

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

Faculté : Sciences de la Nature et de la Vie
Département : Sciences Alimentaires
Filière : technologie agro-alimentaire



Réf :

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

MASTER

Thème

**Analyses physicochimique et activité antioxydante de l'huile
de lentisque (*pistacia lentiscus*) application industrielle par
enrichissement de biscuits**

Présenté par :
Hamdi nassima et kaoze sangu prudence

Soutenu le : le 01 /07/ 2025

Devant le jury composé de :

Mm. MEDOUNI Sonia
Mm. KANIN Ghania
Mm. RAMDANI Souhila
M. CHIKHOUN Amirouche
HADJAL Samir

MCA
MAB
MAB
Professeur M.

Présidente
Encadreur
Co-encadreur
Examineur
Invité

Année universitaire : 2024 / 2025

Remerciements

Tout d'abord, nous remercions ALLAH, notre créateur de nous avoir donné les forces, la volonté et le courage et de nous avoir permis de terminer nos études accomplir ce modeste travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à remercier en premier lieu notre **encadrante Mme. KANIN GHANIA** pour son efficace assistance, ses précieux conseils et son travail Meticuleux et pour Le temps qu'il nous a réservé et pour ses éclaircissements très utiles.

Nos remerciements vont aussi à Mm **RAMDANI SOUHILA** notre Co – encadreur pour ça collaboration et ses conseils qu'elle nous a prodigués, sa patience, sa confiance.

*Mes vifs remerciements s'adressent à **Monsieur HADJAL Samir**, Directeur d'unité R&D à CEVETAL et Nous remercions aussi tous le personnel de l'entreprise CEVITAL qui nous a toujours accueilli avec beaucoup de gentillesse et de patience le plus particulièrement Mm **LYNDA KACI et AYENE KHELAF**.*

*Je voudrais exprimer toute ma gratitude à **Mme. NEGROU LILA** ingénieure de laboratoire biochimies dans université Bejaia et Mm **LELLA BENAZZOZ***

Nos vifs remerciements vont également aux membres de jury pour l'intérêt qu'ils ont porté à notre recherche en acceptant d'examiner et évaluer notre travail et de l'enrichir par leur Propositions,

Nos remerciements sont adressés aussi aux les gens de laboratoire IDRRIS.
Sans oublier nos familles, nos amis et tous ce qui ont participé de loin ou de près pour la réalisation e ce travail.



Dédicace

C'est avec l'aide et la grâce de dieu qu'on a finalisé cet humble travail, que je dédie aux personnes à qui je tiens vraiment en reconnaissance de tout le soutien qu'ils m'ont apporté durant les moments difficiles :

A ma très chère mère, ma raison d'être, ma raison de vivre, Tu Représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, Ta prière et ta bénédiction m'ont été d'un grand secours pour mener à bien mes études. Aucune dédicace ne saurait exprimer ce que tu mérites pour tous les sacrifices et les efforts que tu n'as jamais cessé de me donner.

A mon père qui est toujours été patients, attentifs et m'ont encouragé et je les remercie aussi pour leur soutien moral.

Ames chère frères : IMAD et NASSIM pour tous les conseils avisés et pour leur soutien et leur précieuse aide.

A mes chers sœur et Amon chère petit frère fais

Atout ma famille et mes oncles maternels et sans oublier mes tantes paternelles pour leur grand amour, leurs encouragements permanents

A mes amies proches qui m'ont soutenu tout au long de mes études



Dédicace

Avant tout, je rends grâce à Dieu Tout-Puissant, source de toute sagesse, pour m'avoir Accordé la force, la santé et la patience nécessaires à la réalisation de ce travail.

Je tiens à exprimer ma reconnaissance la plus sincère à mon encadreuse, Madame KAANIN, pour son accompagnement, sa disponibilité, ses conseils éclairés et sa patience tout au long de ce travail. Sa rigueur scientifique et sa bienveillance ont été pour moi une source d'inspiration.

Mes remerciements les plus profonds vont à mon père, Kaoze Kitenge Pacifique, pour Son soutien constant, et sa confiance en moi.

À ma mère, Malu Rachel, je dis merci du fond du cœur pour ses prières, son amour inconditionnel et sa foi constante en mon avenir. Je suis également reconnaissant envers mes amis précieux, qui ont été à mes côtés dans les moments difficiles comme dans les réussites. Je pense tout particulièrement à :

- ☐ Carlos Gomes, pour sa présence fidèle,
- ☐ Jonathan Ongeni, pour ses encouragements,
- ☐ Cadet Liwoko, pour son aide précieuse à plusieurs étapes de mon parcours.

Je ne peux terminer ces remerciements sans rendre hommage à mon meilleur ami, John Luak Chioc, qui m'a soutenu avec une fidélité et une force incroyable. Bien qu'il ne soit Plus parmi nous depuis l'année passée, son souvenir reste vivant dans mon cœur. Il a été Pour moi un frère, un pilier, et une source d'inspiration. Je lui dédie une part importante de ce travail.

Enfin, à tous ceux qui, de près ou de loin, ont contribué à la réalisation de ce mémoire, amis, enseignants, camarades et proches, même si vos noms ne sont pas tous cités ici, sachez Que votre soutien a profondément marqué mon parcours.

Prudenc



La listes des abréviations

Abréviations	Signification
KI	Iodure de potassium
IC50	Concentration Inhibitrice à 50%
DPPH	2,2-diphényl-1-picrylhydrazyle
IP	Indice Peroxyde
KMMNO4	Permanganate de potassium
Gélose XLD	Xylose lysine Deoxycholate
VRBL	Violet Red Bile Lactose
AgNO3	Nitrate d'argent
HCl	Chlorure d'hydrogène
AGS	Acide gras saturé
BHA	Butylhydroxyanisole
P	Pistacia

Liste des tableaux

N° du tableau	Titre	Page
Tableau I	Classification taxonomique de <i>Pistacia lentiscus</i>	4
Tableau II	Composition en acides gras de l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i>	7
Tableau III	Composition en tocophérols	8
Tableau IV	Principales classes de composés phénoliques	9
Tableau V	Les modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits	17
Tableau VI	Proportion différent ingrédient utilisé dans la préparation des biscuits sans huile de lentisque et avec huile de lentisque ainsi la quantité adéquate	25
Tableau V II	Les résultats des analyses physico -chimique d'huile de lentisque	37
Tableau V III	Les teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et caroténoïdes de l'huile de fruit de lentisque	42
Tableau IX	Les valeurs d'IC50 pour l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i> et pour BHA.	46
Tableau XI	Les résultats des analyses microbiologiques pour biscuit avec et sans huile de lentisque	47
Tableau XII	Résultats des analyses physico-chimiques des biscuits	48
Tableau XIII	Moyennes ajustées par produit	51

Liste des Figures

N° de la figure	Titre	Page
Figure 1	Photo de <i>Pistacia lentiscus</i> L	03
Figure 2	Aire de répartition du <i>Pistacia lentiscus</i> L. autour du bassin Méditerranéen (Algérie).	05
Figure 3	Dérivés d'acides hydroxybenzoïques et hydroxy cinnamiques	10
Figure 4	Structure de flavon (base des flavonoïdes)	11
Figure 5	Saponine triterpénoïde de type Oléane	12
Figure 6	les graines et huile du pistacia lentiscus	18
Figure 7	Extraction traditionnelle de l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i>	18
Figure 8	Protocole de mesure de l'activité anti-radicalaire	24
Figure9	Biscuits sans et avec huile de lentisque	26
Figure10	Le sac sous vide pour biscuit	27
Figure11	Procédé de fabrication des biscuits	27
Figure12	Évaluation sensorielle par les dégustateurs	36
Figure13	Résultats du test Rancimat pour les différentes huiles étudiées	40
Figure14	Activité antiradicalaire de l'huile de fruit de lentisque (A) et du BHA (B)	44
Figure15	Pouvoir discriminant par descripteur	50
Figure17	Profil sensoriel des biscuits	52

Sommaire

TABLE DE MATIERES

LISTE DES ABRIVATIONS

LISTES DES TBLEAUX

LISTE DES FIGURES

Introduction	1
--------------------	---

Chapitre 1 : caractéristiques biologiques de *pistacia lentiscus*

I. Présentation de Pistacia lentisques L	3
I.1. Origine de <i>Pistacia lentiscus</i>	3
I.2. Taxonomie de <i>Pistacia lentiscus</i> L.	3
I.3. Description botanique de <i>Pistacia lentiscus</i> L.	4
1.4. Répartition géographique de <i>Pistacia lentiscus</i> L en Algérie.....	4
1.5. Effets thérapeutiques de <i>Pistacia lentiscus</i> L.	5

Chapitre II : la biochimie et activité antioxydante d'huile de lentisque

II.1. Généralité.....	6
II.2. Classification des métabolites secondaires d'huile de fruits de pistacia lentiscuse	7
II.2.1. Tocophérols.....	8
II.2.2. Composés phénoliques.....	8
II.2.2.1. Acides phénoliques ou phénol simple	10
II.2.2.2 Flavonoïdes	10
II.2.2.3 Tanins hydrolysables et condensés	11
II.3. Saponines	11
II.4. Activités Biologique des extraits de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	12
II.4.1. Activité antioxydant.....	12
II.4.2. Antioxydants	13
II.4.2.1. Antioxydants primaires	13
II.4.2.2. Antioxydants secondaires.....	13

Chapitre III : valorisation de l'huile végétale de *P. lentiscus* dans la fabrication des biscuits

III.1 Historique des biscuits	14
III.2 Définition des biscuits	14
III.3 La classification des biscuits	14

III.4 Matière première utilisées dans la fabrication du biscuit	14
III.4.1 Farine	14
III.4.2 Le sucre.....	15
III.4.3 La matière grasse	15
III.4.4 L'eau	15
III.4.5 Substances levants	15
III.5 Les autres ingrédients.....	16
III.5 .1 Lait.....	16
III.5.2 Les œufs.....	16
III.5.3 Le sel.....	16
III .6 Technologie de fabrication des biscuits	16
III .6 .1 Réception des matières premières	16
III.6.2 mélange et Malaxage des matière première	16
III .6.3 Le pétrissage proprement dit	16
III .6.4 Le façonnage et découpage de la pâte	17
III .6.5 La cuisson.....	17
III.6.6 Refroidissement	17
III.6.7 conditionnements.....	17

PARTIE PRATIQUE

Chapitre I : Matériel et méthodes

I.1 Matériel végétal	18
I.2.1. Méthode d'extraction de l'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i>	18
I.2.2. Analyses physico-chimiques de l'huile de lentisque.....	19
I.2.2.1. Détermination de l'acidité (ISO 660, 4 ^e édition, 2020-02).....	19
I.2.2.2. Détermination de l'indice de peroxyde (ISO 3960, 5 ^e édition, 2017-02).....	20
I.2.2.3. Indice de réfraction (ISO 6320, 5 ^e éd., 2017-02).....	20
I.2.2.4. Détermination de la couleur (ISO 15305, 1 ^{re} éd., 1998-09)	21
I.2.2.5 Composition en acides gras des huiles par CPG (NE NF EN ISO 5508, 2000). ..	21
I.3. Stabilité oxydative par Rancimat	22
I.4. Teneur en polyphénols	22
I.4.1. Extraction	22
I.4.2. Dosage.....	22
II.4.3. Dosage des flavonoïdes.....	23
I.5. Détermination de la teneur en caroténoïdes	23
I.6. Activité antioxydante de l'huile de lentisque.....	24
I.6.1. Activité anti-radicalaire (DPPH).....	24
I.7 Incorporation d'huile de lentisque dans les biscuits	25
I.7. 1. Les ingrédients utilisés dans la préparation des biscuits	25

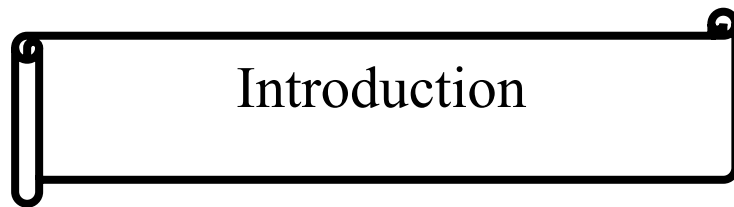
I.7.2. Procédé de fabrication des biscuits	25
I.7.2.1 Réception des matières premières	25
II.7.2.2 Mélange des matières premières	25
I.7.2.3. Malaxage	26
I.7.2.4. Moulage et mise en forme	26
I.7.2.5. Cuisson	26
I.7.2.6. Refroidissement	26
I.7.2.7. Conditionnement, emballage et durée de conservation des biscuits	26
I.9. Méthodes d'analyse physico-chimique	28
I.9.1. Détermination de l'humidité des biscuits	28
I.9.2. Détermination de la teneur en matière grasse	28
I.9.3. Détermination du taux des protéines	29
I.9.4. Dosage des glucides	30
I.9.5. Détermination de la teneur en sel	31
I.10 Analyse microbiologique	32
I.10.1. Dénombrement d' <i>Escherichia coli</i>	32
I.10.2. Dénombrement des germes aérobies à 30 °C	33
I.10.3. Recherche et dénombrement des moisissures	33
I.10.4. Recherche et dénombrement des <i>Staphylococcus aureus</i>	34
I.10.5. Recherche de <i>Salmonella</i> : Arrêté du 05/02/2017	34
I.11 Évaluation sensorielle des biscuits	35
Chapitre II : Résultats et discussion	
II.12 Analyses statistiques	36
II. Les analyses physico-chimiques d'huile de lentisque	37
II. 1.les méthode	37
II.1.1. Acidité	37
II.1.2. Indice de peroxyde (IP)	38
II.1.3. Indice de réfraction	39
II.1.4. Détermination de la couleur	39
II.2 La composition en acides gras analysé par CPG	40
II.3. Test de Rancimat :est un test accéléré La stabilité à l'oxydation des huile étudiées	40
II.4. Détermination de la teneur en polyphénols de l'huile de lentisque	41
II.4.1. Extraction des composés phénoliques	41
II.4.2. Teneur en polyphénols totaux	42
II.4.3. Teneur en flavonoïdes	43
II.5. Teneur en caroténoïdes	43
II.6. Résultats des activités antioxydantes de piégeage du radical libre DPPH	44

II.7. Analyses microbiologiques.....	46
II.8.1. L'humidité des biscuits	48
II.8.2. Les glucides	49
II.8.3. Les protéines	49
II.8.4. Les lipides	49
II.8.5. La teneur en sel	50
II.9. Analyse sensorielle des biscuits	50
II.9.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur	50
II.9.2. Coefficients des modèles	51
II.9.3. Moyennes ajustées par produit.....	51
II.10. Cartographie des préférences (PREFMAP).....	52
Conclusion.....	38

Références bibliographiques

Annexes

Résumé



Introduction

Introduction

De nos jours, les consommateurs privilégient de plus en plus les aliments sains, fonctionnels et exempts d'additifs chimiques. Pour répondre à cette exigence croissante, l'industrie agroalimentaire se tourne vers des ingrédients naturels dotés de propriétés biologiques avérées. L'oxydation des lipides, qui constitue la principale cause de détérioration des aliments riches en matières grasses, compromet leur conservation et leur qualité. Dans ce contexte, les antioxydants d'origine végétale apparaissent comme une alternative à la fois efficace et plus sûre que ceux issus de la synthèse chimique (**Bensid et al., 2014 ; Karre et al., 2013**).

Dans ce contexte, *Pistacia lentiscus* L., une plante typique des régions méditerranéennes et particulièrement présente en Algérie, constitue une source naturelle prometteuse. L'huile issue de ses fruits est utilisée depuis longtemps pour ses bienfaits thérapeutiques. Elle se distingue par sa richesse en acides gras insaturés, stérols, tocophérols et composés phénoliques, reconnus pour leurs puissantes propriétés antioxydantes (**Fekairi & Ben Ahmed, 2016 ; Amirouche et al., 2022**).

Des recherches menées en Algérie ont révélé que l'huile de *Pistacia lentiscus* possède une activité antioxydante élevée, résultat de l'effet synergique entre ses divers composants. Par exemple, des études réalisées dans les régions Béjaïa ont mis en évidence sa capacité remarquable à neutraliser les radicaux libres, ainsi que des caractéristiques physico-chimiques favorables à une utilisation dans le domaine alimentaire (**Sid et al., 2018 ; Belkacemi & Koribaa, 2017**).

L'objectif de ce mémoire est d'étudier, d'une part, la composition biochimique et l'activité antioxydante de l'huile de *Pistacia lentiscus*, et d'autre part, son application dans l'enrichissement de biscuits, en tant qu'ingrédient fonctionnel à visée conservatrice et nutritionnelle.

Le présent travail est scindé en 3 parties :

La 1ère partie : est une étude bibliographique subdivisée en trois chapitres. Le premier chapitre porte sur Caractéristiques biologiques de *Pistacia lentiscus* L. Ensuite le second chapitre comporte tous ce qui concerne la biochimie et activité antioxydante d'huile de lentisque la troisième chapitre valorisation de l'huile végétale de pistacia lentiscus dans la fabrication des biscuits.

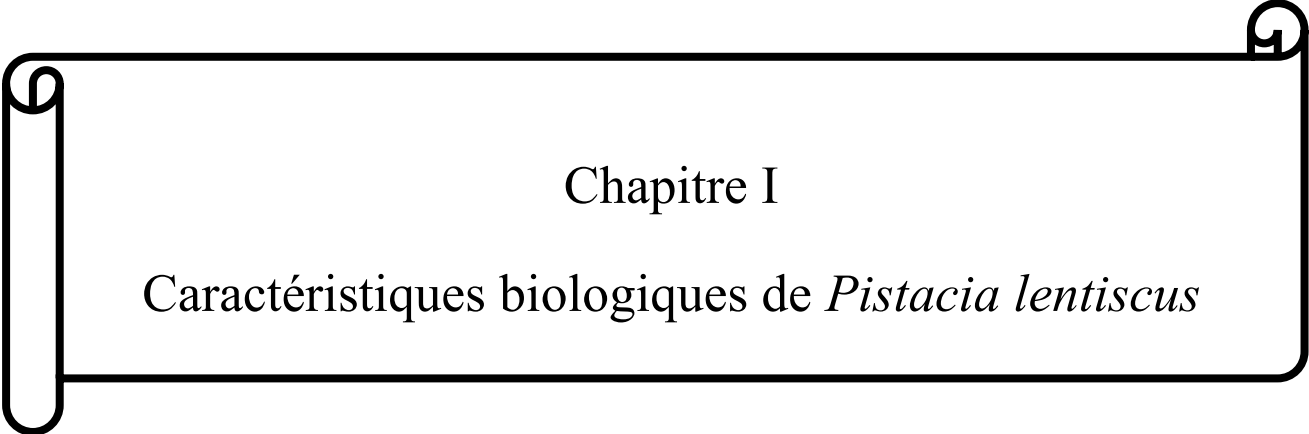
La 2^{ème} partie : est une partie expérimentale qui détaille le matériel et les Méthodes utilisées pour la réalisation de la partie pratique de ce travail.

La 3^{ème} partie : est consacrée aux différents résultats obtenus et leurs interprétations.

Au final, une conclusion générale et des références bibliographiques clôturent ce manuscrit.



Partie bibliographique

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and horizontal lines at the top and bottom, all featuring ornate scrollwork at the corners.

Chapitre I

Caractéristiques biologiques de *Pistacia lentiscus*

I. Présentation de *Pistacia lentiscus* L

I.1. Origine de *Pistacia lentiscus*

La famille des anacardiacees, à laquelle appartient *Pistacia lentiscus* L., est une famille de plantes dicotylédones décrite pour la première fois par Lindley en 1830. Elle comprend environ 70 genres et plus de 600 espèces (Abdeldjelil, 2016). Le lentisque, nom commun de *Pistacia lentiscus* L., est une espèce originaire de la région méditerranéenne. On le trouve principalement à l'état spontané dans des milieux tels que les garrigues ou les terrains abandonnés (Bensalem, 2014).

Le pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.), également appelé lentisque, est un arbuste appartenant au genre *Pistacia*. Ses feuilles sont généralement alternes et composées, soit pennées, soit trifoliolées. On le surnomme aussi "arbre à mastic", en référence à la résine aromatique, le mastic, qui s'écoule de son tronc et de ses rameaux (Figure 1). Dans la langue arabe locale, cette plante est connue sous les appellations Darou, Dherou ou Drou. En français, elle est nommée lentisque ou arbre au mastic, tandis qu'en anglais, elle est désignée par le terme "lentisk" (Bensalem, 2014).



Figure 1. Photo de *Pistacia lentiscus* L. (Tassin, 2012).

I.2. Taxonomie de *Pistacia lentiscus* L.

Pistacia lentiscus L., appartenant à la famille des anacardiacees, est une espèce végétale largement répandue (Trabelsi et al., 2012). Elle porte des noms variés selon les langues et les

Chapitre I Les caractéristiques biologiques de *pistacia lentiscus*

Régions. En arabe, elle est connue sous les noms Derw ou Darw, tandis qu'en berbère nord-africain, on l'appelle Tidekt ou Tidekst. En espagnol, elle est nommée Lentisco, en français arbre au mastic, en allemand Mastixbaum, et en anglais Mastic tree ou Chios (**Boukeloua et Belkhiri, 2009**)

Tableau I : Classification taxonomique de *Pistacia lentiscus* L. (**Maameri-Habibatni, 2014**)

Rang taxonomique	Classification
Règne	Végétal
Embranchement	Spermaphytes
Sous-embranchement	Angiospermes
Ordre	Sapidanles
Classe	Dicotylédones
Famille	Anacardiacee
Espèce	<i>Pistacia lentiscus</i> L.
Genre	<i>Pistacia</i>

1.3. Description botanique de *Pistacia lentiscus* L.

Pistacia lentiscus L. est un arbuste vivace, très ramifié et thermophile, dont la hauteur varie généralement entre 1 et 3 mètres (**Ferradji, 2011**). Sa description botanique : **Les racines, Les branches, Les feuilles, Les fruits, Le mastic, Ecorce et tronc.**

1.4. Répartition géographique de *Pistacia lentiscus* L en Algérie.

Pistacia lentiscus est un arbrisseau largement répandu dans les régions méditerranéennes d'Europe et d'Afrique, ainsi que dans certaines zones arides d'Asie. On le trouve également jusqu'aux îles Canaries (**Bellakhdar, 2013**). Cette espèce pousse à l'état sauvage et est capable de se développer sur une grande diversité de sols (**More et White, 2005**).

En Algérie, *Pistacia lentiscus* occupe les zones méditerranéennes, semi-arides et subhumides, où il colonise tous types de sols (**Smail-Saadoun, 2005**). On le rencontre notamment dans le bassin du Soummam, en association avec le chêne vert, le pin d'Alep et le chêne-liège (**Belhadj, 1999**). Il est également présent le long de la région du Tell et dans les

principales zones forestières du nord du pays (**More et White, 2005**). Sa limite méridionale est observée aux environs de Saïda, tandis qu'aucune présence n'est signalée au sud de l'Atlas saharien (**Ait Said, 2011**).

Dans les zones semi-arides des Hautes Plaines, l'espèce est présente mais en densité plus faible. En revanche, elle est plus abondante dans les plaines des zones humides. En plus de son intérêt écologique, *Pistacia lentiscus* joue un rôle bénéfique pour le sol : il limite l'érosion, et favorise les conditions biologiques nécessaires au développement des cultures (**Correia et Diaz Barradas, 2000**).

