 0.5, 1g) montrent que l'échantillon A est le mieux apprécié pour son gout, sa texture, et sa saveur par les dégustateurs.

Mots clés: Incorporation, gomme de caroube, fromage fondu, Valorisation.

Abstract

The present work consists in a valuation of by-products of the carob the gume of carob and this by essay of incorporation of the deffernete doses in the formulation of a cheese spread.

The gum of carob was manually extracted. The obtained results revealed a humidity of order 8.79 % and of ash 0.5 %, the study shows that the rich gum erase est very rich in phenolic compounds polyphenols, flavonoids respectivement.

The physico-chemical and microbiological analyses, and organoleptic made on cheese spreads added by gum of carob to differente concentrations (0.1, 0.5, 1g) show that the sample A is best appreciate for this taste, this texture, and this flavor by the wine tasters.

Key words: incorporation, carob bean gum, melted cheese, recovery.

ملخص

هذا العمل يتمثل في تقييم المنتجات () وهذا في ادماج هذه الاخيرة مختلف تراكيز تركيب الخروب كان يدويا. النتائج المستفادة كشف (المحاة) غنية جدا بالفلافونويد البوليفينولز , التحليلات الفيزيائية والكيميائية و الميكروبيولوجية تظهر للعينة المركبة هي ذات التركيز 0.1 (1, 0.5)

الكلمات الأساسية: ()