



الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE
ET POPULAIRE

وزارة التعليم العالي والبحث العلمي



Université Frères Mentouri Constantine 1

جامعة الاخوة منتوري قسنطينة 1

قسم الكيمياء الحيوية والبيولوجيا الخلوية والجزيئية

Département de Biochimie et Biologie Cellulaire et
Moléculaire

Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie appliquée

Etude de la stabilité oxydative d'une huile de lentisque après enrichissement par les polyphénols des feuilles de la même plante

Présenté et soutenu par :

Le : 15 / 07/2021

M^{elle} Djellouat Nesrine & M^{elle} Haboudi Soulef

Jury d'évaluation :

Présidente : M^{me} Teniou S. Maitre assistante classe « A ». UFM-Constantine 1

Encadreur : M^{elle} Moussaoui S. Maitre de conférences classe « B ». UFM-Constantine 1.

Examinatrice : M^{elle} Geundouze A. Maitre de conférences classe « B ». UFM-Constantine 1

Année universitaire :

2020-2021

Remerciement

Avant tous, nous tenons à remercier le bon dieu , le tout puissant, pour nous avoir donnés la force , la patience, le courage, la persistance et nous a permis d'exploiter les moyens disponibles afin d'accomplir ce modeste travail.

*Nous tenons d'abord à remercier très chaleureusement notre promotrice **M^{elle} MOUSSAOUI SAMIRA**. Maître de conférence "B" qui nous a permis de bénéficier de son encadrement, ses conseils qu'elle nous a prodigués, sa patience, sa confiance ; qu'elle nous a témoignés et qui ont été déterminantes dans la réalisation de notre mémoire de fin d'étude*

Nos sincères remerciements s'adressent aux membres de jury qui ont bien voulu juger ce travail :

***M^{me} Teniou S.** Maître-Assistante "A" qui nous a faits l'honneur et le privilège de présider ce jury*

***M^{elle} Guendouze Assia** Maître de conférence "B" d'avoir accepté d'examiner ce travail .On vous transmet notre profonde gratitude pour le temps que vous avez consacré à la lecture de ce travail ainsi que vos remarques*

*Nous tenons à remercier **Mr Djoudi Brahim** Maître de conférence "B" pour l'aide si précieuse qu'il nous a apporté, pour son soutien.*

Merci à tout le personnel du laboratoire (LOST), ainsi que toute personne de près ou de loin, qui ont contribué à la réalisation de ce modeste travail

Finalement, nous exprimons nos sincères reconnaissances à tous les enseignants de la biochimie appliquée pour leurs efforts fournis tout au long de notre cursus.

Dédicas :

A Dieu, le tout puissant pour tout

*A ma très chère mère, **Fatima** ma raison d'être, ma raison de vivre, Tu Représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. 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 défunt père, **Bouzi** en signe d'amour, de reconnaissance et de Gratitude pour tous les soutiens, les sacrifices, la tendresse et les prières tout au long de mes études, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que Vous m'avez donné pour mon éducation et ma formation.*

Que Dieu vous protège et vous garde pour moi.

*A mes chères sœurs, mon frère et sa femme et :**Amira**, **Dounia**, **Mohamed**, **Imen** et notre ange mon neveu **Anes** pour leur grand amour, leurs encouragements permanents, et leur soutien moral.*

A Ma grande famille, mes chers oncles, tantes, leurs époux et épouses, à mes chers cousines et cousins et à tous les membres de la famille.

*A mon binôme **Soulef** pour tous les instants inoubliables que j'ai passé avec elle, pour sa présence à mes coté dans les bons comme dans les moments plus difficile Dieu la protège pour moi sa famille.*

*A mes chers copines que j'aime beaucoup: **Ikram**, **Nardjes**, **Malak**, **Ines**, **Nissa***

*A cher ami **Adem**, pour son soutien et son encouragement merci infiniment*

A toute la promotion de biochimie appliquée.