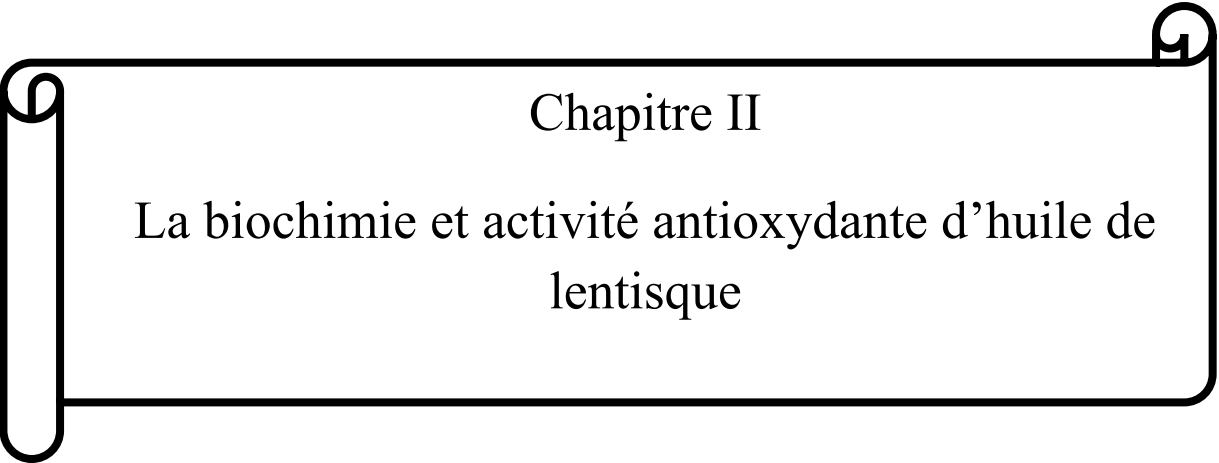


Figure 02 : Aire de répartition du *Pistacia lentiscus* L. autour du bassin Méditerranéen (Algérie). (**Cherfi et Omani, 2016**).

1.5. Effets thérapeutiques de *Pistacia lentiscus* L.

Pistacia lentiscus L. est une plante médicinale utilisée dans la pharmacopée traditionnelle méditerranéenne. Toutes ses parties sont valorisées pour traiter divers maux **Boulebda et al., 2009 ; Dogan et al., 2003** : les racines contre les inflammations et ulcères, les parties aériennes pour l'hypertension et comme diurétiques (**Aouinti et al., 2014**). et les feuilles pour leurs propriétés biologiques variées (anti-inflammatoires, antibactériennes, cicatrisantes, etc.) (**Villar et al., 1987**). En Algérie, ses huiles essentielles sont utilisées comme antispasmodiques, antiseptiques et en application locale contre les douleurs et brûlures. (**Arab et al., 2014**). Elles présentent aussi des activités antioxydantes et sont utilisées en cosmétique et en alimentation (**Haloui et al., 2015**).

L'huile des fruits de *Pistacia lentiscus* est reconnue comme une source alimentaire sûre, ayant un rôle protecteur contre l'intoxication au mercure et une action régulatrice sur le cholestérol LDL. Riche enides gras, notamment en acide oléique, elle contribue à la santé cardiovasculaire en diminuant le "mauvais" cholestérol (LDL) tout en maintenant le HDL et les triglycérides. L'acide linoléique qu'elle contient joue également un rôle préventif contre les maladies coronariennes et certains cancers. Par ailleurs, les extraits des parties aériennes de la plante possèdent une forte activité antioxydante et inhibent plusieurs enzymes clés (**Bougherara 2015et Merzougui, 2015**).

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and horizontal sections at the top and bottom, all featuring rounded, scroll-like ends.

Chapitre II

La biochimie et activité antioxydante d'huile de
lentisque

II.1. Généralité

Les plantes agissent comme de véritables usines biologiques capables de synthétiser une grande variété de métabolites, dont les structures chimiques varient en fonction de leur origine biosynthétique et de leur nature biochimique. Ces composés se divisent principalement en deux catégories : les métabolites primaires et les métabolites secondaires (**Djedaia, 2016**). Les métabolites primaires, tels que les glucides, les protéines, les lipides et les acides nucléiques, jouent un rôle fondamental dans la structure cellulaire et les fonctions vitales de la plante. Ils sont essentiels à sa croissance, à son développement et à son métabolisme de base.

L'huile extraite de *Pistacia lentiscus* L., également appelée lentisque, constitue une matrice lipidique complexe et riche en composés bioactifs. Son profil biochimique unique lui confère des propriétés nutritionnelles, thérapeutiques et technologiques particulièrement intéressantes, justifiant l'intérêt croissant qu'elle suscite dans les domaines de la pharmacologie, de cosmétique et de l'agroalimentaire.

La richesse de cette huile réside dans la diversité des familles de molécules qu'elle contient. On y retrouve principalement des acides gras (saturés et insaturés), des stérols, des tocophérols, ainsi qu'un ensemble varié de composés phénoliques, tels que les polyphénols, flavonoïdes, tanins et acides phénoliques. Ces composés participent activement à ses effets antioxydants, anti-inflammatoires, antimicrobiens et cardioprotecteurs. Par ailleurs, la composition de l'huile peut varier en fonction de plusieurs facteurs, tels que l'origine géographique de la plante, les conditions pédoclimatiques, la période de récolte ou encore la méthode d'extraction. L'analyse biochimique de ces constituants s'avère donc indispensable pour mieux comprendre l'activité biologique de cette huile et valoriser ses applications industrielles. Les produits des métabolismes secondaires sont très nombreux, plus de 200.000 structures ont été identifiées. Ils sont d'une variété structurale extraordinaire mais en faible quantité. (**Djedaia, 2016**). Ils ont un rôle important dans les interactions de la plante avec son environnement tel que la protection contre les pathogènes, herbivores, et le stress abiotique. Les métabolites secondaires sont divisés principalement en trois grandes familles : les composés phénoliques (polyphénols), les composés azotés (alcaloïdes) et les terpénoïdes. (**Abbas et Miloudi. 2016**).

II.2. Classification des métabolites secondaires d'huile de fruits de pistacia lentiscuse

L'huile extraite de *Pistacia lentiscus* L. (ou huile de lentisque) constitue une matrice lipidique particulièrement riche en métabolites secondaires bioactifs, qui lui confèrent des propriétés nutritionnelles, pharmacologiques et technologiques remarquables. Elle contient une grande variété de composés lipidiques tels que les acides gras, les tocophérols, ainsi qu'un large spectre de composés phénoliques (polyphénols, flavonoïdes, tanins et acides phénoliques) (Mezni et al., 2014 ; Abidi et al., 2023).

Les acides gras majoritaires dans cette huile sont l'acide oléique (C18 :1, > 50 %), l'acide linoléique (C18 :2) et l'acide palmitique (C16 :0), assurant à l'huile un excellent profil lipidique favorable à la santé cardiovasculaire (Mezni et al., 2014). La fraction insaponifiable comprend principalement le β -sitostérol, le campestérol et le stigmastérol, reconnus pour leurs effets hypocholestérolémifiants (PMC, 2021).

Tableau II : Composition en acides gras de l'huile de fruits de *Pistacia lentiscus* L. (Belabbes 2017 ; Khelifi (2021)).

Type d'acides gras	Acides spécifiques identifiés	Teneurs moyennes
Acides gras saturés (AGS)	Acide palmitique (C16 :0), acide stéarique (C18 :0)	~13 à 22 %
Acides gras mono-insaturés (AGMI)	Acide oléique (C18 :1)	~48 à 58 %
Acides gras polyinsaturés (AGPI)	Acide linoléique (C18 :2), acide linolénique (C18 :3)	~18 à 32 %

Par ailleurs, l'huile de lentisque contient des quantités importantes d' α -tocophérol (vitamine E), pouvant atteindre 68 à 90 mg/kg, jouant un rôle essentiel dans la prévention du stress oxydatif cellulaire (Mezni et al., 2014 ; PMC, 2021). La présence de composés phénoliques tels que les flavonoïdes (quercétine, kaempférol), les acides phénoliques (acide gallique, acide caféique) et les tanins condensés lui confère une activité antioxydante élevée (Abidi et al., 2023 ; Boulemane et al., 2022)

Il est important de souligner que la composition chimique de cette huile varie en fonction de plusieurs facteurs, notamment l'origine géographique, les conditions climatiques et

édaphiques, le stade de maturité des fruits et le procédé d'extraction utilisé (Zrira et al., 2003 ; MDPI Nutrients, 2024). Ces paramètres influencent fortement la teneur en métabolites secondaires, en particulier les terpénoïdes et les composés aromatiques volatils, responsables d'activités antimicrobiennes, anti-inflammatoires et antioxydantes (Bounoua et al., 2022 ; Kloucek et al., 2021)

II.2.1. Tocophérols

Les tocophérols, communément appelés vitamine E, sont des antioxydants liposolubles naturels jouant un rôle clé dans la stabilisation et la conservation des huiles végétales. Leur principale fonction consiste à piéger les radicaux libres, empêchant ainsi l'oxydation des lipides (Iserin et al., 2001 ; Reboul et al., 2007 ; Reiter et al., 2007). Ils existent sous quatre formes isomériques principales : α -, β -, γ - et δ -tocophérol, chacune ayant des propriétés antioxydantes spécifiques. La présence de ces composés dans l'huile de *Pistacia lentiscus* contribue non seulement à sa stabilité mais également à ses propriétés nutritionnelles et thérapeutiques, en particulier pour la protection des membranes cellulaires contre le stress oxydatif.

Tableau III : Composition en tocophérols d'huile de *Pistacia lentiscus* (Dhifi et al., 2013).

Tocophérols	Quantité (mg / g de l'huile)	% de Tocophérols totaux
α -tocophérol	7.59 ± 0.61	93.62
β -tocophérol	0.47 ± 0.02	5.79
γ -tocophérol	0.48 ± 0.04	0.59

II.2.2. Composés phénoliques

Les composés phénoliques dans les feuilles et fruits de *Pistacia lentiscus* sont très divers et leurs structures sont très variables. D'abord selon la complexité du squelette de base (allant de simple C6 à des formes très polymérisées (tableau IV), ensuite par le degré de modification de ce squelette (degrés d'oxydation, d'hydroxylation ...), enfin par les liaisons possibles de ces molécules de base avec d'autre molécules (glucides, lipides, protéines ...) peuvent être regroupés en de nombreuses classes (Rahou, 2017)

Tableau IV : Principales classes de composés phénoliques. (Rahou, 2017).

C1	Phénol simple	Catéchol
C6-c1	Acides Hydroxy benzoïques	p- Hydroxy benzoïque
C6-c3	Acides Hydroxy cinnamiques Coumarines	Acide caféique, férulique, Scopolétine
C6-c4	Naphthoquinones	Juglone
C6-c2-c6	Stilbène	Resvératrol
C6-c3-c6	Flavonoïdes : Flavanols Anthocyanes Flavanols Flavanones Iso flavonoïdes	Kaempférol, quercétine, Cyanidine, pélargonidine, Catéchine, épicatéchines, Naringénine, Diadzéine

Les **polyphénols** une sous-classe importante des composés phénoliques, sont des molécules spécifiques aux plantes. Leur diversité structurale rend leur classification complexe. Ils regroupent un large éventail de substances bioactives aux structures variées, incluant les flavonoïdes, tanins, acides phénoliques, et bien d'autres, jouant un rôle fondamental dans la défense des plantes contre les agressions extérieures et en interaction avec leur environnement.

Les composés phénoliques jouent un rôle essentiel tant dans la physiologie des plantes que dans les applications liées à la santé humaine. Chez la plante, ils interviennent dans la régulation de divers processus physiologiques, notamment la croissance et la défense contre certains agents pathogènes. Ils participent également aux interactions avec l'environnement biotique et abiotique, en agissant contre les bactéries, les champignons, les insectes, ou encore en protégeant les tissus végétaux des rayons ultraviolets (UV). Ces composés influencent aussi la qualité nutritionnelle et fonctionnelle des organes végétaux, tels que les fruits et les légumes, ainsi que des produits dérivés. Chez l'homme, ils sont reconnus pour leurs propriétés **antioxydantes**, jouant un rôle préventif contre le stress oxydatif et contribuant ainsi à la protection contre certaines maladies (Macheix et *al.*, 2005).

II.2.2.1. Acides phénoliques ou phénol simple

Pistacia est particulièrement riche en acides phénoliques, lesquels se répartissent en deux grandes catégories : les acides hydroxy benzoïques et les acides hydroxy cinnamiques (**Rahou, 2017**) (figure 3). Les acides hydroxy benzoïques sont généralement présents en très faibles concentrations dans les plantes comestibles, ce qui les rend peu fréquents dans l'alimentation humaine. En revanche, les dérivés des acides hydroxy cinnamiques sont beaucoup plus courants dans le régime alimentaire (**Muanda, 2010**).

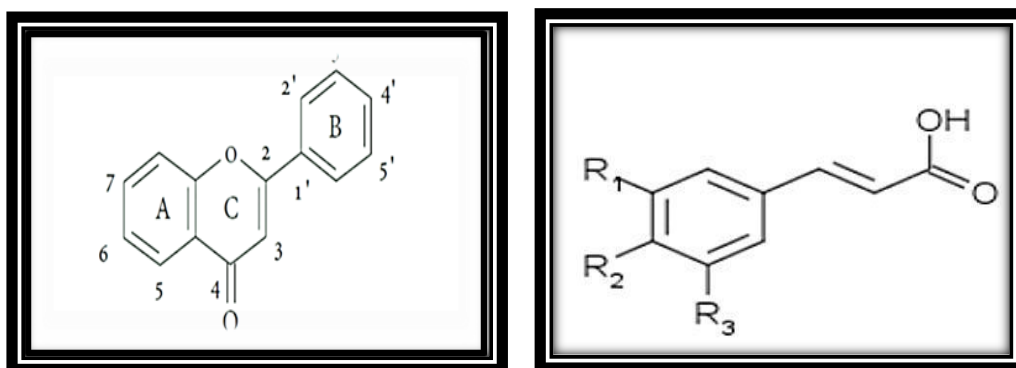


Figure03 : Dérivé d'acide hydroxy benzoïque et l'acide hydroxy cinnamiques. (**Macheix et al, 2005**).

II..2.2.2 Flavonoïdes

Dans le règne végétal, notamment chez les plantes vasculaires. Ils jouent un rôle fondamental en tant que pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge observées dans divers organes végétaux (**Delaldja et Saadoudi, 2017**).

La classification des flavonoïdes repose principalement sur la nature des substituants présents sur les cycles aromatiques de leur squelette de base ainsi que sur leur degré de saturation. (Figure04)

Sur le plan structural, les flavonoïdes peuvent exister sous deux formes principales :

- Les aglycones ou génines, qui sont des structures dépourvues de résidus sucrés ;
- Les hétérosides, qui portent un ou plusieurs résidus osidiques liés à leur squelette flavonoïdique.

Cette diversité structurale confère aux flavonoïdes une variété d'activités biologiques, notamment antioxydantes, anti-inflammatoires et antimicrobiennes.

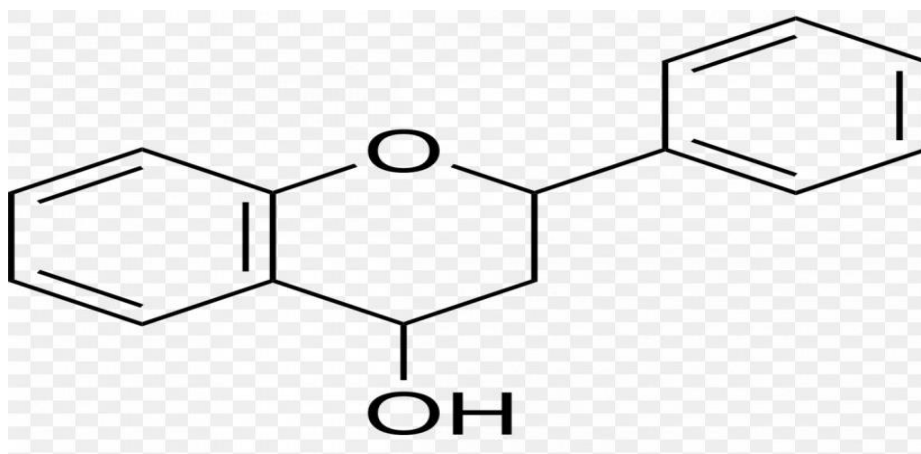


Figure 04 : Structure de Flavon. (Anonyme E 2021)

Chez *Pistacia lentiscus*, les feuilles se distinguent par leur richesse en flavonols, en particulier la quercétine, la myricétine, la lutéoline, ainsi que l'isoflavone génistéine (Romani et al., 2002 ; Stocker et al., 2004 ; Vaya et Mahmood, 2006).

II.2.2.3 Tanins hydrolysables et condensés

Les tanins sont des polyphénols que l'on trouve dans de nombreux végétaux tels que les écorces d'arbre et les fruits. Leur structure est complexe. Les feuilles de *P. lentiscus* contiennent 6 à 7% de gallotannins de faible poids moléculaire (Romani et al., 2002).

II.3. Saponines

Le nom saponine dérive du mot latin « sapo », qui signifie savon, parce que ces composés moussent une fois agités avec de l'eau. Ils se composent d'aglycones non polaires liés à un ou à plusieurs sucres. (Donatien, 2009). Ils sont une classe d'hétérosides très répandue chez les plantes et les animaux marins. (Midani, 2017). Ils peuvent être classés en deux groupes selon la nature de leur génine qui peut être stéroïdique ou triterpénique.

Il semble que les saponosides (figure 05) jouent un rôle de défense du végétal contre les pathogènes microbiens. Les interactions mises en jeu avec les stérols de la membrane ont pour conséquence des propriétés hémolytiques et une activité spermicide de certaines molécules. Elles sont toxiques pour les animaux à sang froid et en particulier pour les poissons et les mollusques. (Krief, 2003).

La présence de terpénoïdes aux niveaux de *Pistacia lentiscus* selon (Andersen et Markham, 2010), elle contient des Terpénoïdes (stérols et triterpènes, des saponosides).

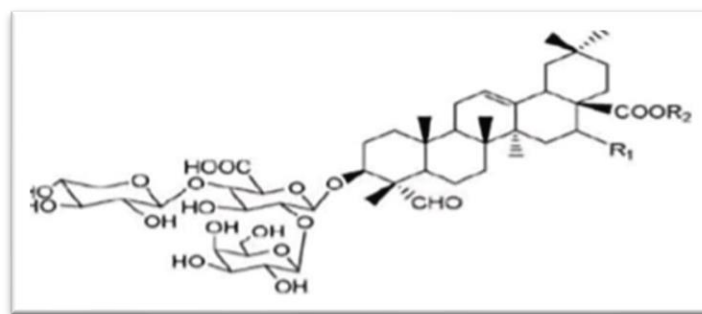


Figure 05 : Saponine terpénoïdes de type Oléane. (Nieet al. 2009).

II.4. Activités Biologique des extraits de *Pistacia lentiscus* L.

L'oxydation est une réaction chimique inévitable dans les systèmes biologiques et alimentaires, causant des altérations structurales et fonctionnelles importantes. Ce phénomène est essentiellement lié à la génération excessive de radicaux libres, qui sont à l'origine du stress oxydatif. Dans ce contexte, les antioxydants jouent un rôle crucial en neutralisant ces espèces réactives, protégeant ainsi les cellules et les produits alimentaires. Ce chapitre aborde les mécanismes d'action antioxydants, les méthodes d'évaluation de l'activité antioxydante et les applications potentielles de l'huile de lentisque.

Pistacia lentiscus L. qui est connu pour ses propriétés médicinales depuis l'antiquité ; il occupe une place appréciable dans la médecine traditionnelle et pharmaceutique de plusieurs régions méditerranéennes avec différentes utilisations, de plus, il a des de nombreuses activité biologique, Ces activités biologiques sont dues à la présence de composés phytochimiques possédant des cibles moléculaires précises pouvant atteindre différents processus physiologiques (Belhachat, 2018).

II.4.1. Activité antioxydant

Les différentes propriétés, notamment antioxydants des plantes médicinales sont essentiellement dues à leurs composés bioactifs. L'intérêt porté sur ces composés ne cesse de croître ces dernières années. Ils sont étudiés dans le but de trouver de nouvelles structures modèles pour le développement de médicaments thérapeutiques ou protecteurs (Bensaci et Hadjmolrani, 2014). L'activité antioxydant d'un composé correspond à sa capacité à résister à l'oxydation. Les antioxydants les plus connus sont le β -carotène (provitamine A), l'acide ascorbique (vitamine C), le tocophérol (vitamine E) ainsi que les composés phénoliques. En effet, les propriétés antioxydants sont attribuées en partie, à la capacité de ces composés naturels à piéger les radicaux libres (Delaldja et Saadoudi, 2016)

II.4.2. Antioxydants

Les antioxydants regroupent un ensemble de molécules capables d'inhiber la formation, de freiner la propagation ou d'éliminer les espèces réactives de l'oxygène. De nombreuses plantes utilisées en médecine traditionnelle possèdent des propriétés antioxydantes remarquables. Elles renferment une grande diversité de composés antioxydants, tels que les vitamines C et E, les caroténoïdes, divers oligoéléments, ainsi qu'une quantité importante de polyphénols (**Delaldja et Saadoudi, 2017**).

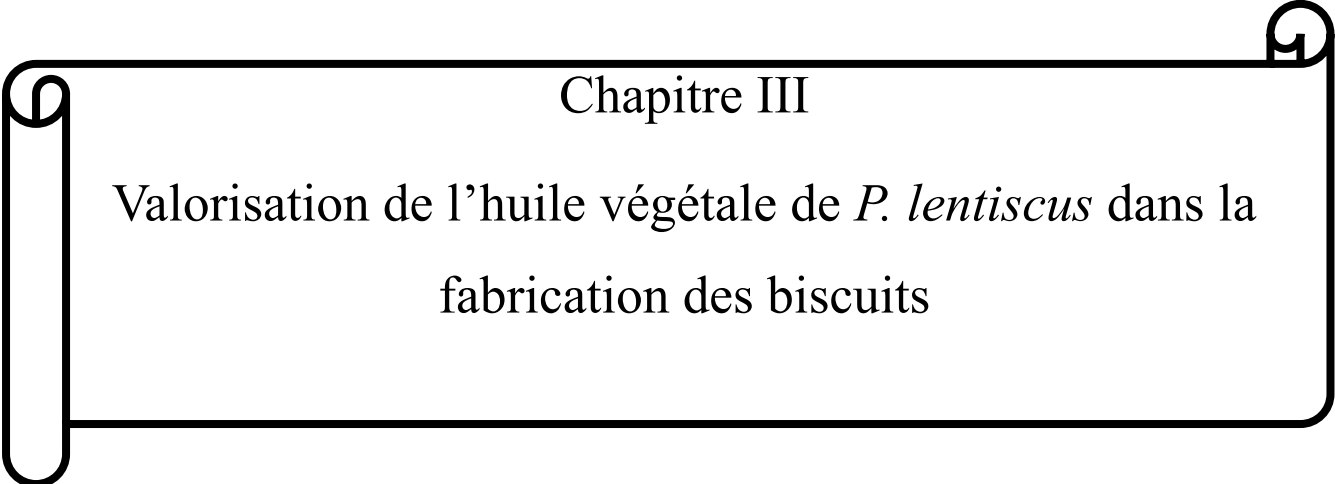
Selon la classification les antioxydants sont classés selon leurs mécanismes d'actions :

II.4.2.1. Antioxydants primaires

La cellule est pourvue d'enzymes antioxydants qui sont des systèmes de défense très efficaces. Cette ligne de défense est constituée de superoxyde dismutase (SOD), de catalase et de peroxydase (glutathion et ascorbate). Ces enzymes antioxydants permettent l'élimination des radicaux libres primaires. De ce fait elles préviennent la formation de radicaux libres organiques à partir des lipides membranaires notamment et contribuent donc à la protection des membranes de la peroxydation lipidique (**Harrar, 2012**).

II.4.2.2. Antioxydants secondaires

Ce sont des molécules exogènes. Contrairement aux enzymes antioxydants, une molécule d'antioxydant piège un seul radical libre. Pour pouvoir fonctionner à nouveau, cette molécule d'antioxydant doit donc être régénérée par d'autres systèmes. Plusieurs substances pouvant agir en tant qu'antioxydants in vivo ont été proposés. Elles incluent : la vitamine E, l'acide ascorbique, le β -carotène, les flavonoïdes, les composés phénoliques, (**Harrar, 2012**

A decorative border resembling a scroll, with a vertical strip on the left and horizontal lines at the top and bottom, all with rounded, scroll-like ends.

Chapitre III

Valorisation de l'huile végétale de *P. lentiscus* dans la
fabrication des biscuits

III.1 Historique des biscuits

Les origines des biscuits et gâteaux remontent à une dizaine de milliers d'années lorsque la bouillie de céréales devient galette, premier aliment susceptible d'être conservé. Au début c'était des produits consommés par les Pharaons égyptiens, les grecs et les romains. En effet, la biscuiterie est d'origine égyptienne, environ 2500 ans avant JC.

L'étymologie du mot biscuit est donnée par Jean de Joinville, un chroniqueur français, qui a parlé de ces petits pains cuits deux fois. C'est un terme venant du latin « panis biscotus » qui signifie « pain cuit deux fois » (Kabore, 2012).

III.2 Définition des biscuits

L'origine du mot biscuit est "Bis-Cuit", qui signifie subir une double cuisson. En effet, ce procédé exige que les pâtons soient d'abord cuits comme le pain, puis placés dans les compartiments au-dessus du four pour réduire leur teneur en humidité.

C'est un aliment à base de farine alimentaire, des matières grasses, matière sucrantes et d'autres ingrédients. La composition des biscuits varie énormément selon leur type (Armand et Germain, 1992 ; Cheblaoui et Yahiatene, 2016).

III.3 La classification des biscuits

Il n'existe pas de classification officielle des biscuits, principalement en raison de la diversité des produits fabriqués et de la variété des ingrédients utilisés dans leur élaboration. Néanmoins, une classification peut être proposée en fonction de la texture de la pâte avant cuisson. On distingue ainsi :

- Les pâtes dures ou semi-dures, Les pâtes molles, Les pâtes à gaufrettes, (Soulef, 2010).

III.4 Matière première utilisées dans la fabrication du biscuit

III.4.1 Farine

Bien que la biscuiterie offre une grande diversité de produits, la farine demeure l'ingrédient de base le plus utilisé dans ce domaine. La farine de blé tendre (froment) est généralement privilégiée pour la fabrication des biscuits. Parmi les caractéristiques intrinsèques de la farine, la teneur en protéines joue un rôle déterminant dans la qualité finale du produit. Pour garantir de bons résultats, cette teneur doit se situer entre 7,5 % et 10 %, sans toutefois dépasser 11 % (Menar et al., 1992).

III.4.2 Le sucre

Les substances sucrantes constituent entre 20 % et 35 % du poids total des matières premières utilisées dans la fabrication des biscuits. Les deux principaux types de sucres employés dans ce secteur sont le saccharose et le glucose (**Jean-François, 1994**).

III.4.3 La matière grasse

En biscuiterie, les matières grasses utilisées sont généralement d'origine végétale (huile de palme). La teneur en matière grasse est en fonction du type de biscuit fabriqué. Elle joue le rôle de :

- Agent de plasticité : chaque graisse possède sa plasticité particulière.
- Contribution structurale : Le corps gras préalablement émulsifié, contient de l'eau et de l'air sous forme d'inclusion, qui sous l'action de la chaleur vont se vaporiser et former des vacuoles. Cette formation d'alvéoles, secondant celles des poudres levantes ajoutées au biscuit, confère au produit fini sa structure alvéolaire.
- Agent thermique : Les matières grasses sont, parmi toutes les matières premières, celles qui possèdent le coefficient de conductibilité thermique le plus élevé. Lors de la cuisson des produits, elles agissent comme de très bons agents de transmission de la chaleur. (**Haoua et Tingali, 2007 ; Souliac et al., 2010**).

III.4.4 L'eau

L'eau est un facteur essentiel dans les comportements rhéologiques des pâtes, il sert à hydrater la farine, rassembler, coller, gonfler toutes les particules d'amidon de la farine et à favoriser les réactions entre la farine et les autres ingrédients de la pâte. L'eau est nécessaire pour la solubilisation des ingrédients, pour l'hydratation des protéines et pour le développement d'un réseau de gluten (**Sofia, 2016**).

III.4.5 Substances levants

Les substances levantes sont principalement des levures chimiques, composées de substances alcalines capables de générer du dioxyde de carbone (CO₂) lors de la cuisson. Ce gaz provoque la levée de la pâte, ce qui donne au biscuit une structure alvéolaire légère et aérée après cuisson (**Sofia, 2016 ; Redjem et Derghal, 2016**).

III.5 Les autres ingrédients

III.5.1 Lait

Le lait peut remplacer l'eau dans certaines recettes de biscuit. Il mouille la pâte, améliore la structure et la texture de la pâte, stimule la saveur acquise aux biscuits, accélère leur cuisson, et donne une couleur marquée (la présence de lactose).

III.5.2 Les œufs

Les œufs apportent légèreté et texture aérée à des préparations comme les boudoirs, madeleines ou génoises. À la cuisson, ils contribuent à une coloration dorée des biscuits. Utilisés en poudre, ils sont plus stables et se conservent plus facilement, tout en étant moins sensibles aux contaminations microbiennes (Coutouly et *al.*, 1998).

III.5.3 Le sel

C'est le chlorure de sodium (NaCl) indique à celui utilisé en cuisson, il est soluble dans presque tous les liquides, son rôle est de :

- Accélère le ramollissement de la croûte
- Joue un rôle important dans la conservation des ingrédients et protège l'aliment

(Kiger L et Kiger J-G., 1967).

III.6 Technologie de fabrication des biscuits

III.6.1 Réception des matières premières

La réception des matières premières est une étape clé du processus de fabrication. Le service commercial choisit les qualités adaptées à l'usage prévu, tandis que le laboratoire de contrôle vérifie leur conformité et leur état de conservation. Ensuite, les matières doivent être stockées dans des conditions appropriées jusqu'à leur utilisation (Haoua et Tingali, 2007).

III.6.2 mélange et Malaxage des matière première

Le mélange des matières premières vise, en principe, à obtenir un produit final dont la composition et les caractéristiques correspondent exactement à la formule initialement définie à partir des composants connus (Armand et Germain, 1992). Le premier objectif du malaxage de la pâte est d'assurer une dispersion homogène des différents ingrédients, tout en minimisant le développement du gluten contenu dans la farine. (Armand et Germain, 1992).

III.6.3 Le pétrissage proprement dit

Une fois le pommadage terminé, l'ensemble de la farine est introduit dans le pétrin, puis on procède au pétrissage de la pâte pendant 4 à 5 minutes, jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène et suffisamment souple (Armand et Germain, 1992).

III .6.4 Le façonnage et découpage de la pâte

Le laminage est la première opération de mise en forme de la pâte pétrie. Il consiste à façonner la pâte (formation d'un ruban d'épaisseur déterminée) (**Fellueit, 2000**).

III .6.5 La cuisson

La cuisson est une étape au cours de laquelle se produisent de nombreuses réactions biochimiques et physico-chimiques complexes, telles que la dénaturation des protéines, la gélatinisation partielle de l'amidon, l'expansion de la pâte due à la dilatation thermique et à la réduction des gaz, l'évaporation de l'eau, ainsi que la formation de la couleur par la réaction de Maillard (**Armand et Germain, 1992**).

Tableau V : les modifications physico-chimiques durant la cuisson des biscuits (**Ben Mbarek, 2015**).

Température (°C)	Modifications physico-chimiques
32 à 38° C	- Formation d'une pellicule à la surface du biscuit.
32 à 99° C	- Dégagement du gaz carbonique et expansion du pâton. - Gélatinisation partielle de l'amidon. - Dénaturation réversible des protéines.
99à 121°C	- Dénaturation irréversible des protéines.
149 à 205° C	- Caramélisation des sucres.
188 à 205° C	- Dextrinisation ou formation d'une surface luisante.

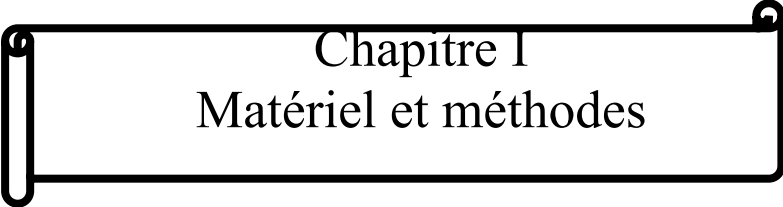
III.6.6 Refroidissement

Après leur sortie du four à des températures élevées, les biscuits sont refroidis à l'air libre pendant quelques minutes. Des ventilateurs sont utilisés pour faciliter ce refroidissement et éliminer l'humidité résiduelle (**Cheblaoui et Yahiatene, 2016**)

III.6.7 conditionnements

Les biscuits nécessitent un emballage adapté pour les protéger de l'oxygène, des odeurs et de la lumière. Plusieurs types d'emballages sont utilisés pour leur conservation, tels que le carton, l'aluminium et le plastique, disponibles sous différentes formes : barquettes, cylindriques ou rectangulaires (**Dugourd, 2009**).





Chapitre I

Matériel et méthodes

I.1 Matériel végétal

Les baies de lentisque ont été collectées au niveau de la wilaya de Béjaïa (commune de Barbacha). Cette collecte a été réalisée en période hivernale, entre décembre 2024 et février 2025, correspondant à la saison de cueillette des fruits et d'extraction de l'huile. Le choix a porté sur des fruits semi-noirs ou noirs.



Figure 6 : les graines et huile du pistacia lentiscus

I.2. Les méthodes

I.2.1. Méthode d'extraction de l'huile végétale de *Pistacia lentiscus*

L'huile de lentisque est extraite des fruits de *Pistacia lentiscus* selon une méthode traditionnelle (extraction à froid) :

L'extraction traditionnelle de l'huile végétale s'est déroulée selon le schéma suivant :

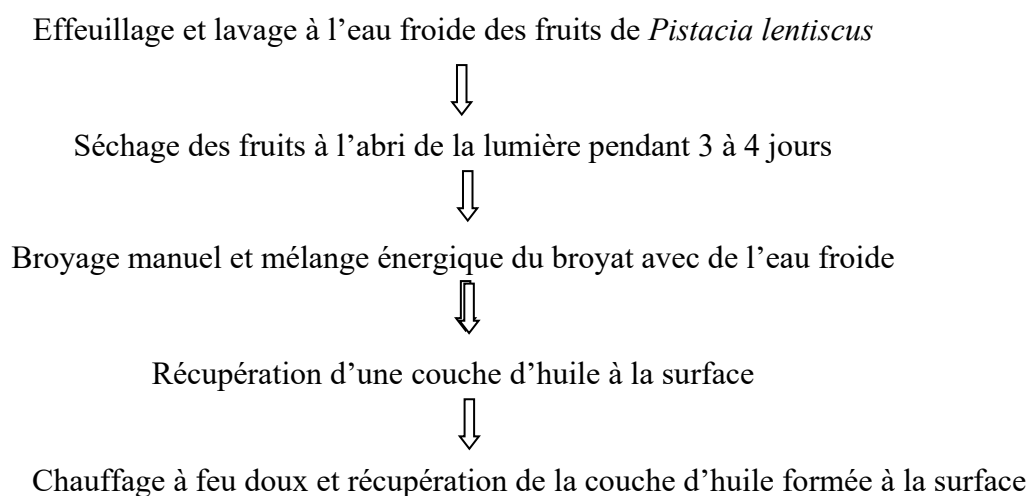


Figure 7 : Extraction traditionnelle de l'huile de *Pistacia lentiscus* (Merzougui, 2015).

Une partie de l'huile extraite a été utilisée pour le dosage des composés phénoliques et l'évaluation de l'activité antioxydante. Toutes ces étapes ont été réalisées au laboratoire de biochimie de l'université de Béjaïa. L'autre partie a servi aux analyses physico-chimiques de l'huile au niveau de laboratoire agroalimentaire CEVITAL.

I.2.2. Analyses physico-chimiques de l'huile de lentisque

Pour la commercialisation d'une huile végétale, sa durée de vie est un critère essentiel afin de déterminer le délai entre sa production et sa consommation. La législation impose la vérification de plusieurs paramètres permettant de décrire l'état d'oxydation d'une huile (Gharby *et al.*, 2014).

I.2.2.1. Détermination de l'acidité (ISO 660, 4^e édition, 2020-02)

L'acidité est un facteur important pour évaluer la qualité d'une huile. Elle est largement utilisée comme critère de classification commerciale des huiles vierges et comme indicateur de leur altération par hydrolyse. (Gharby *et al.*, 2014).

Principe : L'acidité titrable correspond à la somme des acides organiques et minéraux présents dans le produit. Elle est déterminée par titrage avec une solution alcaline de NaOH (0,1 N) en présence de phénolphthaléine comme indicateur coloré (Türkmen et Eksi, 2011).

Mode opératoire

Pour effectuer le titrage, on commence par transvaser 10 ml d'huile dans un bécher. Ensuite, on ajoute 3 à 4 gouttes de phénolphthaléine comme indicateur. Le titrage est réalisé à l'aide d'une solution de soude (NaOH 0,1 N) que l'on verse progressivement jusqu'à l'apparition d'une coloration rose pâle, indiquant le point d'équivalence. Le volume de soude utilisé est alors relevé à la burette.

- **Expression des résultats**

$$A (\%) = M \times N \times V/m \times 10$$

- A : Acidité de l'huile
- N : Normalité de NaOH (0,1 N)
- V : Volume de NaOH utilisé (ml)
- M : Masse molaire de l'acide (M = 282 g/mol pour acide oléique, M = 254 g/mol pour acide palmitique)
- m : Masse d'échantillon (g)

I.2.2.2. Détermination de l'indice de peroxyde (ISO 3960, 5^e édition, 2017-02)

L'indice de peroxyde exprime la quantité de peroxydes en milliéquivalent (mEq) O₂/kg, indiquant la fraîcheur de l'huile.

Principe : L'huile dissoute dans un mélange acide acétique/chloroforme est traitée au KI, et l'iode libéré est titré au thiosulfate de sodium.

Mode opératoire :

On commence par préparer un ballon sec dans lequel on pèse précisément 5 g d'huile. On y ajoute ensuite un mélange de 12 ml de chloroforme et 18 ml d'acide acétique, suivi de 0,5 g d'iodure de potassium (KI) préalablement dissous dans 1,5 ml d'eau. Le mélange est agité puis laissé à l'abri de la lumière pendant une minute. Après cette étape, on ajoute 75 ml d'eau ainsi que quelques gouttes d'amidon servant d'indicateur, puis on procède au titrage avec une solution de thiosulfate de sodium 0,01 N jusqu'à décoloration du mélange.

Résultats :

Indice de peroxyde calculé selon :

$$\text{IP (meq / kg)} = N \times (V1 - V0) \times 100/m$$

- V0 : volume à blanc (ml)
- V1 : volume thiosulfate utilisé (ml)
- N : normalité thiosulfate (0,01 N)
- m : masse d'échantillon (g)

I.2.2.3. Indice de réfraction (ISO 6320, 5^e éd., 2017-02)

Mesuré au réfractomètre Bellingham (précision $\pm 0,0002$) entre 1,3000 et 1,7000.

Mode opératoire :

Avant la mesure, il est nécessaire de vérifier le bon fonctionnement de l'appareil à l'aide d'étalons, par exemple en utilisant de l'eau distillée dont l'indice de réfraction est de 1,3330 à 20 °C. Une fois cette vérification effectuée et la température stabilisée à 20 °C, on procède à la mesure de l'indice de réfraction de l'échantillon.

I.2.2.4. Détermination de la couleur (ISO 15305, 1^{re} éd., 1998-09)**❖ Principe**

Comparaison de la couleur de l'échantillon avec des standards au colorimètre Lovibond (1 pouce).

❖ Mode opératoire

Pour cette opération, il faut commencer par remplir la cellule de mesure avec l'huile à analyser. Ensuite, on ajuste les lames de l'appareil jusqu'à obtenir une teinte identique de part et d'autre du champ visuel. Une fois cet équilibre atteint, on lit et note les valeurs correspondant aux filtres jaunes, rouge et bleu.

I.2.2.5 Composition en acides gras des huiles par CPG (NE NF EN ISO 5508, 2000).**❖ Principe**

Généralement les acides gras sont analysés après dérivation sous forme ester. Cette transformation chimique permet d'abaisser leurs points d'ébullition et obtenir ainsi des dérivés thermostables. Les méthodes d'estérification sont nombreuses. Le choix s'effectuera en fonction des acides gras à analyser : présence d'acides gras libres, d'acides gras à chaîne courte, d'acides gras à fonction alcools ou acides. Le flux d'hydrogène, entraîne la migration des acides gras méthylés à travers la colonne chromatographique. L'hexane, n'ayant pas d'affinité pour la phase stationnaire, migre plus rapidement tandis que les acides gras méthylés migrent plus tardivement, en fonction de leur temps de rétention. Les acides gras sont identifiés grâce à l'utilisation de standards (**Mimoun, 2010**).

❖ Mode opératoire**□ Préparation des esters méthyliques**

Les esters méthyliques sont préparés suivant la méthode **E.C. (2002)**. Une aliquote de 0,5g d'huile est dissoute dans 5 ml d'hexane pour chromatographie, à laquelle sont ajoutés 0,5 ml d'une solution méthanolique d'hydroxyde de potassium (2 N). Le tout est agité pendant 30 secondes, puis centrifugé à 3000 tours/min pendant 5 minutes. 2 gouttes du surnageant sont prélevées et mélangées avec 1ml d'hexane, puis en passe au dosage qualitatif et quantitatif.

❖ Expression des résultats

Les acides gras ont été identifiés sur la base de leur temps de rétention dans le chromatogramme obtenu, et leur quantification a été réalisée par le calcul des aires sous les pics correspondants (voir annexe II).

I.3. Stabilité oxydative par Rancimat

Méthode normalisée (NF EN ISO 6886, 2009) pour mesurer le temps d'induction (TIR) en heures, caractérisant la résistance à l'oxydation (Rahmani, 2007).

Principe : Vieillissement accéléré par chaleur, avec mesure de la conductivité des produits volatils dans l'eau distillée.

Mode opératoire :

On commence par peser 3 g d'huile, qu'il s'agisse d'huile pure de pistachier, d'huile de tournesol enrichie en huile de pistachier à 50 %, 4 %, 2 % ou 1 %, ou encore d'huile de tournesol pure (100 %). L'échantillon est ensuite introduit dans le tube du Rancimat. L'analyse est réalisée à un débit d'air de 10 L/h et à une température de 100 °C. Le temps d'induction à l'oxydation (TIR) est ensuite mesuré automatiquement par l'appareil.

I.4. Teneur en polyphénols

I.4.1. Extraction

5 g d'huile sont dissous dans 50 ml d'hexane. Extraction des polyphénols par trois lavages successifs avec 20 ml de méthanol/eau (60 :40). Phase polaire récupérée après centrifugation.

I.4.2. Dosage

Principe : Le réactif Folin-Ciocalteu réagit avec les polyphénols, produisant une coloration bleue proportionnelle à leur concentration (absorbance à 760 nm).

Mode opératoire :

Pour la détermination des composés phénoliques, on mélange 0,5 ml d'extrait avec 5 ml d'eau distillée, puis on ajoute le réactif de Folin-Ciocalteu dilué au dixième (1/10). Après un temps de repos de 3 minutes, on incorpore 0,5 ml d'une solution de carbonate de sodium à 20 %. Le mélange est ensuite laissé à réagir pendant 1 heure à température ambiante, à l'abri de la lumière.

Expression des résultats

Le taux des polyphénols totaux des huiles a été calculé à partir de l'équation de régression linéaire de la courbe d'étalonnage ($y = ax$), établie avec des concentrations précises d'acide gallique. Il est exprimé en microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme d'huile de lentisque ($\mu\text{g EAG} / \text{mg H.L.}$) (voir Annexe I).

II.4.3. Dosage des flavonoïdes**Principe**

L'estimation quantitative des flavonoïdes totaux présents dans l'extrait d'huile de lentisque est réalisée selon la méthode colorimétrique décrite par (**Kanazawa et al. 2004**). Cette méthode repose sur la capacité des flavonoïdes à former un complexe coloré avec le chlorure d'aluminium ($AlCl_3$), grâce à la présence d'un groupement hydroxyle libre en position 5, capable d'interagir avec le groupement carbonyle en position 4. Les flavonoïdes chélatent les ions métalliques, notamment l'aluminium, formant ainsi des complexes jaunâtres. La teneur en flavonoïdes est exprimée en mg équivalent quercétine par kg d'huile de lentisque (ppm).

Mode opératoire

1 ml de l'extrait de l'échantillon est introduit dans un tube à essai, puis on y ajoute 1 ml d'une solution méthanolique de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$). Le mélange est agité soigneusement afin d'assurer une bonne homogénéisation. Après un temps de réaction de 10 minutes, l'absorbance de la solution est mesurée à 450 nm

Les résultats sont exprimés en mg équivalent quercétine par gramme d'huile (courbe d'étalonnage : Annexe I).

I.5. Détermination de la teneur en caroténoïdes

Principe : La méthode de dosage des caroténoïdes repose sur l'absorption spécifique de ces composés dans le spectre visible.

Mode opératoire

L'extraction est réalisée selon (**Sass-Kiss et al., 2005**) :

On mélange 5 g d'huile de lentisque avec 20 ml d'un mélange de solvants composé d'hexane, d'acétone et d'éthanol dans un rapport de 2 : 1 : 1. Le mélange est ensuite agité pendant 30 minutes, puis la phase supérieure est récupérée. Une seconde extraction est réalisée en ajoutant 10 ml d'hexane à l'échantillon. Les phases organiques obtenues sont ensuite combinées, et l'absorbance de la solution est mesurée à 470 nm.

Les résultats sont exprimés selon la courbe d'étalonnage (Annexe I).

I.6. Activité antioxydante de l'huile de lentisque

I.6.1. Activité anti-radicalaire (DPPH)

Principe : Le radical libre stable DPPH présente une couleur violette. En présence d'antioxydants, il est réduit et sa couleur vire au jaune. L'absorbance à 517 nm permet de calculer le pourcentage d'inhibition. Le mécanisme repose sur le transfert d'un atome d'hydrogène des composés phénoliques vers le DPPH.

Mode opératoire

On dissout 2,5 mg de DPPH dans 100 ml de toluène. Ensuite, 1 ml des différentes concentrations de l'échantillon est ajouté à 250 μ l d'une solution éthanolique de DPPH à 0,2 mM. Le mélange est incubé pendant 30 minutes à température ambiante, à l'obscurité afin de prévenir toute dégradation lumineuse. Enfin, l'absorbance est mesurée à 517 nm pour évaluer le pouvoir antioxydant de l'échantillon.

Les résultats sont exprimés en % d'inhibition du radical DPPH.