Gesrine

Dédicas :

A Dieu, le tout puissant pour tout

*A ma très chère mère , **Hayet** ma raison d'être, ma raison de vivre, Tu Représentes pour moi le symbole de la bonté par excellence, la source de tendresse qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. 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 défunt père, **Tarek** en signe d'amour, de reconnaissance et de Gratitude pour tous les soutiens, les sacrifices, la tendresse et les prières tout au long de mes études, Aucune dédicace ne saurait exprimer l'amour, l'estime, et le respect que j'ai toujours eu pour toi. Rien au monde ne vaut les efforts fournis jour et nuit pour mon Éducation et mon bien être. Ce travail est le fruit de vos sacrifices que Vous m'avez donné pour mon éducation et ma formation.*

Que Dieu vous protège et vous garde pour moi.

*A mes chères sœurs : **Malak yasmine ,Alea nour***

*A mon chers frère **Aymen** pour son grand amour, son encouragements permanents, et leur soutien moral.*

*A mon binôme **Nesrine** pour tous les instants inoubliables que j'ai passé avec elle, pour sa présence à mes coté dans les bons comme dans les moments plus difficile Dieu la protège pour moi et sa famille.*

*A mes chers copines que j'aimes beaucoup: **Asma ,Nardjes , Malak , khaoula ,**
A tous ceux ou celles que j'aime, que je n'ai pas mentionné mais que je n'ai pas oublié.*

*A Ma grande famille, a ma chers, tantes **Lynda** et son epous , à mes chers cousines et cousins :**Youcef Yasser Soumia Arwa.***

A toute la promotion de biochimie appliquée

Soulef

LISTE D'ABREVIATIONS

AG : Acides gras	meq O₂/kg : Milliéquivalent d'oxygène par kilogramme.
AGI : Acide Gras Insaturé.	nm : nanomètre
AGMI : Acide Gras Mono Insaturé.	N : Normalité
BHT : Butyl-Hydroxy-Tolène.	OLL : Oleyl-dilinoleoyl-glycerol
C.O.I : Conseil Oléicole Internationale.	OMS : Organisation Mondiale de la Santé
DPPH : 2,2-Diphenyl-1-Picrylhydrazyl	OOL : Dioléyl-linoléylglycérol
FAO : Food and Agricultural Organization.	OOO : Trioléylglycérol
FRAP : Ferric Reducin Antioxydant Power.	PL : <i>Pistacia lentiscus</i>
GAT : Equivalent Acide Gallique.	PLL : Palmitoyl-dilinoleoyl-glycerol
g : Gramme.	POL : Palmitoyl-oléyl-linoléylglycérol
H : huile	POO : Palmitoyl-dioléylglycérol
HE : Huile essentielle	PPL : Dipalmitoyllinoleoylglycerol
H+P : huile enrichie par polyphénols.	ppm : Partie par million.
H+S : huile enrichie par standard.	Poly : Polyphénols.
H+T : huile témoin.	PLLEO : Huile essentielle de feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i>
IA : Indice d'acidité	PLFEO : Huile essentielle de fruits de <i>Pistacia lentiscus</i>
IP : Indice de Peroxyde.	R° : Radical libre
KOH : hydroxyde de potassium.	ROO° : Radical peroxyde
LLL : Trilinoléyl-glycérol.	ROOH : Hydroperoxydes
mg : Milligramme.	TG : Triglycéride
ml : Millilitre.	TBHQ : Tertiary-butyl-hydro-quinone.
mm : Millimètre.	UV : Ultra-Violet.
Mol : Mole.	

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Noms communs de <i>Pistacia lentiscus</i>	4
Tableau 2 : Classification botanique du <i>Pistacia lentiscus</i>	4
Tableau 3 : Description botanique des différentes parites de la plante.....	7
Tableau 4 : Effets biologiques et pharmacologiques étudiés de <i>Pistacia lentiscus</i>	11
Tableau 5 : Sources alimentaires des principaux acides gras essentiels.....	22
Tableau 6 : Récapitulatif des conditions de récolte	29
Tableau 7 : Gamme d'étalon de l'acide gallique	34
Tableau 8: Indices de qualité de l'huile de <i>P.lentiscus L</i>	40
Tableau 9 : Evolution de l'indice de peroxyde d'huile de lentisque au de 35 jours de stockage.....	40
Tableau 10: Evolution de l'indice d'acidité de l'huile de lentisque au cours de 28 jours de stockage	46
Tableau 11: Evolution de l'extinction spécifique K_{232} de l'huile de lentisque au cours de stockage	50
Tableau 12: représente l'évolution de l'extinction spécifique K_{270} de l'huile de lentisque au cours de 35 jours de stockage.....	51