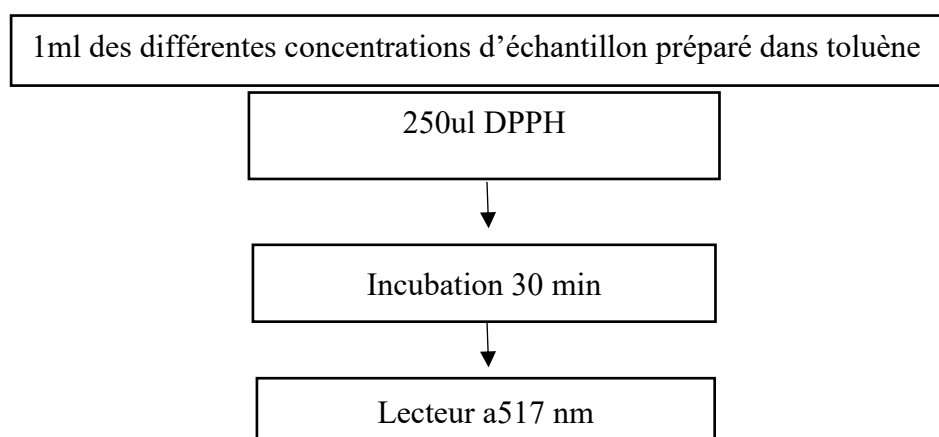


Figure 08 : Protocole de mesure de l'activité anti-radicalaire

Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH par l'antioxydant est calculé selon la formule suivante :

$$I\% = ((A_0 - A_t) / A_0)$$

- **%I** : pourcentage d'inhibition du radical DPPH par l'antioxydant
- **A₀** : absorbance de la solution de DPPH sans l'échantillon (contrôle négatif)
- **A_t** : absorbance de la solution de DPPH en présence de l'échantillon

Chaque test est répété trois fois et les résultats sont présentés sous forme de moyenne des trois essais.

Calcul des IC₅₀

L'IC₅₀ (concentration inhibitrice 50%) correspond à la concentration d'échantillon nécessaire pour réduire 50 % du radical DPPH•. Elle est déterminée graphiquement à partir de la régression linéaire des courbes représentant le pourcentage d'inhibition en fonction des différentes concentrations des fractions testées (Pokorny et al., 2001).

I.7 Incorporation d'huile de lentisque dans les biscuits

L'objectif de cette étude est de formuler des biscuits enrichis à 2 % en huile de lentisque.

I.7.1. Les ingrédients utilisés dans la préparation des biscuits

Les ingrédients utilisés pour les biscuits témoins et les biscuits avec huile de lentisque, ainsi que leurs quantités, sont présentés dans le tableau suivant :

Tableau VI : Proportion différent ingrédient utilisé dans la préparation des biscuits sans huile de lentisque et avec huile de lentisque ainsi la quantité adéquate.

Ingrédients	Biscuits sans huile de lentisque	Biscuits avec huile de lentisque
Sucre	300 g	300 g
Farine	1 kg	1 kg
Huile	320 ml huile de tournesol	313,6 ml huile de tournesol + 6,4 ml huile de lentisque
Levure chimique	2 sachets	2 sachets
Les œuf	4	4

I.7.2. Procédé de fabrication des biscuits

I.7.2.1 Réception des matières premières

La réception des MP est essentielle pour une bonne fabrication. Le service commercial sélectionne les meilleures qualités. Après un contrôle de conformité et de conservation,

II.7.2.2 Mélange des matières premières

L'objectif est d'obtenir un produit homogène, conforme à la formule prévue.

I.7.2.3. Malaxage

Cette étape assure la dispersion uniforme des ingrédients et limite le développement du gluten, garantissant une pâte à la consistance idéale pour des biscuits de forme et taille uniformes.

I.7.2.4. Moulage et mise en forme

La pâte est moulée manuellement à l'aide d'un rouleau à pâte. Les pâtons reposent 20 min à 25°C.

I.7.2.5. Cuisson

Les biscuits sont cuits à 180 °C pendant 8 minutes dans un four à température indirecte et ventilé. La cuisson influence le goût et l'aspect final des biscuits.

I.7.2.6. Refroidissement

Après cuisson, les biscuits refroidissent à l'air libre pendant 15 min. Ils sont ensuite pesés, emballés dans des sachets plastiques hermétiques et étiquetés.



Figure 9 : Biscuits sans et avec huile de lentisque

I.7.2.7. Conditionnement, emballage et durée de conservation des biscuits

Les biscuits sont conditionnés dans des sacs sous vide fabriqués à partir de matière plastique. Ce type d'emballage permet une meilleure protection contre l'humidité et l'oxygène, réduisant ainsi l'oxydation des produits et prolongeant leur durée de conservation.



Figure10 : le sac sous vide pour biscuit

I.8. Processus de fabrication des biscuits

Le diagramme de fabrication présenté à la **Figure 11** illustre les principales étapes nécessaires à l'élaboration d'un biscuit.

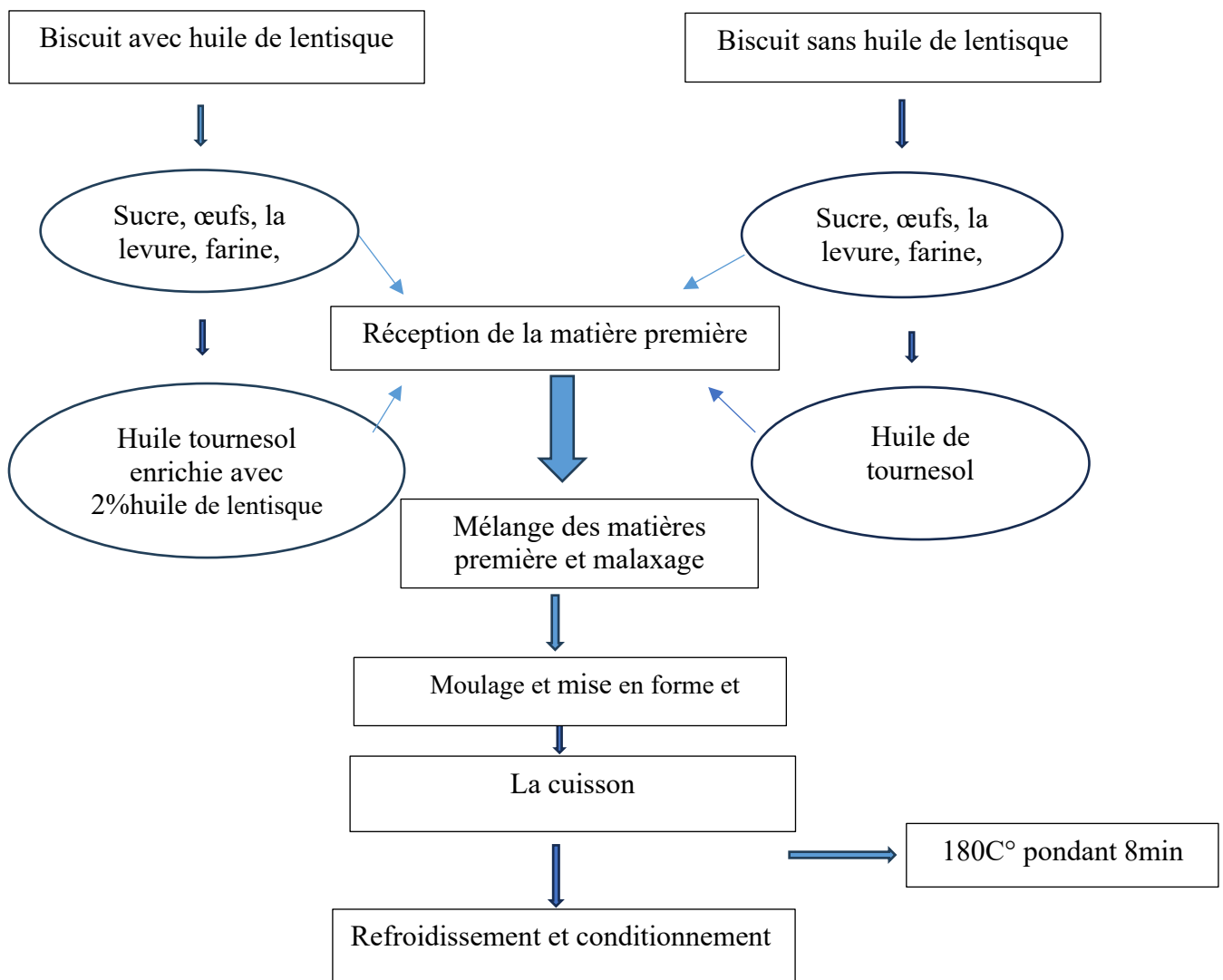


Figure 11 : Procédé de fabrication des biscuits

I.9. Méthodes d'analyse physico-chimique

Objectif : Le contrôle physico-chimique revêt une grande importance car il permet de détecter d'éventuelles anomalies dans les matières premières et les produits finis. .

I.9.1. Détermination de l'humidité des biscuits

Objectif : Le test d'humidité permet d'estimer la teneur en eau d'un échantillon selon la méthode d'étuvage.

Principe : Le dosage consiste à sécher dans une étuve une prise d'essai (5 g d'échantillon broyé) étalée dans une capsule, à une température de 103 °C pendant 1 heure.

Mode opératoire : Pour la détermination du taux d'humidité, on commence par sécher des capsules vides dans une étuve à 103 °C pendant 15 minutes, puis on les laisse refroidir dans un dessiccateur afin d'éviter toute reprise d'humidité. Chaque capsule est ensuite pesée avec précision, en notant son numéro et son poids. On y ajoute ensuite 5 g d'échantillon broyé, répartis à raison de 1 g par capsule si plusieurs capsules sont utilisées. Les capsules contenant l'échantillon sont placées dans l'étuve à 103 °C pendant une heure. Après cette période, elles sont retirées, laissées à refroidir dans un dessiccateur, puis pesées de nouveau afin de déterminer la perte de masse correspondant à l'humidité.

1. Calculer la teneur en humidité selon la formule suivante :

$$H (\%) = \frac{P_{ech} - P_{AE}}{P_{ech} - P_V} \times 100$$

H : Humidité

P_{ech} : poids d'échantillon

P_{AE} : poids de la capsule après séchage

P_V : poids de la capsule vide

I.9.2. Détermination de la teneur en matière grasse

Objectif : Les corps gras (lipides) sont des substances organiques extraites des biscuits par un solvant organique apolaire, à l'aide d'un appareil Soxhlet.

Principe : L'échantillon sec est soumis à une extraction par l'éther de pétrole avec un appareil Soxhlet. Le solvant est ensuite évaporé, et la matière grasse résiduelle est pesée après séchage.

Mode opératoire

Pour l'extraction des matières grasses, on commence par peser 10 g de biscuit broyé, auxquels on ajoute 50 ml d'eau distillée et 50 ml d'acide chlorhydrique (HCl) 6 N. Le mélange est agité puis soumis à une minéralisation pendant 30 minutes afin de libérer les lipides liés. Après cette étape, on filtre le mélange et on sèche le résidu solide obtenu. Ce résidu est ensuite introduit dans une cartouche placée dans un appareil de Soxhlet, tandis que 250 ml d'éther de pétrole sont versés dans le ballon. L'ensemble est chauffé pendant 4 heures jusqu'à épuisement de la matière grasse. Le solvant est ensuite éliminé par distillation, et l'on s'assure que le solvant récupéré devient limpide en fin de distillation, signe de l'extraction complète. Enfin, le résidu lipidique est séché dans une étuve, puis laissé à refroidir dans un dessiccateur pendant 30 minutes avant de peser le ballon contenant les lipides extraits.

Expression des résultats

La teneur en matière grasse est exprimée en pourcentage de lipides par rapport au poids initial de l'échantillon sec. Le taux de la matière grasse est calculé par la formule suivante :

$$\text{MG (\%)} = (P - PV) * 100 / 10g$$

MG : taux de la matière grasse (%).

PV : poids du ballon vide (g).

P : poids du ballon après évaporation (g).

100 : pour exprimer le pourcentage.

I.9.3. Détermination du taux des protéines

La teneur en protéines des échantillons a été déterminée selon la méthode de Kjeldahl. L'azote organique de l'échantillon est transformé en azote minéral sous forme ammoniacale (NH₄)₂SO₄ par l'action oxydante de l'acide sulfurique (H₂SO₄) concentré bouillant en présence d'un catalyseur. Après déplacement par la soude, l'ammoniac est distillé puis titré par l'acide sulfurique en présence d'un indicateur coloré (acide borique) par acidimétrie. La teneur en protéines totales est calculée en utilisant le facteur de conversion (6,25) soit 16 % d'azote dans les protéines.

Mode opératoire : 0,5 g d'échantillon broyé est mis dans un tube de minéralisation (matras Kjeldahl) où on ajoute une pastille de catalyseur Kjeltabs CK [3,5 g de sulfate de potassium (K₂SO₄) et 0,4 g de sulfate de cuivre (CuSO₄)], puis 10 ml d'H₂SO₄ concentré (0,1N). Les

échantillons préparés sont minéralisés sur un bloc chauffant à température progressive (90, 120 ...400 °C) pendant trois (3) heures (décoloration totale de la solution). Le minéralisat obtenu est ensuite dilué avec 50 ml d'eau distillée environ. On effectue ensuite une distillation avec de la soude concentrée (10 N). Le distillat (150 ml) est recueilli dans un bécher contenant 5 ml d'indicateur coloré composé de vert de bromocrésol, de rouge de méthyle et d'acide borique. L'ensemble est titré avec 0,1 N d'H₂SO₄ jusqu'au virage de l'indicateur du vert au rose. La teneur en protéines par rapport à la matière sèche est déterminée en utilisant la formule suivante :

$$\text{Teneur en protéines (g/100g)} = \frac{m \text{ produit} (V_{\text{témoins}} - V_{\text{échantillons}}) \times C_{\text{NaOH}} \times MN \times F_{\text{protéines}}}{m \text{ produit}} \times 100$$

- V témoin = volume de NaOH utilisé pour le titrage du blanc (ml)
- V échantillon = volume de NaOH utilisé pour le titrage de l'échantillon (ml)
- C NaOH = concentration molaire de la solution de NaOH (mol/L)
- MN = masse molaire de l'azote (environ 14,007 g/mol)
- F protéines = facteur de conversion de l'azote en protéines (souvent 6,25 pour la plupart des aliments, mais il peut varier selon le type de protéine, par exemple 6,38 pour le lait)
- m produit = masse de l'échantillon (g)
- 100 = facteur pour exprimer le résultat en g pour 100 g

I.9.4. Dosage des glucides

Principe : Cette méthode se base sur la réduction de la liqueur de Fehling par les sucres réducteurs contenus dans le biscuit.

Mode opératoire :

Peser 1 g d'échantillon auquel on ajoute 10 ml d'eau distillée. On y incorpore ensuite 1 ml de ferrocyanure de potassium ainsi que 1 ml d'acétate de zinc, puis on laisse reposer pendant 15 minutes. Après ce temps, on ajoute 10 ml d'acide chlorhydrique (HCl) à une concentration de 83 g/l, puis le mélange est chauffé au bain-marie pendant 4 heures. Après chauffage, la solution est filtrée, ce qui permet d'obtenir une dilution à 1 %. Pour préparer une dilution 20/50, on prélève 20 ml de cette dilution à 1 % que l'on complète avec 50 ml d'eau distillée

Méthode de Bertro :

Pour cette analyse, on introduit d'abord 20 ml de liqueur de Fehling A et 20 ml de liqueur de Fehling B dans un bécher. On ajoute ensuite 10 ml de la dilution 20/50 de l'échantillon, puis on procède à la neutralisation et à la filtration. Quelques gouttes d'acide chlorhydrique (HCl) sont alors ajoutées, suivies de carbonate de sodium et d'eau distillée. Le mélange est filtré afin d'obtenir une dilution à 1 %, puis le volume est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée dans une fiole jaugée.

Ensuite, on procède au lavage pour récupérer le précipité de couleur rouge brique, en le rinçant à l'eau chaude jusqu'à ce que le surnageant devienne transparent, voire presque incolore. Une fois le précipité propre, on ajoute une solution ferrique et on laisse refroidir. Le titrage est ensuite réalisé à l'aide d'une solution de permanganate de potassium (KMnO_4) jusqu'à l'apparition d'une coloration rose persistante. Le volume de KMnO_4 utilisé est mesuré pour déterminer la teneur en sucres réducteurs

I.9.5. Détermination de la teneur en sel**Mode opératoire :**

Pour préparer la dilution, on commence par peser 10 g d'échantillon que l'on place dans un bécher, puis on ajoute 20 ml d'eau distillée. Le mélange est ensuite agité afin d'homogénéiser l'échantillon. On procède ensuite à l'étape de défécation en ajoutant 1 ml de ferrocyanure de potassium et 1 ml d'acétate de zinc, puis on laisse reposer pendant 15 minutes. Après cette période, le volume du mélange est ajusté à 100 ml avec de l'eau distillée. Le tout est filtré, ce qui permet d'obtenir une solution diluée à 10 %

À partir de 10 % : étape Mohr :

Pour cette étape, on prélève 25 ml de la solution dans un erlenmeyer, puis on ajuste le volume à 100 ml avec de l'eau distillée. On ajoute ensuite 1 ml de chromate de potassium, qui sert d'indicateur. Le titrage est effectué à l'aide d'une solution de nitrate d'argent (AgNO_3) à 0,02 N, jusqu'à ce que la couleur passe du jaune au jaune brun, indiquant le point d'équivalence.

Expression des résultats :

On calcule la teneur en sel selon la formule suivante :

$$\% \text{NaCl} : \text{cb} \cdot \text{N} \cdot \text{f} \cdot 100 / \text{PE} \cdot \text{inverse dilutions} \cdot \text{Meq}_{\text{NaCl}} / 100$$

- Cb = concentration de la base (g/L)

- N = normalité de la solution titrante (équivalents/L), N = 0,1 N
- f = facteur de correction
- PE = poids équivalent du NaCl

Calcul de la valeur énergétique (Kcal / 100 g)

Les valeurs de l'énergie métabolisable des échantillons de biscuits ont été calculées en multipliant le taux de protéines par 4 (Kcal/g), celui des lipides par 9 (Kcal/g) et celui des glucides totaux par 4 Kcal/g.

I.10 Analyse microbiologique

Les analyses microbiologiques, réalisées dans des conditions d'asepsie, visent à isoler et dénombrer les micro-organismes présents dans les biscuits durant deux semaines de stockage à température ambiante, afin d'évaluer leur conservation.

Objectif : Le contrôle microbiologique a pour but de garantir la bonne qualité hygiénique du produit. Il détermine le risque pour la santé du consommateur (**Brule et al., 2006**). Les analyses reposent sur la recherche et le dénombrement des germes les plus significatifs de l'état hygiénique du produit, suivant JORADP 39 N° 13 du 2 juillet 2017, qui indique les germes à rechercher pour les biscuits : germes aérobies à 30 °C, *Escherichia coli*, moisissures, staphylocoques et *Salmonella*.

Préparation des dilutions

Pour la préparation des dilutions, on commence par prélever 10 g du produit que l'on introduit dans un flacon stérile contenant préalablement 80 ml de liquide de Ringer. Le mélange est ensuite soigneusement homogénéisé afin d'obtenir une suspension homogène, correspondant à la dilution 10^{-1} (ou 1/10). À partir de cette solution mère, on prélève 1 ml à l'aide d'une pipette stérile, que l'on introduit dans un tube stérile contenant 9 ml de liquide Ringer. Après homogénéisation, on obtient la dilution 10^{-2} . Le même procédé est répété successivement pour obtenir la dilution 10^{-3} , et ainsi de suite si nécessaire.

I.10.1. Dénombrement d'*Escherichia coli*

Effectué selon la norme 13 du 2 juillet 2017 sur milieu Violet Red Bile Lactose (VRBL).

Préparation et caractéristiques du milieu de culture utilisé

Le milieu de culture est une substance préparée pour favoriser la croissance rapide des micro-organismes en leur apportant les nutriments essentiels à leur développement (eau, carbone, énergie, azote, phosphore, minéraux), ainsi que des agents inhibiteurs pour sélectionner la flore désirée et des indicateurs de pH permettant d'identifier des bactéries spécifiques.

Principe : Le milieu VRBL est un milieu sélectif et différentiel conçu pour l'isolement des coliformes entériques, notamment *Escherichia coli*. Sa composition, à base de sels biliaries, de lactose et d'agar, favorise la croissance des coliformes lactose-positifs tout en inhibant celle des bactéries non entériques.

Mode opératoire

Le dénombrement d'*Escherichia coli* a été réalisé par la méthode d'ensemencement de deux à trois dilutions décimales ensemencées en profondeur sur le milieu VRBL en présence de la double couche. L'incubation est réalisée à 44 °C pendant 24 h. Après incubation, les colonies caractéristiques (rouge-violet) sont dénombrées (nd).

I.10.2. Dénombrement des germes aérobies à 30 °C : (Norme NF EN ISO 4833-1)

Principe : Le dénombrement des GA se fait sur une gélose nutritive PCA selon la norme.

Mode opératoire

À partir des dilutions décimales comprises entre 10^{-1} et 10^{-3} , on prélève aseptiquement 1 ml de chaque dilution que l'on transfère dans une boîte de Pétri stérile. On y ajoute ensuite environ 15 ml de gélose fondue, préalablement refroidie à 45 ± 1 °C. Le contenu de la boîte est homogénéisé par des mouvements circulaires en forme de « 8 » afin d'optimiser le contact entre l'échantillon et la gélose, puis on laisse le milieu solidifier. Les boîtes sont ensuite incubées à 30 °C pendant 72 heures. À l'issue de cette incubation, les colonies de (G.A) apparaissent sous forme lenticulaire en masse.

Lecture : Les colonies apparaissent blanches, de petite taille et poussent en profondeur dans le milieu PCA (Chaymae et al., 2018).

I.10.3. Recherche et dénombrement des moisissures : NA 1210

Principe : Les moisissures sont des hétérotrophes, aérobies, acidophiles (pH de développement compris entre 3 et 7) et mésophiles (température de croissance de 20 à 30 °C).

Mode opératoire

À partir des dilutions décimales 10^{-3} à 10^{-1} , porter aseptiquement 4 gouttes dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Sabouraud ; étaler les gouttes à l'aide d'un râteau stérile ; incuber à 22 °C pendant 5 jours.

I.10.4. Recherche et dénombrement des *Staphylococcus aureus* : Arrêté du 21/05/2014**Principe**

Le principe est de détecter et de dénombrer les *Staphylococcus* en utilisant un milieu de culture sélectif (gélose Baird-Parker) enrichi en chlorure de sodium qui inhibe la croissance de la plupart des bactéries autres que les staphylocoques.

Mode opératoire

À partir des dilutions décimales allant de 10^{-1} à 10^{-3} , on dépose aseptiquement 4 gouttes de chaque dilution dans une boîte de Pétri contenant de la gélose Baird-Parker. Les gouttes sont ensuite étalées uniformément à l'aide d'un râteau stérile. Les boîtes sont incubées à 22 °C pendant 5 jours. Après incubation, *Staphylococcus aureus* se manifeste sous forme de colonies de taille moyenne, lisses, brillantes, de couleur jaune, et se caractérise par la présence d'une coagulase positive.

Lecture : Selon (Hamiroune ,2016), les colonies apparaissent noires, brillantes, convexes et entourées d'un halo clair d'environ 2 à 5 mm de diamètre.

I.10.5. Recherche de *Salmonella* : Arrêté du 05/02/2017**Principe**

Les techniques consistent en :

- Un pré-enrichissement pour permettre le développement des salmonelles et inhiber celui des bactéries à Gram positif.
- Un enrichissement en milieu sélectif liquide.
- L'isolement sur milieu sélectif solide.

Mode opératoire

- **Pré-enrichissement :** prélever 25 ml de l'échantillon et introduire aseptiquement dans 225 ml de Ringer, incubé à 35 °C pendant 24 heures.

- **Enrichissement** : prélever 1 ml du bouillon pré-enrichi dans 10 ml de RAPAPORT, ajouter quelques gouttes d'additif de cystéine. Incuber à 37 °C pendant 24 heures.
- **Isolement** : ensemer sur gélose XLD. Incuber à 37 °C pendant 24 heures. Les colonies de *Salmonella* sont bleues-vertes avec un centre noir sur gélose XLD.

I.11 Évaluation sensorielle des biscuits

L'évaluation sensorielle des biscuits qui ont été préparés a été réalisée au niveau du laboratoire d'analyse sensorielle, de l'université de Bejaia (mai 2025), composé d'une salle de préparation et d'une salle d'évaluation. Cette dernière a été bien nettoyée et équipée de postes de dégustation qui sont mis à la disposition des dégustateurs. A cet effet Deux types d'analyses ont été effectuées :

- **Une analyse sensorielle** : est une étude qualitative et quantitative, effectuée par à un jury qualifié et entraîné, afin d'évaluer les caractéristiques organoleptiques des échantillons.

Dont nous avons fait appel à un panel expert constitué de 16 jurys (enseignants, travailleurs et doctorants), formés et entraînés à l'évaluation sensorielle au sein de l'Université d'Abderrahmane MIRA de Bejaia.

- **Une analyse hédonique** : a comme objectif de déterminer quelles sont les préférences des consommateurs naïfs des différents échantillons de lait fermenté dont nous avons fait appel à un panel de consommateurs constitué de 95 individus naïfs (50% Hommes et 50% Femmes).

Deux échantillons de biscuits codés ont été présentés pour chaque dégustateur avec un questionnaire à remplir voir (**annexe III**).

Les échantillons présentés sont les suivants :

- **Biscuit A** : Biscuit avec l'huile de lentisque
- **Biscuit B** : Biscuit sans l'huile de lentisque

Les données rassemblées à partir des questionnaires distribués aux juges, ont été traitées en utilisant le logiciel XL STAT **version 2014.5.03**, qui est un outil complet d'analyse de données et de statistiques, impliqués dans les études de marketing et l'analyse du comportement des consommateurs. Ce logiciel utilise Microsoft Excel comme une interface de récupération des données et d'affichage des résultats. Cependant, tous les calculs mathématiques sont réalisés en dehors d'Excel. L'accès aux différents modules est possible grâce à des menus et à des barres d'outils (**Addinsoft, 2013**).

Les principales fonctionnalités de ce logiciel utilisées pour interpréter les résultats de l'évaluation sensorielle effectuées sont : Caractérisation de produits, Analyse en composante

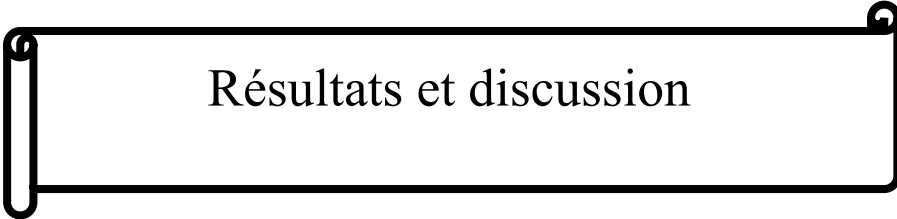
principale (ACP), Classification ascendante hiérarchique (CAH) et Préférence MAPPING (PREFMAP).



Figure 12 : Présentation des échantillons au niveau des cabines de dégustation

II.12 Analyses statistiques

Tous les résultats ont été présentés sous forme de moyenne $\pm$ écart-type (ET) de trois indépendants essais. Les moyennes ont été comparées en utilisant l'analyse de la variance (ANOVA) avec un «test LSD » post-hoc, en utilisant le logiciel STATISTICA 5.5 pour déterminer les différences significatives. Des différences significatives ont été considérées au niveau $P < 0,05$. Les valeurs d'IC50 ont été calculées à partir des courbes dose-réponse en utilisant Graph pad (version 5.00).



Résultats et discussion

II. Les analyses physico-chimiques d'huile de lentisque

II. 1.les méthode

Des analyses physiques et chimiques ont été effectuées sur huile de fruit lentisque dans le but de caractériser sa qualité, sous l'influence d'un nombre de facteurs (région, période de cueillette, méthode d'extraction). L'absence des normes sur cette huile nous a incités à opter pour les normes d'essai. Les résultats des indices de qualité et acidité de l'huile extraite à partir des fruits de *P. lentiscus* sont résumés dans le tableau VII.

Tableau VII : les résultats des analyses physico -chimique d'huile de lentisque

Analyses	Unité	Résultats avant raffinage	Normes	Normes d'essai
Acidité	Acide oléique	5 ,54+0,07	ND*	ISO 660.4ème édition 2020-03
Indice de peroxyde	Millié Équivalent O ₂ kg	3,8+0,15	ND*	ISO3960.52ème Edition 2017-02
Indice de réfraction à 20°C	n 40 / D	1,4633+0,000	ND*	ISO 6320 cinquièmes Édition 2017-02
Couleur par Lovibond	Jaune	40	ND*	ISO 15305.1 ^{ère} Edition 19998-09
	Rouge	3		

II.1.1. Acidité

L'acidité libre permet également de surveiller le degré de dégradation hydrolytique (enzymatique ou chimique) des matières grasses (**Abaza et al., 2002**). L'échantillon étudié est exprimé en pourcentage d'acide oléique.

On remarque que notre échantillon possède une acidité plus élevée. D'après (**Karleskind et Wolff, 1992**), un corps gras est à l'abri de l'altération par hydrolyse si son acidité est $\leq 0,1$ %. Notre valeur dépasse en général les limites établies par le Conseil Oléicole International (COI) (2003), qui se situent entre 1 et 3,3 %.

Alors, notre résultat est supérieur à celui de (**Charef et al., 2008 ; Boukeloua, 2009**) et (**Boukeloua et al., 2012**) qui ont trouvé respectivement 2,27 % à Skikda et 2,955 % et 3,85 %.

Une autre étude développée par (**Belkasmi, 2017**) a rapporté des valeurs variantes entre 2 et 11 Pour l'huile de lentisque extraite des baies de couleur noire dans la région de Skikda, et à celles trouvées par (**Habibatni et al., 2014**) avec un pourcentage de 8,5 % pour une huile extraite à partir de baies récoltées à El Mila (Jijel), supérieur à notre résultat.

Les résultats obtenus suggèrent que l'acidité élevée des huiles résulte probablement de divers facteurs dégradant leur qualité. En particulier, l'activité microbienne et les conditions environnementales semblent jouer un rôle important dans cette altération (**Boscou, 1996**). De plus, les procédés artisanaux, caractérisés par une utilisation excessive d'eau et un contact prolongé entre l'huile et l'eau, favoriseraient l'hydrolyse des triglycérides, ce qui conduit à une élévation de l'acidité (**Hilali et al., 2005**).

II.1.2. Indice de peroxyde (IP)

L'indice de peroxyde est très utile pour informer sur les conditions de conservation et les méthodes d'extraction, et il nous aide à apprécier les premières étapes d'une détérioration oxydative du produit (**Tchiégang et al., 2004 ; Marmesat et al., 2009**).

En effet, cet indice permet d'évaluer la fraîcheur de l'huile ainsi que son niveau d'oxydation. Au cours de cette dégradation, des peroxydes se forment à partir des acides gras insaturés. Les matières grasses peuvent s'oxyder sous l'influence de l'oxygène, notamment en présence de certains facteurs comme une température élevée, l'humidité, des enzymes ou encore des traces de métaux tels que le cuivre (Cu) et le fer (Fe). Ces éléments réagissent avec les doubles liaisons des acides gras insaturés, entraînant la formation de peroxydes et d'hydro peroxydes (**ISO 3960, 2001**).

Les résultats révèlent que l'huile de lentisque de Béjaïa renferme une quantité élevée par rapport à celle de (**midoune et bellout, 2018**) qui ont trouvé 0,933 méq O₂/kg pour l'huile de lentisque de Skikda et 2,307 pour l'huile de Guelma.

D'autres études réalisées avec des huiles indiquent des valeurs plus ou moins différentes : (**Merzougui, 2015 ; Kechidi et al., 2020**) ont signalé des valeurs supérieures à celles de cette étude, soit 5,39 méq/kg dans El Tarf et 6,0 méq/kg. Cependant, les valeurs varient de 0,54 méq O₂/kg (Bougous) à 6,23 méq O₂/kg (Guelma). Notre résultat est inférieur à celui obtenu par (**Bensalem ,2015**) avec une valeur de 16,4 méq O₂/kg pour l'échantillon de Collo dans la région de Skikda.

L'oxydation de l'huile débute dès la récolte des fruits et se poursuit tout au long du stockage et des étapes de transformation. Ce phénomène est favorisé par la présence d'oxygène ainsi que par divers facteurs tels que la chaleur, l'humidité et certaines enzymes (**Moncef et al., 2020**). Une concentration élevée en peroxydes peut également résulter de la dégradation oxydative de composés sensibles comme les caroténoïdes et les vitamines A et E, qui réagissent de manière similaire en formant des peroxydes (**Kandji, 2001**)

La valeur de l'indice de peroxyde obtenue pour l'huile analysée (3,8 méq/kg d'huile) est inférieure aux normes du Codex Alimentarius, qui fixe la valeur inférieure à 10 méq de peroxydes/kg d'huile. Les échantillons d'huile étudiés peuvent donc être considérés comme ayant un niveau d'oxydation acceptable. Plus cet indice est élevé, plus l'huile est oxydée.

II.1.3. Indice de réfraction

L'indice de réfraction, à l'instar de la densité, est influencé par la composition chimique de l'huile et par la température. Plus l'huile contient d'acides gras insaturés ou de fonctions chimiques secondaires sur leurs chaînes, plus cet indice augmente.

L'indice de réfraction de l'huile de lentisque est déterminé sur un réfractomètre. C'est une méthode rapide et simple pour suivre les opérations d'hydrogénation ou de fractionnement (Amara et al., 2019 ; Kechidi et al., 2020). L'indice de réfraction à 40 °C (ISO 3960 :2017) est le rapport entre le sinus des angles d'incidence et de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée, passant de l'air dans l'huile maintenue à une température constante.

Nos résultats sont proches de ceux de (Boukeloua, 2009), qui a trouvé un indice de réfraction à 20 °C de 1,468, et proches de ceux trouvés par (Merzougui, 2015 ; Klibet, 2016) dans la région d'El-Kala et Annaba avec des valeurs de $1,469 \pm 0,02$ et 1,4691 respectivement.

L'indice de réfraction dépend de la température et de la composition chimique de l'huile. Il renseigne sur la nature et la composition en acides gras, notamment la longueur de la chaîne, la présence d'insaturation et de fonctionnalités sur la chaîne carbonée, et il augmente avec la présence de doubles liaisons (Boukeloua et al., 2012).

II.1.4. Détermination de la couleur

La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un aliment. En effet, les chlorophylles et les caroténoïdes sont les principaux pigments rencontrés dans l'huile, et ils peuvent être affectés par de mauvaises conditions d'entreposage ainsi que par le processus d'oxydation. Le colorimètre visuel permet la mesure des huiles selon les unités Lovibond. La couleur est déterminée en comparant la lumière transmise à travers l'échantillon et celle transmise à travers les standards de couleur Lovibond. Les huiles sont mesurées soit par la lumière transmise quand elles sont en fusion, soit par la lumière réfléchie quand elles sont à l'état solide.

Les résultats relatifs à la couleur de l'échantillon d'huile montrent que l'huile de lentisque est moins rougeâtre (soit 3 d'étalon rouge en moyenne) et que la couleur jaunâtre est

plus dominante (40 en moyenne). À température ambiante, cette huile est fluide. (Besbes et al., 2009) ont relié la couleur jaune à la quantité importante de pigments jaunes (caroténoïdes). D'après les industriels, la couleur jaune est plus acceptée par le consommateur, qui est plus attiré par une belle coloration jaune. Notre résultat est différent de celui trouvé par (Djedaia, 2017) qui a trouvé une moyenne de couleur jaunâtre de 70 et 1,7 pour la couleur rouge.

II.2 La composition en acides gras analysé par CPG

Les résultats de l'analyse de la composition en acides gras de l'huile de lentisque, obtenus par chromatographie en phase gazeuse (CPG), sont présentés dans le chromatogramme figurant en annexe II. Les principaux acides gras identifiés sont : l'acide laurique (C12 :0), l'acide myristique (C14 :0), l'acide palmitique (C16:0), l'acide stéarique (C18:0), l'acide oléique (C18:1) et l'acide linoléique (C18:2).

L'ensemble des résultats révèle une composition constituée à la fois d'acides gras saturés et insaturés. D'après les données issues du chromatogramme, l'acide oléique représente le constituant majoritaire (pic 69), suivi de l'acide linoléique (pic 41). La forte proportion de ces acides gras insaturés confère à l'huile de lentisque des propriétés nutritionnelles et pharmaceutiques intéressantes (Delplanque et al., 2002 ; Soel, 2007).

Les résultats obtenus dans notre étude sont en accord avec ceux rapportés dans la littérature, notamment par (Mezni et al., 2012 ; Belabbes ,2017 ; Khelifi ,2021).

II.3. Test de Rancimat :est un test accéléré La stabilité à l'oxydation des huiles étudiées

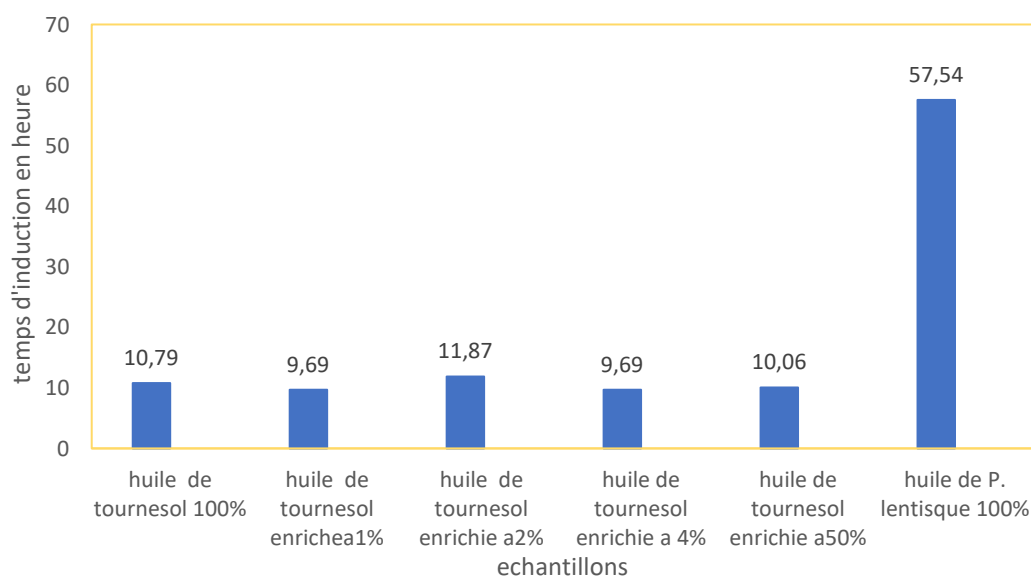


Figure 13 : Résultats du test Rancimat pour les différentes huiles étudiées.

Le test Rancimat a été réalisé pour prédire la stabilité oxydative des différentes formulations. Les résultats de l'analyse (huile de lentisque 100 %, huile de tournesol enrichie avec 1 % d'huile de lentisque, huile de tournesol enrichie avec 2 %, huile de tournesol enrichie avec 4 % et huile de lentisque à 50 %). Ils sont présentés sous forme de graphes représentant le temps d'induction en fonction de la conductivité. Le graphe se présente sous forme d'une fonction parabolique. Cette allure est expliquée, d'après (Arain et al., 2009), par le fait que les produits de dégradation volatiles sont piégés dans l'eau distillée, induisant ainsi l'augmentation de la conductivité. La période d'induction est déterminée à partir du point d'inflexion de la courbe de conductivité selon le modèle présenté dans l'annexe III. En analysant les résultats représentés dans la figure, nous pouvons conclure que l'oxydation a diminué de manière significative.

Les résultats obtenus montrent que l'huile de tournesol enrichie avec 2 % d'huile de lentisque a présenté un temps d'induction plus long et a donc offert la meilleure résistance à l'oxydation (11,87 h), représentant un bon compromis entre efficacité antioxydante, goût et propriétés organoleptiques. De plus, l'huile de lentisque à 50 % a donné une résistance à l'oxydation élevée (14,06 h) par rapport à l'huile de tournesol enrichie à 1 % et à 4 % avec l'antioxydant synthétique (9,69 h). Ici, malgré un enrichissement plus élevé, la performance redescend au même niveau (échantillons à 1 % et 4 %). Cela pourrait indiquer qu'un excès d'enrichissement n'est pas bénéfique.

L'huile de lentisque à 50 % est moins efficace que l'enrichissement à 2 %, ce qui suggère que l'huile de lentisque possède des propriétés antioxydantes naturelles, mais pas aussi optimisées que l'ajout contrôlé d'un antioxydant spécifique. Le meilleur score est obtenu avec l'huile de lentisque pure à 100 % (57,54 h), mais elle n'est probablement pas utilisable telle quelle dans nos biscuits pour des raisons de goût et de texture.

Ce résultat confirme que l'ajout d'antioxydants peut améliorer la stabilité oxydative des graisses. Les résultats ont montré une tendance à une oxydation plus élevée dans le cas de margarine contenant 50 µg/g et 100 µg/g d'huile essentielle.

II.4. Détermination de la teneur en polyphénols de l'huile de lentisque

II.4.1. Extraction des composés phénoliques

L'extraction des polyphénols de l'huile que nous avons étudiée a été réalisée à l'aide de l'hexane et du méthanol. Nous avons choisi le méthanol en nous basant sur la littérature, qui souligne l'importance de la polarité du solvant pour la solubilité des polyphénols. Le méthanol,

étant plus polaire que l'éthanol ou l'acétone, a une meilleure affinité pour ces composés (Denis, 2004). Par la suite, l'hexane a permis une séparation efficace des deux phases immiscibles : l'une contenant les lipides (phase hexanique) et l'autre les polyphénols extraits (phase méthanolique) (Djaouzi, 2012).

Tableau VIII : Les teneurs en polyphénols totaux, flavonoïdes et caroténoïdes de l'huile de fruit de lentisque.

Composés	Teneur
Polyphénols totaux (mg d'acide gallique/g HE)	137,7814±0,5778
Flavonoïdes (mg Eq de quercétine/g de HE)	3,0769±0,1332
Caroténoïdes (mg Eq de B-carotène/g de HE)	25,4615±0,5234

Ce tableau présente les teneurs en composés phénoliques de l'huile de fruit de lentisque, exprimées en microgrammes par gramme d'huile ($\mu\text{g/g}$). Il présente les résultats de l'analyse quantitative de certains composés phénoliques, substances bioactives ayant des propriétés antioxydantes importantes.

II.4.2. Teneur en polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été réalisé selon la méthode de Folin-Ciocalteu : une couleur bleue est obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard.

Notre étude a montré une teneur en polyphénols élevée : $137,7814 \pm 0,5778 \mu\text{g/g}$ d'huile de fruit de *Pistacia lentiscus*. On peut remarquer que dans notre cas, la teneur en polyphénols totaux est supérieure à celle en flavonoïdes et en caroténoïdes.

Notre résultat est supérieur à la teneur en composés phénoliques de l'huile fixe selon (Arab et al., 2014), qui ont trouvé 61,34 %, et à celle rapportée par (Merzougui, 2015) ($79,35 \pm 0,01$), ainsi qu'aux résultats de (Mimouna, 2014) ($1,80 \pm 0,23$).

Par manque de données portant sur les composés phénoliques de l'huile fixe de *Pistacia lentiscus*, nous n'avons pas comparé ce résultat à d'autres travaux sur l'huile. Par contre, on peut le comparer à des études réalisées sur d'autres parties de la même plante. En revanche, la teneur en polyphénols de l'huile extraite par (Djedaia, 2017) était de $154,3466 \pm 2,5 \text{ mg AG/g}$ de matière sèche, une valeur en accord avec celle de (Piluzza et Bullitta 2011) ($147,68 \text{ mg AG/g}$ de matière sèche), donc supérieure à notre résultat ($137,7814 \mu\text{g/g}$).

Les différences observées entre les résultats peuvent s'expliquer par la nature du matériel végétal utilisé, reflétant la grande variété structurale des composés phénoliques. Elles sont également influencées par des facteurs abiotiques comme le climat propre aux zones de provenance, ainsi que par des éléments géographiques tels que l'altitude et la composition du sol (**Bakli, 2020**). Par ailleurs, des paramètres comme la température, le type de solvant utilisé pour l'extraction, ainsi que la période de récolte, ont un impact significatif sur la teneur en polyphénols (**Omani, 2016**).

II.4.3. Teneur en flavonoïdes

Après l'ajout du chlorure d'aluminium à la solution méthanolique, on a observé une couleur jaune indiquant la formation d'un complexe de chélation des ions aluminium par les flavonoïdes.

La teneur en flavonoïdes enregistrée pour nos huiles de fruits de lentisque analysées montre une faible teneur : $3,0769 \mu\text{g/g}$. Ces résultats sont en accord avec les travaux de (**Hadj Mokhnach et Mimouna, 2014**), qui ont trouvé $0,38 \pm 0,02 \mu\text{g/g}$.

Les résultats des études réalisées par (**Chouaib et al., 2016 ; Bouyahya et al., 2018**) montrent également de faibles teneurs en flavonoïdes pour les extraits d'huile des fruits de *P. lentiscus*, avec des valeurs de $13,76 \pm 0,58 \text{ mg EQ/g}$ et $3,69 \text{ mg/g}$ respectivement. Ces résultats s'accordent avec ceux de la présente étude.

II.5. Teneur en caroténoïdes

D'après les résultats obtenus, l'huile a présenté une teneur élevée : $25,4615 \pm 0,5234$. On remarque que notre résultat est en accord avec d'autres travaux tels que ceux de (**Kherrama et Khoudir, 2024**), qui ont trouvé une teneur de $24,91 \pm 0,001 \text{ mg/kg}$. Les résultats obtenus par (**Belhachat, 2019**) ($5,06 \pm 0,11 \text{ mg/kg}$) et l'huile extraite par (**Merzougui, 2015**) ($11,86 \text{ mg/kg}$) sont inférieurs aux nôtres. Ceci peut être lié au stade de maturité des fruits de lentisque.

En effet, la concentration en caroténoïdes varie non seulement avec les espèces, mais aussi avec les variétés de plantes, les facteurs environnementaux (lumière, sol, degré de maturation, climat, origine géographique, conditions de culture) ainsi que les conditions de conservation et de stockage. L'exposition à la lumière et à des températures élevées favorise la dégradation des caroténoïdes (**Rodriguez-Amaya, 2001 ; Dias et al., 2009**). La teneur en ce pigment dépend du stade de maturité du fruit, du processus d'extraction, des conditions de

stockage, de la méthode de cueillette et de l'âge de l'huile (Fedeli, 1977 ; Kiritsakis et Dugan, 1985 ; Ramadan et Mörsel, 2003).

Les carotènes sont des substances chimiques naturelles impliquées dans les mécanismes d'oxydation de l'huile. Leur présence en quantité suffisante permet de retarder le phénomène de photo-oxydation et de préserver les paramètres de qualité de l'huile au cours du stockage (Merzougui, 2015 ; Belhachat, 2019).

II.6. Résultats des activités antioxydantes de piégeage du radical libre DPPH

Le DPPH, radical libre de couleur violette utilisé pour évaluer l'activité antioxydante, est réduit en un composé de couleur jaune en présence de composés antiradicalaires. Le composé DPPH^{•+} est un cation radicalaire coloré et stable, de couleur pourpre, qui présente un maximum d'absorbance à 517 nm.

Les résultats de l'activité antiradicalaire de l'huile et du BHA, exprimés en pourcentage, sont illustrés dans la figure 14.