LISTE DES FIGURES

Figure 1 : Arbre du pistachier lentisque.....	3
Figure 2 : Aire de répartition de <i>Pistacia lentiscus</i> dans le monde	5
Figure 3 : Distribution de l'espèce <i>Pistacia lentiscus</i> en Algérie	5
Figure 4 : Différentes parties de plante <i>Pistacia lentiscus</i>	6
Figure 5 : Principe de l'extraction par une presse à vis	16
Figure 6 : Schéma généralisé du processus d'extraction à l'eau chaude	17
Figure 7 : Appareil d'extraction Soxhlet	17
Figure 8 : Système d'extraction assistée par ultrasons.....	18
Figure 9 : Schéma des réactions d'oxydation des lipides.....	23
Figure 10 : Classification des polyphénols	26
Figure 11 : Fruits murs de <i>P. lentiscus L</i>	29
Figure 12 : Conservation des fruits de <i>P. lentiscus L</i>	29
Figure 13 : Séchage des feuilles de <i>P. lentiscus L</i>	30
Figure 14 : Poudre fine des feuilles <i>P. lentiscus L</i> après broyage.....	30
Figure 15 : Extraction d'huile végétale à l'aide d'une presse à huile.....	31
Figure 16 : Protocole de préparation de l'extrait brut.....	32
Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.....	39
Figure 18 : Evolution de l'indice de peroxyde au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.....	44
Figure 19 : Evolution de l'indice d'acidité au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles	47
Figure 20 : Evolution du coefficient d'extinction à 232 nm au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.....	51
Figure 21 : Evolution du coefficient d'extinction à 232 nm au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.....	52

..

SOMMAIRE

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale1

Etude bibliographique

1 Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*).....3

1.1 Généralités3

1.2 Noms vernaculaires4

1.3 Taxonomie4

1.4 Répartition géographique5

1.5 Description botanique.....6

1.6 Activités biologiques de *Pistacia lentiscus*8

1.7 Utilisation thérapeutique et vertus du lentisque11

2 Huiles Végétales.....12

2.1 Définition.....12

2.2 Composition.....12

2.3 Classification12

2.3.1 Huiles officinales12

2.3.2 Huiles alimentaires.....13

2.3.3 Huiles industrielles.....13

2.4 Huile des fruits de *Pistacia lentiscus L.*13

2.4.1 Définition.....13

2.4.2 Composition.....13

2.4.3 Conservation d'huile de *pistacia lentiscus L.*.....15

2.5 Extraction de l'huile végétale15

2.5.1 Extraction par pressage (Procédés mécaniques)16

2.5.2 Extraction par solvant.....16

2.6 Enrichissement des huiles végétales18

2.6.1 Généralités18

2.6.2 Enrichissement par infusion18

2.6.3	Enrichissement par des extraits végétaux.....	19
2.6.4	Enrichissement par Co-traitement.....	19
2.6.5	Enrichissement par ultrasons	19
2.6.6	Enrichissement par micro-ondes.....	19
2.7	Bienfaits d'enrichissement de l'huile	19
1	Généralités sur les lipides.....	21
1.1	Définition et structure des lipides	21
1.2	Sources des lipides	21
2	Oxydation des lipides (lipooxydation)	22
2.1	Généralités sur l'oxydation des lipides	22
2.2	Mécanismes généraux de l'oxydation des lipides.....	22
2.3	Auto-oxydation des lipides.....	23
2.3.1	Initiation	23
2.3.2	Propagation.....	23
2.3.3	Terminaison	24
2.4	Facteurs influençant l'oxydation des lipides	24
2.5	Conséquences de la peroxydation des lipides.....	24
3	Système de défense non enzymatique contre la peroxydation	25
3.1	Antioxydants synthétiques.....	25
3.2	Antioxydants naturels.....	25
3.2.1	α -tocophérol (vitamine E).....	25
3.2.2	Composés phénoliques (polyphénols).....	26
3.2.2.1	Flavonoïdes	26
3.3	Mécanismes d'inhibition de la peroxydation lipidique par les polyphénols	27
3.3.1	Les chélateurs des métaux de transition par les polyphénols	27
3.3.2	Piégeage des radicaux libres	27
3.3.3	Inhibition des enzymes impliquées dans la production des radicaux libres	27