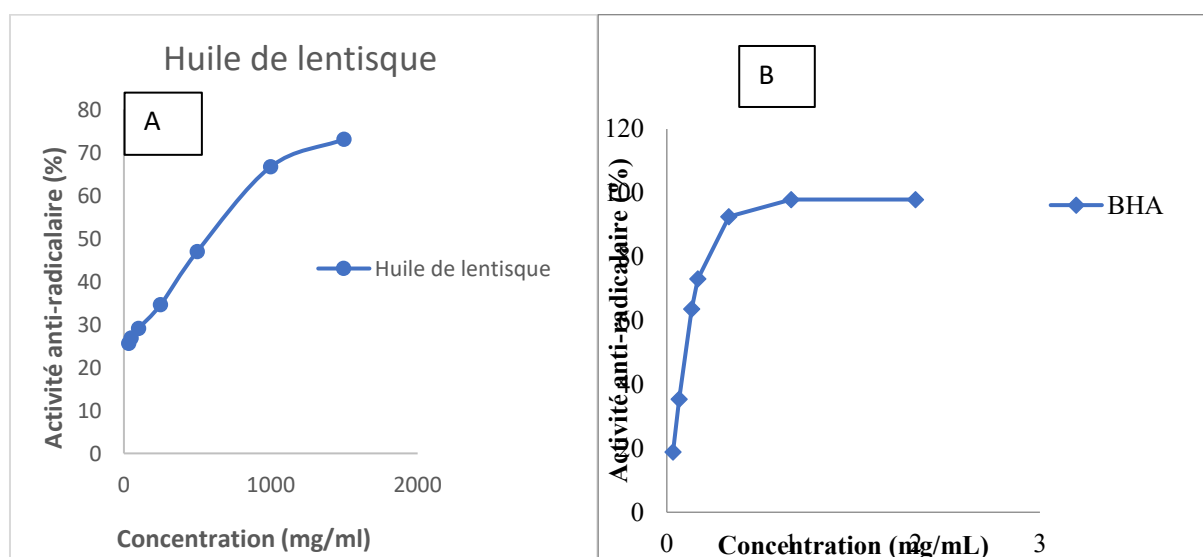


Figure 14 : Activité antiradicalaire de l'huile de fruit de lentisque (A) et du BHA (B)

Les deux graphiques présentés comparent l'activité antiradicalaire (en %) en fonction de la concentration (mg/ml) pour deux substances différentes.

D'après les résultats représentés dans la figure 14, il semble que le pourcentage de l'activité antiradicalaire augmente avec l'augmentation de la concentration, que ce soit pour l'huile de lentisque ou pour le BHA.

Dans le cas de l'huile de lentisque : on observe que la courbe monte progressivement jusqu'à environ 70 %, ce qui indique un bon pouvoir antioxydant à la concentration de 1500 mg/ml (l'huile de lentisque agit efficacement vis-à-vis du DPPH).

Concernant le BHA : on note une augmentation rapide jusqu'à 100 % dès une concentration de 0,5 mg/ml, puis la courbe se stabilise.

D'après les résultats obtenus (figure 14), il apparaît que l'huile de *Pistacia lentiscus* possède une très bonne activité antioxydante vis-à-vis du radical DPPH. Ces résultats sont en accord avec les travaux de (**Mimouna et Meriem 2014**). On remarque également que la valeur obtenue dans notre étude est supérieure à celle rapportée par (**Belyaguobi ,2010**), qui avait trouvé un pourcentage antiradicalaire de 53,15 % pour l'huile fixe de *Pistacia lentiscus*.

La présence des radicaux DPPH• confère une coloration violet foncé à la solution. La réduction de ces radicaux par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution (**Epifano F. et al., 2007**).

D'après ce résultat, on peut dire que le bon pouvoir réducteur de l'huile fixe de *Pistacia lentiscus* contre le radical DPPH•, est fortement lié à la teneur de cette huile en polyphénols ($137,78 \pm 0,57 \mu\text{g Eq d'acide gallique/g}$ de l'huile de lentisque) et en particulier en flavonoïdes ($3,07 \pm 0,13 \mu\text{g Eq de quercétine/g}$ d'huile de lentisque), d'une part et à la richesse de cette l'huile en vitamine E qui a un pouvoir antiradicalaire puissant autre part (**Julien, 2013**).

Pour mieux caractériser le pouvoir antiradicalaire, d'autres paramètres sont introduits, notamment le calcul de l'IC₅₀, qui prend en considération la concentration de DPPH dans le milieu réactionnel (concentration efficace à 50 %). L'IC₅₀ est inversement lié à la capacité antioxydante d'un composé : plus l'IC₅₀ est faible, plus l'efficacité antioxydante est élevée (**Laib et al., 2011**).

D'après (**Berahia,1993**), les flavonoïdes exercent leur pouvoir antioxydant principalement en neutralisant les radicaux libres. Cette activité repose sur deux mécanismes complémentaires : d'une part, une neutralisation directe des radicaux libres, et d'autre part, une intervention indirecte par la chélation de certains ions métalliques lourds, connus pour favoriser la formation de radicaux libres.

Les valeurs d'IC₅₀ pour l'huile de lentisque et pour le BHA sont indiquées dans le tableau suivant :

Tableau IX : Les valeurs d'IC₅₀ pour l'huile de lentisque et pour BHA.

	Mg /ml
IC 50 Huile de lentisque	702,760±0.567
IC 50 de BHA	0,158 ± 0,003 mg/Ml

Notre étude a montré que l'huile de lentisque possède un pouvoir antioxydant assez important. Ce pouvoir est confirmé par des valeurs d'IC₅₀ élevées (IC₅₀ = 702,76 ± 0,567 mg/ml pour l'huile de lentisque), valeur largement supérieure à celle du standard BHA (0,158 ± 0,003 mg/ml).

Une autre étude a montré que l'extrait d'huile présente un faible pouvoir de réduction du radical libre DPPH ; ceci a été confirmé par (**Bensaci et al., 2015**), qui ont rapporté une valeur élevée d'IC₅₀ (304 379 µg/ml) pour un extrait d'huile de *P. lentiscus* récolté en décembre 2014 dans la région de Chétaibi (wilaya d'Annaba). Cependant, (**Bouyahya et al., 2018**) ont obtenu une IC₅₀ de 37,38 µg/ml pour un extrait d'huile végétale issue des fruits de *P. lentiscus* récoltés au Maroc. Ces résultats confirment la présence d'une activité de piégeage du radical libre DPPH.

II.7. Analyses microbiologiques

Les analyses microbiologiques permettent de mettre en évidence et de quantifier les germes (bactéries, moisissures). Il est important de connaître la charge microbienne des aliments.

Les résultats des analyses microbiologiques réalisées sur notre biscuit sont représentés dans le **Tableau X II**.

Tableau XI : les résultats des analyses microbiologie pour biscuit avec et sans huile de lentisque

D'après le tableau, les résultats obtenus sont conformes aux exigences du JORADP 39 N°13

Détermination	Biscuit avec huile de lentisque					Biscuite témoins					Norme algérienne UFC /g
	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	Ech1	Ech2	Ech3	Ech4	Ech5	
Escherichia coli/g	<03	<03	<03	<03	<03	<03	<03	<03	<03	<03	13 du 2juillet 2017
Germe aérobie a 30C° /g	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<10 ³	<10 ³	Arrêtedu13 /06/2017
Staphylococcus	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	Arrêté du 21/05/2014
Salmonella/25g	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	ABS	Arrêté du 05/02/2017
Moisissure/g	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	<10 ²	3*10 ²	NA 1210

du 2 juillet 2017. Les analyses microbiologiques ont montré l'absence totale d'*Escherichia colis*, de germes aérobies à 30 °C, de moisissures et de *Salmonella* dans les biscuits contenant de l'huile de lentisque. Cela indique que nos biscuits sont de qualité microbiologique satisfaisante.

La bonne qualité hygiénique observée pourrait être attribuée au respect des bonnes pratiques d'hygiène lors de la fabrication des biscuits, ainsi qu'à l'activité antibactérienne de l'huile de lentisque. En revanche, des moisissures ont été détectées dans les biscuits standards à raison de 3×10^2 UFC/g, bien que cette valeur demeure conforme aux normes réglementaires. À noter que les biscuits enrichis en huile de lentisque ne présentaient aucune trace de moisissures.

D'après les travaux de (Bensaci et Hadj Mokhnache, 2015) l'évaluation de l'effet antimicrobien de l'huile fixe de *Pistacia lentiscus* a révélé une activité bactéricide marquée contre l'ensemble des souches testées. Les diamètres des zones d'inhibition mesurés étaient de $19,66 \pm 7,37$ mm pour *Streptococcus* du groupe D, $14,5 \pm 0,70$ mm pour *Staphylococcus*

aureus, 14 ± 0 mm pour *Acinetobacter baumannii*, et $18,66 \pm 3,21$ mm pour *Klebsiella pneumoniae*.

Selon (Mezni et al. 2021), l'huile de lentisque présente une activité fongicide, mise en évidence par son action inhibitrice sur deux souches fongiques : *Bipolaris sorokiniana* et *Fusarium graminearum*. Les résultats montrent que la croissance mycélienne de *Bipolaris sorokiniana* est significativement réduite, avec un taux d'inhibition atteignant plus de 43 % pour l'huile extraite par méthode artisanale, contre environ 16 % pour celle obtenue par pression mécanique.

La présence de moisissures dans les biscuits standards non enrichi avec l'huile de lentisque pourrait être due aux conditions de stockage, à la chaleur et à l'humidité durant le transport et à l'absence de l'huile de lentisque qui est considéré par la littérature comme une substance antibactérienne. En conclusion, on peut dire que nos biscuits sont de qualité microbiologique acceptable.

II.8. Caractéristiques physico-chimiques des biscuits

Les résultats des analyses physico-chimiques des biscuits sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau X II : Résultats des analyses physico-chimiques des biscuits

Paramètres	Biscuite avec huile de lentisque	Unité	Biscuit sans huile de lentisque	Unité	Réf. Méthode
Humidité	$3,34^a \pm 0,51$	%	$4,73^b \pm 0,41$	%	ETUVAGE
Glucide	$55,9^a \pm 1,55$	%	$58,2^b \pm 1,51$	%	BERTRANS
Protéine	$7,45^a \pm 0,21$	%	$8,17^b \pm 0,23$	%	ISO 8968-1
Lipides	$21,16^a \pm 0,51$	%	$16,8^b \pm 0,51$	%	EXTRACTION
Sel	$0,14^a \pm 0,51$	%	$0,23^b \pm 0,51$	%	MOHR
Valeur énergétique	$448^a \pm 2,59$	Kcal /100g	$417^b \pm 2,51$	Kcal /100g	/
	$1875^a \pm 1,51$	Kjoule/100g	$1745^b \pm 1,49$	1745	/

II.8.1. L'humidité des biscuits

On remarque que l'humidité varie de 3,34 % pour le biscuit avec huile de lentisque à 4,73 % pour le biscuit sans huile de lentisque (pour 100 g d'échantillon). Une différence significative a été observée entre les deux types de biscuits, ce qui pourrait s'expliquer par la quantité d'eau apportée. La teneur en eau du biscuit avec huile de lentisque est inférieure à celle

des biscuits standards, ce qui indique que l'huile de lentisque contribue à un aspect moins humide. En somme, cette faible teneur en eau favorise une bonne conservation du produit, car elle représente un facteur inhibiteur du développement des micro-organismes.

D'autres auteurs ont montré que l'humidité varie en fonction de la formation de liaisons hydrogène entre le sucre (via ses groupements hydroxyles) et les molécules d'eau (Alsirrag et al., 2019). Ces liaisons réduisent la mobilité de l'eau libre. Par manque de données spécifiques sur les biscuits à base d'huile de lentisque, nous n'avons pas pu comparer nos résultats à d'autres travaux sur ce type de biscuit. Nos valeurs sont légèrement inférieures à celles rapportées par (Siédogo, 2009), allant de 4,50 à 7,08 %, et nettement inférieures à celles de (Kaboré, 2010), qui trouvait des teneurs en eau de 7,84 à 9,43 %. Elles restent cependant supérieures aux 2 % rapportés par le PNNS (2007) pour les biscuits secs à base de blé.

II.8.2. Les glucides

Nous avons trouvé 58,2 % de glucides dans le biscuit sans huile de lentisque et 55,9 % dans celui avec huile de lentisque. La teneur en glucides est donc légèrement plus élevée dans le biscuit sans huile de lentisque, ce qui pourrait refléter une proportion plus importante de farine. Nos résultats sont inférieurs à ceux de Kaboré (Nèbpawindé, 2012), qui rapportait 70 % pour des biscuits à base de moringa enrichis à la spiruline.

II.8.3. Les protéines

Les teneurs en protéines sont de 7,45 % pour les biscuits avec huile de lentisque et de 8,17 % pour ceux sans huile de lentisque. La teneur plus faible des biscuits enrichis en huile pourrait être due à une réduction de la proportion de farine (source de protéines) lors de l'ajout d'huile. Nos résultats restent cependant supérieurs à ceux rapportés par (Kellas et al., 2012 ; Kaboré, 2012) pour des biscuits enrichis à partir d'autres bases.

II.8.4. Les lipides

La teneur en lipides est de 21,16 % pour les biscuits avec huile de lentisque contre 16,8 % pour les biscuits sans huile de lentisque. Une différence significative a été observée entre les deux types de biscuits, ce qui pourrait s'expliquer cette augmentation qui est liée à l'interaction des ingrédients avec l'huile de lentisque, qui semble mieux résister à la chaleur de cuisson et contribue à une plus grande stabilité lipidique. Une teneur plus élevée en lipides augmente la valeur énergétique du biscuit.

II.8.5. La teneur en sel

Les résultats montrent une teneur en sel de 0,14 % pour les biscuits à base d'huile de lentisque contre 0,23 % pour les biscuits standards. Cette différence pourrait être due à un effet de l'huile sur la répartition du sel ou à des variations dans la quantité ajoutée.

II.9. Analyse sensorielle des biscuits

L'évaluation sensorielle est une technique scientifique qui permet non seulement de d'établir les profils sensoriels des produits alimentaires, mais également de connaître la satisfaction du consommateur.

II.9.1. Caractérisation produit

II.9.1.1. Pouvoir discriminant par descripteur

Il s'agit d'identifier les descripteurs ou les caractéristiques sensorielle qui discriminent le mieux les produits et de déterminer leurs caractéristiques en fonction des résultats du panel expert.

La figure ci-dessous permet d'afficher les descripteurs ordonnés de celui qui a le plus fort Pouvoir discriminant sur le produit à celui qui à le plus faible pouvoir.

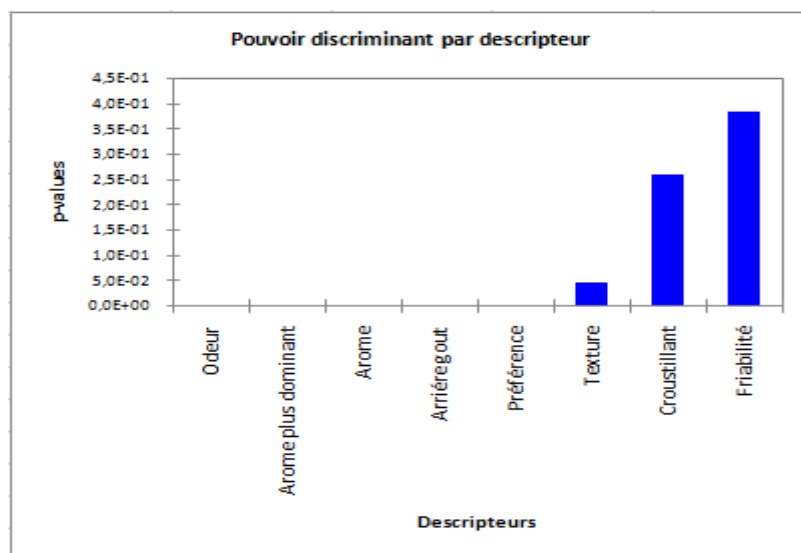


Figure 15 : Pouvoir discriminant par descripteur

Le graphe précédant rassemble les descripteurs ordonnés du plus discriminant au moins discriminant (de gauche à droite) sur les 2 échantillons de biscuits analysés. Il permet de visualiser que la friabilité et croustillant suivies de la texture, sont les descripteurs les plus discriminants donc ces caractéristiques sont différentes d'un échantillon à un autre. Cependant

Les autres caractéristiques : odeur, arôme, arrière-gout, arôme dominant et préférence globale sont les moins discriminantes, donc il n'y a pas une grande différence entre les échantillons concernant ces caractéristiques.

II.9.2. Coefficients des modèles

Les profils sensoriels des biscuits sont :

Biscuit A : correspond au biscuit pour le quel est ajouté l'huile de lentisque. En blanc, sont affichées les caractéristiques du produit qui ont des notes proches de la moyenne que les juges ont donné, ces caractéristiques sont : la friabilité et le caractère croustillant.

En bleu, sont affichées les caractéristiques dont le coefficient est significativement positif, donc l'arôme, l'odeur et l'arrière-gout du biscuit A sont d'une intensité élevée et sa texture est fondante.

Biscuit B : correspond au biscuit sans ajout de l'huile de lentisque. En rouge, sont affichées les caractéristiques ayant des notes inférieures à la moyenne, donc les intensités de l'arôme, l'odeur et l'arrière-gout du produit B sont faibles et le caractère fondant est faible également contrairement au produit A. Cette différence est expliquée par l'ajout de l'huile de lentisque qui est une huile aromatique, son ajout aux biscuits même en faible quantité (6,4 ml) a un impact sur l'arôme, l'odeur, l'arrière-gout et la texture fondante des biscuits. Cependant son ajout à cette concentration n'a pas d'effet sur la friabilité et le caractère croustillant des biscuits.

II.9.3. Moyennes ajustées par produit

Ce test permet de faire ressortir les moyennes lorsque l'on croise les différents produits et les caractéristiques. On voit donc en bleu les moyennes qui sont significativement plus grandes que la moyenne globale et en rouge celles qui sont significativement plus petites que la moyenne globale. En blanc, les moyennes qui ne sont pas significativement plus grandes ou plus petites que la moyenne globale (-tableau XIV)

Tableau XIII : Moyennes ajustées par produit

	Arôme	Odeur	ne plus domi	Arrière gout	Texture	Friabilité	Croustillant	Préférence
biscuit avec huile de lentisque	3,875	3,688	3,000	3,438	3,750	3,875	3,875	7,688
biscuit sans huile de lentisque	1,875	2,000	1,250	1,625	3,000	3,688	3,625	6,125

Ses résultats sont confirmés par le graphe radar obtenu pour les deux produits, qui montre clairement que les intensités des caractéristiques sensorielles sont plus faibles pour le biscuit B sans ajout de l'huile de lentisque. Toutefois les la friabilité et le caractère croustillant sont assez proches pour les deux biscuits.

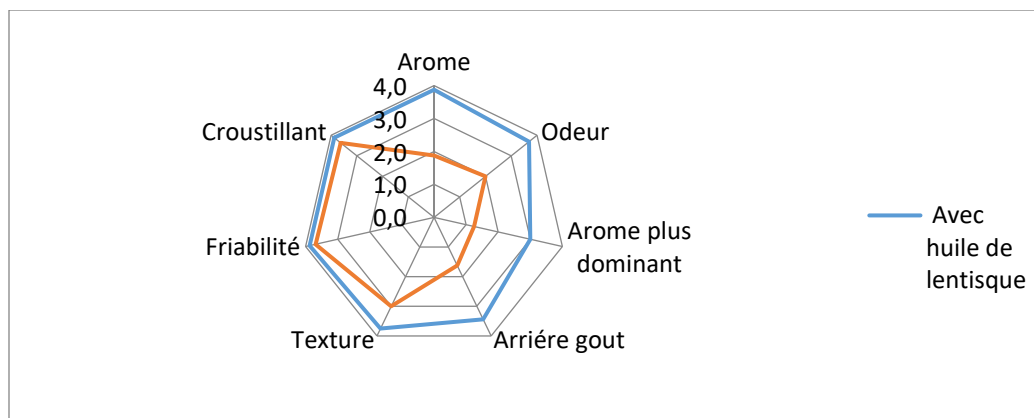


Figure16 : Profil sensoriel des biscuits (Graphe radar)

II.10. Cartographie des préférences (PREFMAP)

Cette méthode permet de relier les préférences exprimées par les consommateurs aux caractéristiques physico-chimiques des produits. Cette approche est essentielle car ce n'est que sur cette base que les équipes marketing pourront adapter les produits aux goûts des consommateurs.

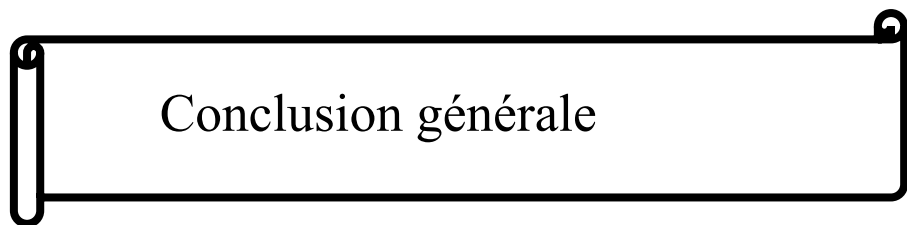
Après avoir réalisé un ACP et une CAH, une carte de préférence (PREFMAP) a été obtenue par le logiciel XL STAT comme le montre la (Figure ...).

➤ Analyse en composantes principales (ACP)

L'ACP peut être considéré comme une méthode de projection qui permet de représenter les corrélations entre les caractéristiques sensorielle et les produits,

D'après la figure précédente, d'une part nous voyons clairement que l'odeur, l'arôme et l'arrière-gout sont en corrélation et caractérisent le produit A. Alors que le produit B est caractérisé par sa texture peu fendante. D'autre part la friabilité et le caractère croustillant sont en corrélation également.

Carte de préférence PREFMAP Cette carte a été réalisée dans le but de connaître les préférences du consommateur vis-à-vis de nos produits. Les produits A et B sont les deux appréciés, ils ont le même pourcentage de préférence qui est de 91% donc entre 80 à 100%, c'est pour cette raison les deux produits sont présentés dans la partie rouge de la carte. Cela signifie que l'ajout de l'huile de lentisque aux biscuits à cette concentration n'a pas affecté les préférences des consommateurs malgré l'odeur forte de cette huile.



Conclusion générale

Conclusion

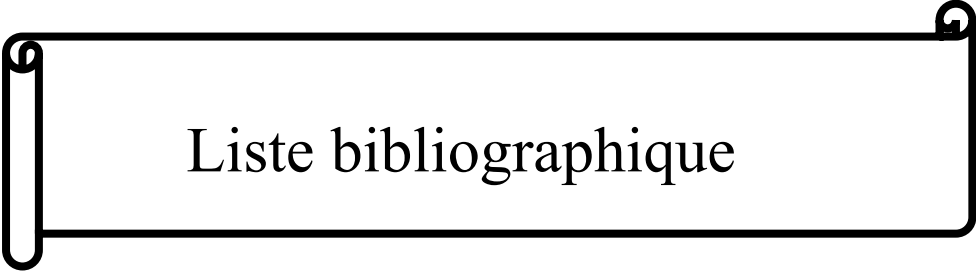
Les plantes restent une source inépuisable de composés à structures complexes, auxquels sont attribuées de nombreuses propriétés thérapeutiques. Ce travail a permis de contribuer à la connaissance de l'huile de lentisque, notamment son temps d'induction (mesuré par test Rancimat) indiquant une bonne résistance à l'oxydation.

Nous avons également examiné plusieurs paramètres physico-chimiques de l'huile (acidité : 5,54 %, indice de peroxyde : 3,8 meq/kg, indice de réfraction : 1,468) et évalué son activité antioxydante par le test DPPH (IC_{50} : $702,76 \pm 0,567$ mg/ml). L'huile s'est révélée riche en polyphénols totaux (137,78 μ g/g) et en flavonoïdes. L'analyse par chromatographie en phase gazeuse (CPG) a montré que l'huile de lentisque contient des acides gras saturé et insaturé tel que l'acide laurique (C12 :0), l'acide myristique (C14 :0), l'acide myristique (C14 :0), l'acide palmitique (C16 :0), l'acide stéarique (C18 :0), l'acide oléique (C18 :1) et l'acide linoléique (C18 :2). L'incorporation d'huile de lentisque dans des biscuits a montré un impact positif sur la qualité nutritionnelle, la stabilité oxydative et la qualité microbiologique, sans compromettre la sécurité sanitaire du produit.

Ces résultats peuvent servir de base à des recherches futures dans le domaine des technologies agroalimentaires.

Dans les perspectives, nous souhaitons que notre étude soit reprise par d'autres étudiants pour une meilleure évaluation de la qualité des huiles et dans le but de compléter ce travail en fixant comme perspectives :

- Études approfondies sur la composition biochimique
- Évaluation de la stabilité à long terme
- Études biologiques et pharmacologiques :
- Tester les effets de l'huile de lentisque sur la santé via des modèles cellulaires ou animaux, notamment ses effets anti-inflammatoires, antimicrobiens ou cardioprotecteurs.
- Tester d'autres activités biologiques telles que l'activité anticancéreuse, antiinflammatoire et antibactérienne.
- Etudier l'effet d'augmentation de la température sur la stabilité d'huile
- Utiliser des méthodes supercritiques pour améliorer la qualité des composant bioactive



Liste bibliographique

A

Abidi, O., Abdelkafi-Koubaa, Z., Fares-Zagrouba, N., Elkahoui, S., Toumi, L., Marzouki, L., & Souilem, O. (2023). Phytochemical analysis and biological activities of two oil-bearing extracts from fresh *Pistacia lentiscus*. *Bulletin of the Chemical Society of Ethiopia*, 37(6), 1487–1501.

Abbas, A., & Miloudi S. (2016). Evaluation de l'activité antioxydant et antifongique d'une Plante médicinale : *Pistacialentiscus* . Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi B.B.A. P 4-12.

AFNOR. (2013). *NF EN ISO 4833-1 : Microbiologie de la chaîne alimentaire – Dénombrement des micro-organismes – Partie 1 : Dénombrement des colonies à 30 °C par la technique de comptage sur boîte de Petri*. Association Française de Normalisation.

Amirouche, F., Boudiaf, Z., & Hadji, N. (2022). *Activité antioxydante de l'huile végétale extraite des fruits de Pistacia lentiscus* (Mémoire de Master, Université de Béjaïa, Algérie).

Andersen OM, Markham KR, (2010). Flavonoids: Chemistry, Biochemistry and Applications, CRC Press: 472–551.

Arain, S., Sherazi, S. T. H., Bhanger, M. I., Talpur, F. N., & Mahesar, S. A. (2009). Oxydative stabilité assessment of Bauhinia purpurea seed oil in comparison to two conventional vegetable oils by differential scanning calorimetry and Rancimat methods. *Thermochimica Acta*, 484(1-2), 1-3.

Algérie. (2017, 2 juillet). Décret exécutif n° 17-172 du 8 Ramadhan 1438 correspondant au 2 juillet 2017 fixant les critères microbiologiques des denrées alimentaires. *Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n° 39, 11–13.

Abdeljalil, M. (2016). *Étude botanique et propriétés médicinales du Pistacia lentiscus*. Mémoire de Master, Université de Tlemcen.

Aissi, H., Benameur, L., & Yahi, M. (2016). *Contribution à l'étude de la composition phytochimique et à l'activité antimicrobienne de Pistacia lentiscus* (Mémoire de Master, Université d'Alger, Algérie).

Aït Said, L. (2011). *Répartition géographique de Pistacia lentiscus en Algérie* [Rapport interne]. Institut National de Recherche Forestière (INRF), Algérie.

Amara, S. (2019). Activité antimicrobienne de l'huile essentielle des fruits du pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus* L.). *Agrobiologia*, **9**(2), 1669–1676.

Abbas, M., & Bessaoudi, Z. (2018). Étude des exigences agro-écologiques de *Pistacia lentiscus* L. dans les zones semi-arides algériennes. *Revue des Ressources Naturelles et Environnementales*, **10**(2), 45–52

Arrêté du 21 Rajab 1435 correspondant au 21 mai 2014 rendant obligatoire la méthode de dénombrement des staphylocoques à coagulase positive (*Staphylococcus aureus* et autres espèces). *Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n° 63.

Anonyme. (s.d.). *Étude de la fructification de Pistacia lentiscus* [Document interne de recherche]. Institut de Botanique Méditerranéenne.

Armand, P., & Germain, I. (1992). *Le blé : Éléments fondamentaux et transformation* (pp. 439–440). Saint-Foy : Éditions de l'Institut de recherche et de développement en agroenvironnement (IRDA).

Arrêté du 13 juin 2017 rendant obligatoire la méthode horizontale pour la recherche et le dénombrement d'*Escherichia coli* présumés par la technique du nombre le plus probable (NPP). *Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n° 64, 7 novembre 2017.

Arab, K., Benaïssa, A., & Mezhoud, H. (2014). Utilisation traditionnelle et activités biologiques des huiles essentielles du lentisque. *Revue Phytothérapie Nord-Africaine*, **9**(3), 22

Assemblée Populaire Nationale. (2017, 2 juillet). *Journal officiel de la République Algérienne Démocratique et Populaire*, n° 39, série 13.

B

Bakli, S. (2020). Activité antimicrobienne, antioxydant et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales. Thèse de doctorat. Harzallah D'Université Ferhat Abbas, Sétif1, p :14-149.

Bakli, &Harzallah, (2020). Antimicrobial activity of secondary metabolites produced by *Aspergillus neobridgeri* isolated from *Pistacia lentiscus* against multi-drug resistant bacteria. *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 15(3), 82-95

Fekairi, H., & Ben Ahmed, M. (2016). *Activité antioxydante des extraits phénoliques des feuilles de Pistacia lentiscus* (Mémoire de Master, Université Amar Telidji – Laghouat, Algérie).

Boscou, L. (1996). Olive oil composition. In F. Shahidi (Ed.), *Olive oil: Chemistry and technology* (pp. 52–83, 85–127). AOAC Press.

Boukeloua, A. (2009). Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique à base de l'huile de *Pistacia lentiscus* L. thèse de magister mémoire en Biologie. Spécialité : Biotechnologie végétal. Université Mentouri Constantine.

Besbes S., Christophe B., Claude D., Nour-Eddine D., Hamadi A., (2004a). Date seeds : chemical composition and characteristic profiles of the lipid fraction, *Food Chemistry*, vol. 84, pp. 577–584.

Besbes, S., Blecker, C., Deroanne, C., Lognay, G., Drira, N. E. & Attia, H. (2009). *Adding value to hard date (Phoenix dactylifera L.): Compositional, functional and sensory characteristics of date jam*. *Food Chemistry*, 112(2), 406–411.

Belhachat, D. (2019). Etude phytochimique des extraits de *Pistacia lentiscus* L. activité antioxydante et antimicrobienne. Thèse de doctorat.

Berahia, T., Cerrati, C., Sabatier, S., & Amiot, M. J. (1993). Gas chromatography-mass spectrometry analysis of flavonoids in honey.

- Bensalem, G. (2015). L'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus* L.) dans l'est algérien caractéristiques physico-chimiques et composition en acides gras. *Mémoire Magister, université constantine*.
- Bouyahya A., N. Dakka., A. Talbaoui., N. El Moussaoui., J. Abrini, Y. Bakri. (2018). Phenolic contents and anti radical capacity of vegetable oil from *Pistacia lentiscus* (L). *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, Volume 9, Issue 5, Page 1518-1
- Boukeloua, A. H. M. E. D., Belkhiri, A. B. D. E. L. M. A. L. I. K., Djerrou, Z., Bahri, L., Boulebda, N., & Pacha, Y. H. (2012). Acute toxicity of *Opuntia ficus indica* and *Pistacia lentiscus* seed oils in mice. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, 9(4), 607-611. –
- Besbes S., Christophe B., Claude D., Georges L., Nour-Eddine D., Hamadi A., (2005). Heating effects on some quality characteristics of date seed oil. *Food Chemistry*, vol. 91, pp. 469–476.
- Belkacemi, S., & Koribaa, L. (2017). *Analyse physico-chimique de l'huile de Pistacia lentiscus de la région de Laghouat* (Mémoire de Master, Université Amar Telidji de Laghouat, Algérie)
- Bensid, A., Uçar, Y., Bendeddouche, B., & Özogul, F. (2014). Effect of the essential oil from *Rosmarinus officinalis* on quality of vacuum packaged sardine fillets stored at 3 ± 1 °C. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 26, 204–210.
- Belhadj, M. (1999). Distribution et écologie de *Pistacia lentiscus* en Algérie. *Ecologia Mediterranea*, 25(1), 15–28
- Bellakhdar, J. (2013). *La pharmacopée traditionnelle marocaine*. Paris : Ibis Press.
- Ben Arfa, N., Bouzeboudja, A., & Khelifi, F. (2023). Stabilité oxydative des biscuits enrichis à l'huile de *Pistacia lentiscus*. *Journal Algérien de Technologie Agroalimentaire*, 18(1), 55–63.
- Bensalem, L. (2014). *Étude ethnobotanique du Pistacia lentiscus dans la région de Jijel* (Mémoire de Master, Université de Jijel, Algérie).
- Boualem, M. (2015). Cycle végétatif et floraison du *Pistacia lentiscus* en milieu semi-aride. *Annales de l'INRF*, 45(2), 22–30.

Boulebdia, N., Benmehdi, H., & Khalfallah, A. (2009). Plantes médicinales utilisées en Algérie : Cas de *Pistacia lentiscus*. *Revue Maghrébine de Biologie*, **10**(1), 14–20

Belyagoubi, B.(2009). *Activité antibactérienne de l'huile essentielle de Pistacia lentiscus L. de deux stations de la région de Tlemcen (Algérie)*. Dans H. Greche & A. Ennabili (Éds.), *Recherches sur les plantes aromatiques et médicinales* (Actes du congrès international des 22–24 mars 2007, Mezraoua & Fès, Maroc, pp. 281–285). Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen

Belhachat, D. (2019). *Étude phytochimique des extraits de Pistacia lentiscus L. : activité antioxydante et antimicrobienne* (Thèse de doctorat).

Bouyahya A., N. Dakka., A. Talbaoui., N. El Moussaoui., J. Abrini, Y. Bakri. (2018). Phenolic contents and anti radical capacity of vegetable oil from *Pistacia lentiscus* (L). *J. Mater. Environ. Sci.*, 2018, Volume 9, Issue 5, Page 1518-1524.

Belhachat, Y. (2018). *Étude phytochimique des extraits de Pistacia lentiscus L. : activité antioxydante, antimicrobienne et insecticide* (Mémoire de Master, École Nationale Supérieure Agronomique – El Harrach, Alger, Algérie), p. 7.

BOUKELOUA, A., BELKHIRI, A., DJERROU, Z., BAHRI, L., BOULEBDA, N., & Hamdi Pacha, Y. (2012). ACUTE TOXICITY OF OPUNTIA FICUS INDICA AND PISTACIA LENTISCUS SEED OILS IN MICE. *African Journal of Traditional, Complementary and Alternative Medicines*, **9**(4), 607–611.

Bakli,S.(2020). *Activité antimicrobienne, antioxydant et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales*. Thèse de doctorat. Harzallah D'Université Ferhat Abbas, Sétif1, p :14-149.

Belabbes, A. (2017). *Étude physico-chimique de l'huile de Pistacia lentiscus* (Mémoire de Master, Université de Béjaïa, Algérie).

Bensaci, A., & Hadjmolrani, N. (2014). Propriétés antioxydantes des plantes médicinales. *Revue Algérienne de Biotechnologie*, **3**(1), xx–xx

Boulemane, A., Abidi, S., & Kadi, (2022). Phenolic compounds and antioxidant potential of *Pistacia lentiscus*. *African Journal of Traditional and Complementary Medicine*, 19(1), 45–52.

Belfadel, H., & Boulebda, N. (2009). Répartition géographique et importance écologique du genre *Pistacia* en Méditerranée. *Revue des Sciences de la Nature et de la Vie*, 5(2), 112–118

Bruneton, J. (1993). *Pharmacognosie : Phytochimie, plantes médicinales* (2^e éd.). Paris : Éditions Tec & Doc

C

Ben Mbarek, S., & Deboub, I. (2015). Valorisation des sous-produits du palmier dattier et leurs utilisations. *Mémoire Master. Université Echahid Hamma Lakhdar d'El-Oued*, 71p.

Charef M., Yousfi M., Saidi M., Stocker P.,(2008). Détermination of the Fatty Acid Composition of Acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* Seeds Growing in Algeria, Springerlink

Cherfi, H., & Omani, R. (2016). *Extraction et dosage des polyphénols totaux du Pistacia lentiscus L. et évaluation de leur activité antibactérienne vis-à-vis de Staphylococcus aureus et Escherichia coli* (Thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri – Tizi-Ouzou, Algérie).

Correia, O. A., & Díaz Barradas, M. C. (2000). Rôle de *Pistacia lentiscus* dans la stabilité écologique des sols. *Mediterranean Ecology*, 4(1), 43–49.

Anonyme. (s.d.). *Étude de la fructification de Pistacia lentiscus* [Document interne de recherche, Institut de Botanique Méditerranéenne

Cheblaoui, L., & Yahiaten, A. (2016). *Contribution à la diversification de l'alimentation pour l'enfant cœliaque : Fabrication de farine-biscuit sans gluten* (Mémoire de Master, Université [Nom de l'université à préciser, si connu]), pp. 15–16.

Cheurfa, M., & Allem, R. (2015). Étude des effets hypocholestérolémiques des extraits de lentisque. *Bulletin de la Société Algérienne de Nutrition*, 2(1), 35–40

D

Denis O., Estelle B., Pinatel C., Souillol S., Guérére M., Artaud J.(2004). Analyse de la

fraction phénolique des huiles d'olive vierge. Annales des falsifications de l'expertise chimique et toxicologique. 965 : 169-196pp

Djaouzi, R., & Djerroud, N. (2012). *Optimisation de l'enrichissement de l'huile d'olive par les principes actifs des margines : contrôle de qualité et analyse* (Mémoire de Master, Université Abderrahmane Mira – Béjaïa, Algérie).

Djedaia, S. (2017). *Étude physico-chimique et caractérisation du fruit de la plante lentisque (Pistacia lentiscus L.)* (Mémoire de Master, Université Badji Mokhtar – Annaba, Algérie).

Dugour, F. (2009). *Prévention des emballages : L'engagement des fabricants de biscuits et gâteaux*. Le Syndicat des Biscuits et Gâteaux de France, 8 p

Delaldja, A., & Saadoudi, M. (2017). *Contribution à la connaissance du métabolisme secondaire et de l'activité biologique de Pistacia lentiscus L.* (Mémoire de Master, Université Mohamed Boudiaf – M'sila, Algérie), 3, 4, 13, 17.

Donatien, A. (2009). *Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes : Extraction, identification d'alcaloïdes, caractérisation, quantification des polyphénols – Une étude de leur activité antioxydante* (Mémoire de Master, Université Paul Verlaine – Metz, France), pp. 22, 30–31.

Dogan, A., Turker, G., & Yildiz, A. (2003). Effets médicinaux des espèces du genre *Pistacia*. *Journal of Ethnopharmacology*, 88(2), 173–178.

Dhifi, W., Bellili, S., Jazi, S., Bahloul, N., & Mnif, W. (2013). Caractérisation des huiles essentielles et usages traditionnels de *Pistacia lentiscus* en Tunisie. *Revue Tunisienne de Médecine Naturelle*, 2(1), 33–40

Djedaia, S. (2016). *Chimie des métabolites végétaux secondaires* (Mémoire de Master, Université de Tizi-Ouzou).

Delplanque, B. (2002). Définition des limites de flexibilité des apports en acides oléique, linoléique et alpha-linolénique sur la lipidémie et les paramètres d'athérombose chez

l'homme : Intérêt des huiles végétales combinées. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 9(4), 237–244. <https://doi.org/10.1051/ocl:2002034>.

Djemai, S. (2008). *Étude de l'huile de Pistacia lentiscus L. : Composition chimique et propriétés biologiques* [Mémoire de master, Université de Bejai]

E

Epifano F., Genovese S., Menghini L., Curini M. (2007). Chemistry and pharmacology of oxyprenylated secondary plant metabolites. *Phytochemistry* 68 :939-953.

E.C., 2002. Regulation n°796 of 6 May 2006 on changes EC- Regulation. 2568/91. Official J.L.128/815/05/02. 2002. Bruxelles (Belgium).

F

Ferradji, A. (2011). *Étude botanique et propriétés chimiques de Pistacia lentiscus* (Mémoire de magister, Université Ferhat Abbas Sétif 1). 56 p.

Fedeli, E. (1977). Lipids of olives. *Progress in the Chemistry of Fats and Other Lipids*, 15, 57–74

Ramadan, M. F., & Mörsel, J. T. (2003). Oil cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L.). *Food Chemistry*, 82(3), 339–345. [https://doi.org/10.1016/S0308-8146\(02\)00554-4](https://doi.org/10.1016/S0308-8146(02)00554-4)

Feillet, P. (2000). *Le grain de blé : Composition et utilisation* (Éd. INRA). Paris, France : Éditions INRA. 308 p.

G

Gharby S., Harhar H., Bouzoubaa Z., Roudani A., Chafchaoui I., Kartah B., & Charrouf Z. (2014). Effect of polyphénols extracts from margins on the stability of

H

Harrar, H. (2012). *Activités antioxydante et antimicrobienne d'extraits de Rhamnus alaternus L.* (Mémoire de master, Université Ferhat Abbas Sétif 1), pp. 14–16

Haoua R et tingali R., (2007): Essai d'incorporation de lactosérum en poudre

Dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO", 35 p

Halouiet, S., & [Nom du second auteur, initiale]. (2015). Étude de l'activité antioxydante et antibactérienne de l'huile essentielle du lentisque. *Revue Nord-Africaine de Biotechnologie*, 7(2), 64–70.

Hamiroune, M., & Kara, N. (2016). *Study of the physicochemical and microbiological quality of milk throughout the chain in the semi-arid zone of Sétif* (Master's thesis, University of Ferhat Abbas Sétif 1)

Habibatni, N. (2014). *Pistacia lentiscus : Évaluation pharmaco-toxicologique* (Thèse de doctorat en sciences, Université Constantine 1). 102 p.

Haoua, A., & Tingali, M. (2007). *Essai d'incorporation de lactosérum en poudre dans la fabrication du biscuit type "Petit BIMO"* (Mémoire de fin d'études, [nom de l'établissement s'il est connu]). 35 p

Hilali, M., Charrouf, Z., El Aziz Soulhi, A., Hachimi, L. et Guillaume, D. (2005). Influence of Origin and extraction méthode on argan oil physico-chemical characteristics and composition. *J. Agric. Food Chem.* (53) 2081-2087.

I

International Organization for Standardization. (2001). *Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de peroxyde* (ISO 3960 :2001)

ISO. (2006). *ISO 6886 :2006. Animal and vegetable fats and oils — Determination of oxidation stability (accelerated oxidation test)*. Geneva, Switzerland: International Organization for Standardization.

International Organization for Standardization. (2013). *Microbiology of the food chain—Horizontal method for the enumeration of microorganisms—Part 1: Colony count at 30 degrees C by the pour plate technique* (NF EN ISO 4833-1:2013). AFNOR

ISO International Standard (1998). Method 3960, Animal and vegetable fats and oils. Détermination of peroxide index.

International Organization for Standardization. (2020). *Animal and vegetable fats and oils — Détermination of Acid value and acidity* (ISO 660 :2020)

International Organization for Standardization. (2017). *Animal and vegetable fats and oils Détermination of peroxide value — Iodometric (visual) endpoint détermination* (ISO 3960 :2017).

ISO. (1998). *ISO 15305 :1998. Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de la couleur Lovibond*. Genève, Suisse : Organisation internationale de normalisation.

ISO Norme Internationale, (2000). Méthode ISO 5508 :2000 (F). Corps gras d'origines animale et végétale – détermination de la composition en acides gras par chromatographie en phase gazeuse. Ed.2.

International Organization for Standardization. (2001). *Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de peroxyde* (ISO 3960 :2001)

International Organization for Standardization. (2017). *ISO 3960 :2017. Animal and vegetable fats and oils – Determination of peroxide value – Iodometric (visual) endpoint determination*. Geneva, Switzerland: ISO.

International Organization for Standardization. (2020). *ISO 660 :2020. Animal and vegetable fats and oils — Determination of acid value and acidity*. Geneva, Switzerland: ISO

ISO. (2006). *ISO 6886 :2006. Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de la stabilité à l'oxydation (essai d'oxydation accélérée)*. Genève, Suisse : Organisation internationale de normalisation.

Iserin, P., Durand, G., & Leblanc, J. (2001). Tocophérols et santé : fonctions biologiques et rôles nutritionnels. *Revue Francophone de Nutrition*, 18(2), 45–52.

J

Julien, K. (2013). Les huiles végétales c'est malin. Leduc.s Éditions, 22 août 2013 - 256 pages. p.13, 19, 20, 21, 35.

K

Karre, L., Lopez, K., & Getty, K. J. K. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science*, 94(2), 220–227.

Kechidi M., Chalal M.A., Bouzenad A., Gherib A., Touahri B., Mohamed Abou M., Mohamed Ourihene M.(2020). Determination of the fixed oil quality of ripe Pistacia lentiscus fruits and Opuntia-ficus indica seed

Kiritsakis A., Dugan J.P., (1985). Studies in photooxydation of olive oil. *J. Amer. Oil. Chem. Soc.*62, 892-896

KABORE N. (2010). Transformation de la patate douce : caractérisation nutritionnelle et organoleptique des produits, Rapport de Stage. Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso, 39 p.

Kandji, N. A. (2001). *Étude de la composition chimique et de la qualité d'huiles végétales artisanales consommées au Sénégal* (Thèse de doctorat en pharmacie, Université Cheikh Anta Diop de Dakar, Faculté de Médecine, de Pharmacie et d'Odonto-Stomatologie

Klibet, F. (2016). *Impact du sélénium sur la cytotoxicité induite par l'arsenic chez le rat de la souche Wistar : Exploration des effets protecteurs de Pistacia lentiscus* [Doctoral dissertation, Université Badji Mokhtar - Annaba]. Thèses-Algérie.

Kiger L et Kiger J-G., (1967). Technique modernes des biscuiteries, pâtisserie boulangerie industrielle et artisanales et des produits de régime ». Tome 2. Ed DUNOD, Paris. PP : 134-138.

Khelifi, A. (2021). *Caractérisation physico-chimique et évaluation des activités biologiques de l'huile extraite des fruits de Pistacia lentiscus L.* Université Akli Mohand Oulhadj – Bouira

Krief, S. (2003). *Plantes médicinales et pharmacopée traditionnelle d'Afrique centrale*. Collège de France, Paris.

Kellas Souadet, A., Amellal, R., & Reghi, F.(2012). Optimisation et évaluation de la qualité des biscuits formulés à partir de différents ingrédients par la méthodologie des surfaces de réponses. Université Blida 1.

Karre, L., Lopez, K., & Getty, K. J. K. (2013). Natural antioxidants in meat and poultry products. *Meat Science*, 94(2), 220–227.

Kherrame, N., & Khoudir, B. (2014). *Étude de la qualité nutritionnelle des biscuits enrichis* (Mémoire de Master). Université d'Oran.

Kumazawa S., Hamasaka T., Nakayama T., (2004). Antioxydant activity of propolis of various geographic origins. *Food Chemistry*, vol.84, pp. 329-339.

L

LAIB I., BARKAT M.(2011). Composition chimique et activité antioxydante de l'huile essentielle des fruits seches de la *LAVANDULA OFFICINALIS*, Magister en Alimentation et des Technologies Agroalimentaires. Université de Constantine Mentouri

Lev, E., et Amar, Z. (2002). *Traditional Arabic and Islamic Medicine. Journal of Ethnopharmacology*, 82(2–3), 107–116.

Luigia, L., Dugo, G., & Mondello, L. (2007). *Anthocyanin profile in the fruits of Pistacia lentiscus L.* Food Chemistry, 101(3), 1237–1243.

M

Maameri, S. (2014). *Étude taxonomique et écologique de Pistacia lentiscus L. dans la région de Jijel* (Mémoire de Master, Université de Jijel, Algérie)

Mimouna, B. E. N. S. A. C. I., & Meriem, H. M. (2014). Evaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne de l'huile fixe de Pistacia lentiscus. *Mémoire de master*.6-15.

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Billot, J. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux : un exemple de métabolisme secondaire*. Presses Polytechniques Universitaires Romandes.

Menard G & Marcous D., (1992). Le blé : éléments fondamentaux et transformation » Université Laval. Canada.P439.PP :287-348.

Moncef Beldi, M., Bouchecker, A., Djelloul, R., & Lazli, A. (2020). *Physicochemical characterization and antibacterial and antifungal activities of Pistacia lentiscus oil in Northeastern Algeria. Catrina*, 22(1), 57.

Merzougui I. (2015). Caractérisation physicochimique et biochimique d'un extrait de Pistacia Lentiscus et détermination de ses effets sur certains paramètres biologiques.

Mimouna, B. E. N. S. A. C. I., & Meriem, H. M. (2014). Evaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne de l'huile fixe de Pistacia lentiscus. *Mémoire de master*.

Midoune, S. (2018). *Analyses physico-chimiques* (Mémoire de master, Université M'hamed Bougara de Boumerdès).

- Marmesat S., Morales A., Velasco J., Ruiz-Méndez M. V., et Dobarganes M. C. (2009). Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxydation of sunflower oils with different degree of unsaturation . *Grasas y Aceites*, 60(2), 155–160.
- Merzougui, M. (2015). *Effets protecteurs de l'huile de lentisque contre la toxicité du mercure*. Mémoire de Master, Université d'Oran.
- More, D., & White, J. (2005). *Arbres d'Europe*. Éditions Delachaux & Niestlé.
- Midani M, (2017). Caractérisation biochimique des feuilles de *PistaciaLentiscu*, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaghanem. p23.
- Messaoude, A. &Kessbia, A. (2016). *Évaluation de la composition en acides gras et en minéraux de l'huile des fruits de Pistacia lentiscus*. *Revue Algérienne de Chimie*, 5(2), 95–102.
- Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Billot, J. (2005). *Les composés phénoliques des végétaux : Un exemple de métabolisme secondaire* (3^e éd.). Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Mezni, F., Ben Salem, R., Khouja, M. L., & Bouzid, S. (2014). Chemical composition and antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* oil. *Industrial Crops and Products*, 52, 124–130. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2013.10.025>.
- Midoune, S,et Bellout,N . (2018). *Analyses physico-chimiques de l'huile de lentisque de trois régions algériennes* (Thèse de Master, Université M'Hamed Bougara – Boumerdès, Al.
- Muanda, F.(2010). *Polyphénols alimentaires et propriétés antioxydantes*. Thèse de Doctorat, Université d'Orléans.

N

- Institut Algérien de Normalisation. (2010). *NA 1210 : Microbiologie des aliments – Méthode horizontale pour le dénombrement des levures et moisissures – Technique par comptage des colonies à 25 °C*. Institut Algérien de Normalisation.
- Nie, W., Luo, J. G., Wang, X. B., Wan, X., & Kong, L. Y. (2009). Separation and purification of [titre de l'article manquant]. *Separation and Purification Technology*, 65, 243–247

O

Ouldyeou, K. (2018). Etude phytochimique et activité antioxydante de quelques plantes antidiabétiques au niveau de la wilaya de Mascara. *Journal of Advanced Research in Science and Technology*, 5(1), 670-679.

Ouelmouhoub, A. (2005). *Contribution à l'étude de la flore médicinale de Kabylie*. Mémoire de Master, Université de Bouira.

Organisation internationale de normalisation. (2017). *ISO 6320 : Corps gras d'origines animale et végétale — Détermination de l'indice de réfraction*. Genève, Suisse.

Quézel, P., & Médail, F. (2003). *Écologie et biogéographie des forêts du bassin méditerranéen*. Elsevier, Paris. 571 p.

P

Piluzza G., Bullitta S. (2011). Corrélations between phenolic content and antioxydant properties in Twenty-four plant species of traditional ethnoveterinary use in the Mediterranean area. *Pharmaceutical biology*, 49(3), 240-247.

Pokorny, J., Yanishlieva, N., et Gordon, M. H. (Eds.). (2001). *Antioxidants in food: practical applications*. CRC press.

R

Rahou H, (2017). Estimation quantitative des polyphénols totaux et évaluation de l'activité anti-oxydante de trois espèces de Lavandula de la région de Tlemcen. Université Abou-Bakr-Belkaïd Tlemcen. P8-11-12.

Rodriguez-Amaya D.B., (2001). A guide to carotenoid analysis in foods. International LifeSciencesInstitute press, 1-71.

Romani, P., Pinelli, C., Galardi N., Mulinacci, M and Tattini., (2002). Identification and quantification of galloyl derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia Lentiscus L.* *Phytochem Anal.* 13(2), 79-86.

Reboul, E., Borel, P., & Richelle, M. (2007). Tocophérols : rôles biologiques et biodisponibilité. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42(5), 271–277.

Reiter, E., Deméocq, F., et Morand, C. (2007). Vitamine E et prévention cardiovasculaire. *Revue de Médecine Interne*, 28(5), 326–333.

S

Sass-Kiss A., Kiss J., Milotay P., Kerek M.M., Toth-Markus M., (2005). Differences in anthocyanin and caroténoïde content of fruits and vegetables. *Food Research International*, vol.38, pp. 1023 - 1029.

Siedogo, A. (2009). *Essai de formulation et de production de biscuits à base de tubercules : manioc et patate douce à chair orange* (Mémoire de licence, Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso). Université Polytechnique de Bobo-Dioulasso

Stocker, R., Yamamoto, Y., & Azzi, A.(2004). Antioxidant protection of low-density lipoproteins. *European Journal of Clinical Nutrition*, 58(11), 1401–1414.

Soulef BK., 2010 : Contribution à la diversification de l'alimentation pour enfants cœliaque : fabrication de farines- biscuits sans gluten. PP : 15-16.

Soulianc L et Remy S., (2010). Travaux sur les lipides et le goût. P : 127.

Sofia ES., (2016) : Processus de fabrication des biscuits et gaufrettes. P : 9.

T

Tassin, J. (2012). *Atlas des arbres et arbustes de Méditerranée*. CIRAD – France.

Tchiégang C., Oum M. N., Dandjouma A. A., & Kapseu C. (2004). Qualité et stabilité de l'huile extraite par pressage des amandes de *Ricinus communis* (L.) Pierre ex Pax pendant la conservation à température ambiante. *Journal of Food Engineering*, 62(1), 69–77.

Türkmen, İ. Ekşi, A. (2011). Brix degree and sorbitol/xylitol level of authentic pomegranate (*Punica granatum*) juice. *Food chemistry*, 127(3), 1404-1407.

Trabelsi, H., Cherif, O. A., Sakouhi, F., Villeneuve, P., Renaud, J., Barouh, N., ... & Mayer, P. (2012). Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation in developing fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Food chemistry*, 131(2), 434-440.

V

Vaya, J.Mahmood, S. (2006). Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica* L.), carob (*Ceratonia siliqua* L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors*, 28(3-4), 169-175.

y

Yousfi, M., Djebli, N., Baghiani, A., & Hammoudi, S. (2009). Étude comparative du pouvoir antioxydant de quelques huiles végétales. *Phytothérapie*, 7(3), 154–160.

W

Walton, N. J., & Brown, D. E. (1999). *Chemical and functional properties of plant phenolics*. CRC Press.

Z

Zrira, S., Elamrani, A., & Benjlali, B. (2003). Essential oils and fixed oils from *Pistacia lentiscus*. *Journal of Essential Oil Research*, 15(6), 381–386.

ANNEXES

Annexes I : Courbes d'étalonnage

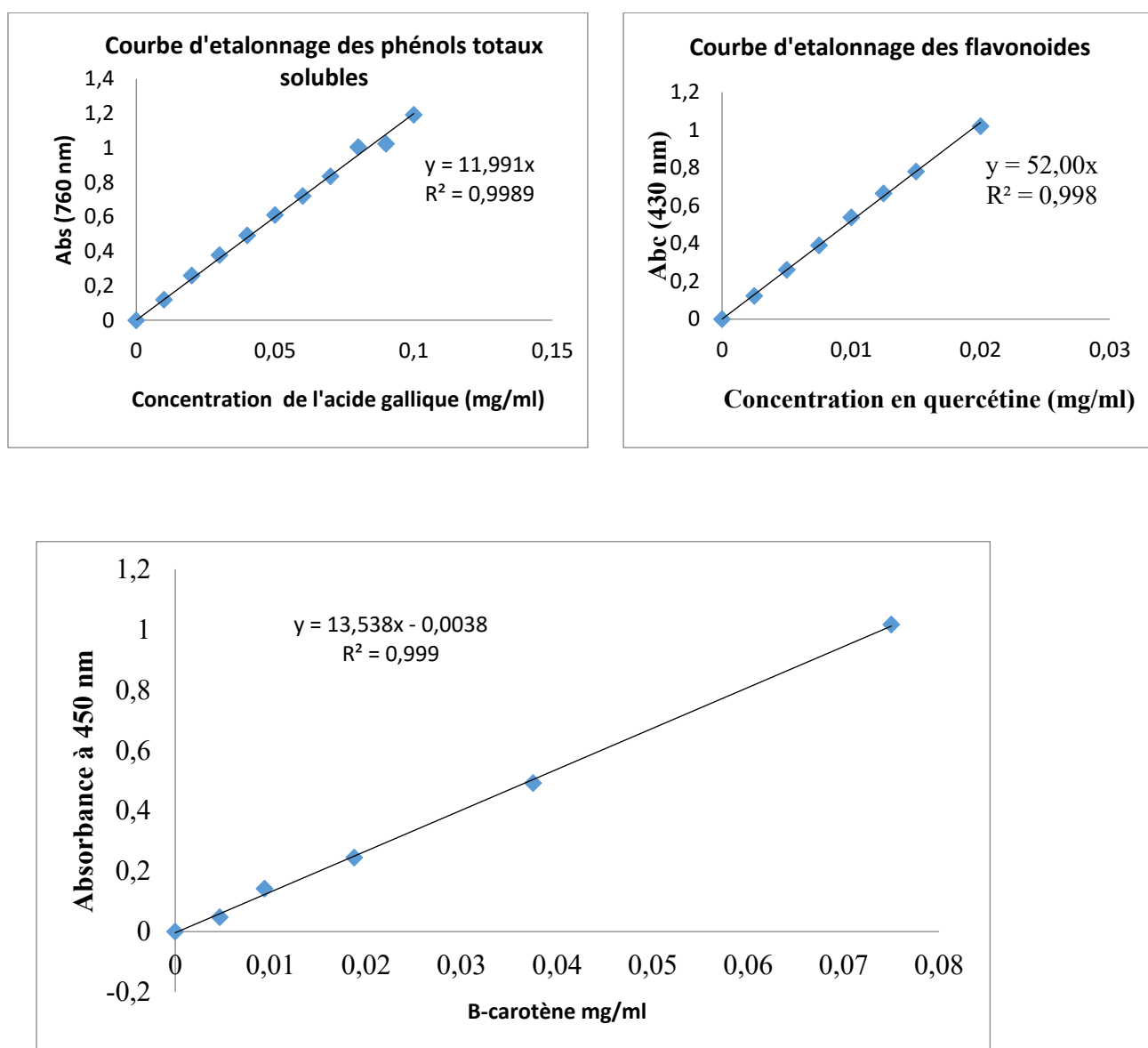
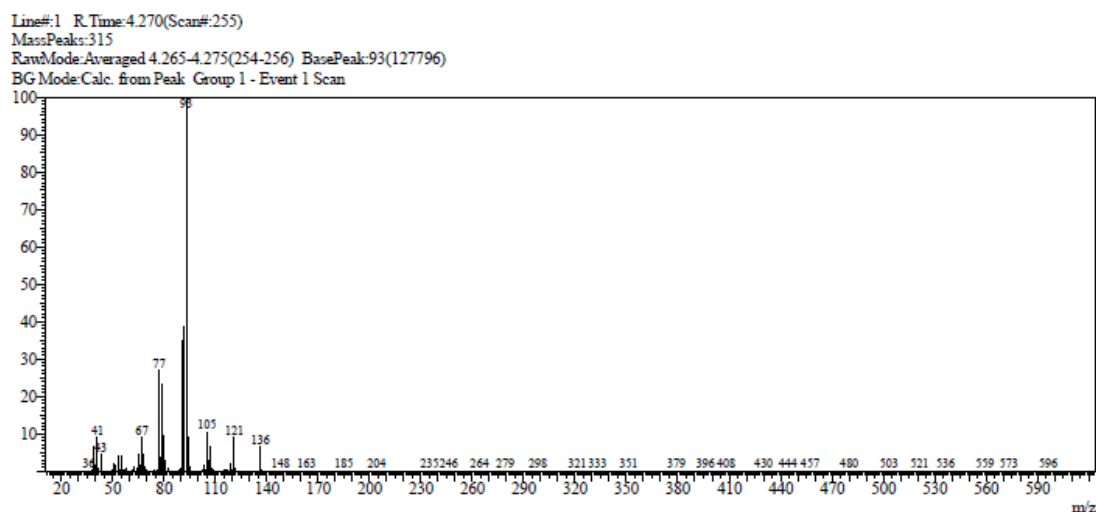


Figure 2 : Courbe d'étalonnage du B-carotène (mg/ml).

Annexe II : Chromatogramme du profil des acides gras de l'huile de lentisque analysée par CPG.



Annexes III : Fiche d'évaluation sensorielle des biscuits

Fiche d'évaluation sensorielle des biscuits

Nom : Prénom : Sexe

Dans le cadre d'une analyse sensorielle des biscuits, 2 échantillons vous sont présentés codés A, B, Il vous est demandé de les examiner et de les goûter successivement (de gauche à droite), puis répondre aux questions qui suivent en attribuant une note de 1 à 5 selon l'échelle présentée.

NB : après la dégustation de chaque échantillon, veuillez rincer la bouche avec de l'eau.

1-Comment trouvez-vous l'intensité de l'odeur ?

1- absente ; 2- faible ; 3- moyenne ; 4- forte ; 5-très forte

Echantillon A	Échantillon B

2- Comment trouvez-vous l'intensité de l'arôme ?

1- absente ; 2- faible ; 3- moyenne ; 4- forte ; 5-très forte

Echantillon A	Échantillon B

3-Quel est l'arôme le plus dominant ?

1- Non identifié 2- Soja 3- Lentisque 4- Olive 5-Menthe

Echantillon A	Échantillon B

4- Comment jugez – vous l'intensité de l'arrière- gout ?

1-absent 2- faible 3- moyennement intense 4-fortement intense 5-
très intense

Echantillon A	Échantillon B

5-Comment jugez-vous la texture du biscuit en bouche ?

1-Dur ; 2- pâteux 3- faiblement pâteux ; 4-Peu fondant, 5 –Fondant

Echantillon A	Échantillon B

6-Comment jugez-vous la friabilité du biscuit ?

1- Pas friable 2- Peu friable 3- Moyennement friable 4- friable 5- Très friable

Echantillon A	Échantillon B

7-Comment jugez-vous Le caractère croustillant du biscuit ?

1- Pas croustillant 2- Peu croustillant 3- Moyennement croustillant 4- croustillant ; 5- Très croustillant

Echantillon A	Échantillon B

6- Préférence globale

Attribuez pour chaque échantillon une note de préférence entre 1, 9, sachant que le numéro 1 correspond à l'échantillon le moins préféré et le numéro 9 à celui le plus préféré.

Echantillon A	Échantillon B

Annexe IV : Carte de préférence PREFMAP des biscuits

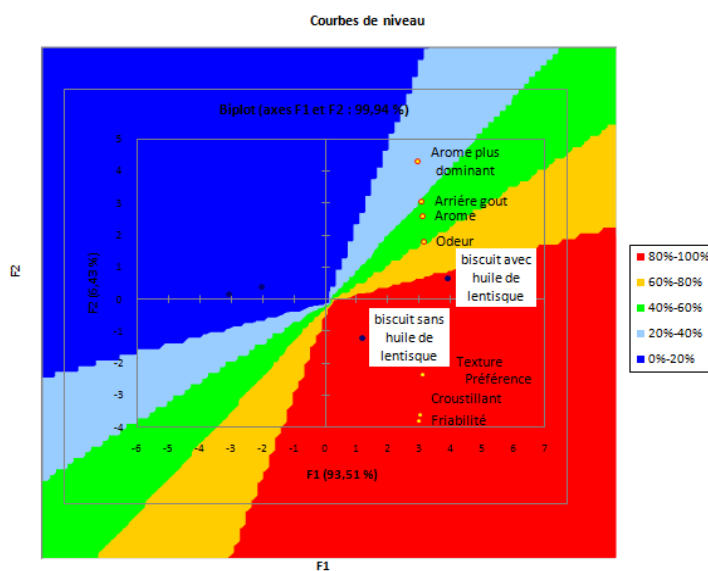
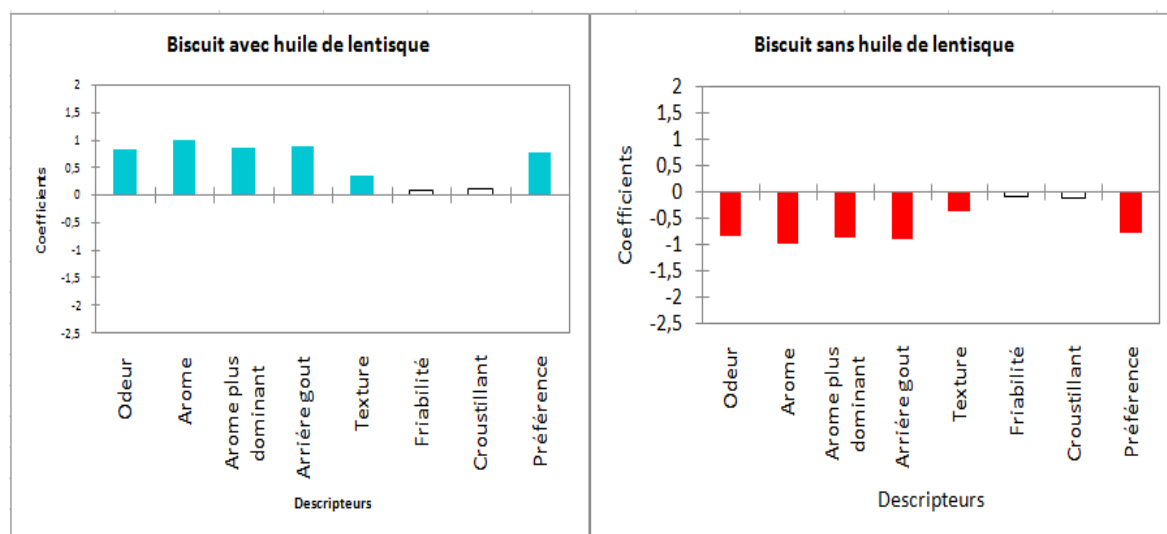


Figure VI: Coefficient des modèles des deux biscuits.

Résumé

La mise en valeur des plantes locales par l'extraction de leurs principes bioactifs représente aujourd'hui une approche à la fois innovante et respectueuse de l'environnement. Parmi ces espèces, *Pistacia lentiscus* L., un arbuste emblématique du pourtour méditerranéen, notamment pour ses propriétés cicatrisantes, antiseptiques et anti-inflammatoires. L'huile extraite de ses fruits se distingue par sa richesse en composés phénoliques, flavonoïdes et tocophérols, responsables de sa puissante activité antioxydante.

Cette étude consiste à une contribution à la valorisation du *pistacia lentiscus* L, nous avons étudié l'activité antioxydante de l'huile végétale de *Pistacia Lentiscus*, en mettant en évidence sa composition biochimique et son efficacité dans la lutte Contre les radicaux libres. En parallèle, une application industrielle a été réalisée par L'enrichissement de biscuits avec cette huile, dans l'objectif d'améliorer leurs propriétés Nutritionnelles et leur stabilité oxydative.

Les résultats obtenus confirment le potentiel de cette huile en tant qu'ingrédient fonctionnel naturel, pouvant être valorisé dans les industries agroalimentaires, notamment dans la boulangerie.

Mot clé : *pistacia lentiscus*L, Analyses physico -chimiques, activité antioxydants, stabilité oxydative, formulation des biscuits

Abstract

The valorization of local plants through the extraction of their bioactive compounds is now seen as an innovative and eco-friendly approach. Among these species, *Pistacia lentiscus* L., a typical Mediterranean shrub, is known for its healing, antiseptic, and anti-inflammatory properties. The oil extracted from its fruits is rich in phenolic compounds, flavonoids, and tocopherols, which give it strong antioxidant activity.

This study contributes to the valorization of *Pistacia lentiscus* L. by evaluating the antioxidant activity of its vegetable oil, emphasizing its biochemical composition and its effectiveness in combating free radicals. In parallel, an industrial application was carried out by enriching biscuits with this oil, aiming to improve their nutritional properties and oxidative stability. The results confirm the potential of this oil as a natural functional ingredient that can be valorized in the agri-food industry, particularly in the bakery sector

Keywords : *Pistacia lentiscus* L., physicochemical analyses, antioxidant activity, oxidative stability, biscuit formulation

ملخص يُعتبر تثمين النباتات المحلية من خلال استخلاص مركباتها النشطة بيولوجيًا نهجًا مبتكرًا وصديقًا للبيئة. ومن ، وهي شجيرة متوسطة تقليدية، معروفة بخصائصها العلاجية والمطهرة. *Pistacia lentiscus* L. بين هذه النباتات، تُعد والمضادة للالتهابات. ويتميز الزيت المستخرج من ثمارها بغناه بالمركبات الفينولية والفلافونويدات والتوكوفيرولات، مما يمنحه نشاطًا مضادًا للأكسدة قويًا.

تهدف هذه الدراسة إلى تثمين *Pistacia lentiscus* L. من خلال تقييم النشاط المضاد للأكسدة لزيتها النباتي، مع التركيز على تركيبه الكيميائي الحيوي وفعاليته في مكافحة الجذور الحرة. كما تم تطبيق استخدام صناعي لهذا الزيت عبر إدخاله في صناعة البسكويت، بهدف تحسين خصائصه الغذائية واستقراره التأكسدي. وقد أكدت النتائج إمكانات هذا الزيت كمكون طبيعي وظيفي يمكن تثمينه في الصناعات الغذائية، وخاصة في قطاع المخبوزات.

المفتاحية

الكلمات

:

التحليلات الفيزيائية والكيميائية، النشاط المضاد للأكسدة، الاستقرار التأكسدي، تركيب، (*Pistacia lentiscus* L.) الفستق الحلبي البسكوي