Matériel et méthodes

1	Matériel.....	28
1.1	Matériel biologique	28
1.1.1	Zone d'étude et matériel végétal.....	28
1.1.2	Séchage, broyage et conservation du matériel végétal.....	29

1.2	Matériel non biologique	30
2	Méthodologie	30
2.1	Extraction d'huile végétale de <i>Pistacia lentiscus</i>	30
2.2	Extraction des polyphénols des feuilles de <i>Pistacia lentiscus</i> par macération .	31
2.3	Dosage des polyphénols	33
2.4	Détermination des indices de qualité d'huile de lentisque	34
2.4.1	Indice de peroxyde	34
2.4.2	Coefficients d'extinction spécifique	36
2.4.3	Acidité libre	36
2.5	Enrichissement de l'huile de <i>Pistacia lentiscus</i>	38

Résultats et discussion

1	Dosage des polyphénols	39
2	Détermination des indices de qualité initiale de l'huile de lentisque	40
2.1	Indice de peroxyde (IP)	41
2.2	Indice d'acidité.....	41
2.3	Extinction spécifique	42
3	Test d'oxydation accéléré par étuvage à 60°C	43
3.1	Indice de peroxyde après stockage.....	43
3.2	Indice d'acidité après stockage	45
3.3	Coefficients d'extinction après enrichissement	49
	Conclusion générale	54

Annexe

Références bibliographiques

Résumé

INTRODUCTION GENERALE

Introduction générale

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie par leur richesse en acides gras indispensables, et participent à l'apport et au transport de vitamines liposolubles (vitamine E et D) et d'autres constituants d'intérêt nutritionnel comme des phyto stérols ou des composés phénoliques.

Ces huiles du fait de leur richesse en acides gras mono- et/ou polyinsaturées, sont sujettes à des réactions chimiques telles que l'auto-oxydation des acides gras (**Cuvelier M. E. et Maillard M. N., 2012**) qui favorise la détérioration et la réduction de la durée de conservation des huiles végétales, entraînant ainsi des changements organoleptiques (couleur, texture, odeur et des pertes de saveur) et certains composés tels que les vitamines et la dégradation partielle des acides gras indispensables ; ce qui conduit peu à peu à une perte de leur qualité (**Meziani S. et al., 2021**).

Cette auto oxydation dépend de plusieurs facteurs comme la composition initiale de l'huile, la présence et la teneur en composés mineurs à activité pro ou antioxydante (minéraux, tocophérols, carotènes, chlorophylles) et les conditions de stockage (**Dandjouma A. et al., 2008**).

En ce sens, une stabilité oxydative accrue des huiles peut être obtenue par l'ajout d'antioxydants naturels ou synthétiques ; par exemple, l'hydroxytoluène butylé (BHT) et l'hydroxyanisole butylé (BHA) qui sont des antioxydants synthétiques courants. Cependant, il a été révélé que ces composés peuvent être impliqués dans beaucoup de risques sanitaires y compris des dommages au foie et à des cancers. Pour cette raison l'intérêt des industries alimentaire, pharmaceutique et cosmétique pour l'enrichissement par les antioxydants naturels tels que les polyphénols a augmenté (**Maria del Pilar GM., 2020**). Ces molécules sont des métabolites secondaires des plantes qui se trouvent dans les différentes parties de ces dernières (fruits, feuilles, pelures, graines...) et présentent un effet protecteur ou ralentisseur contre l'oxydation des lipides (**Dagmey A., 2020**).

La flore algérienne est caractérisée par une diversité d'espèces de plantes aromatiques et médicinales, très utilisées en médecine traditionnelle depuis l'antiquité

INTRODUCTION GENERALE

pour traiter plusieurs pathologies (**Rahmani N. et Zouia S., 2016**), Parmi lesquelles cet arbre qui pousse à l'état spontané sur tout le bassin méditerranéen : porte le nom de pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus L.*) qui est connu pour ses vertus thérapeutiques (**Abdeldjelil M., 2016**) . En effet, un large éventail d'études ont montré la richesse de ses feuilles en métabolites secondaires notamment les polyphénols qui lui procurent ses différentes activités biologiques à savoir l'activité antioxydante (**Salhi A et al.,2019**).

Ainsi, l'huile végétale de cette plante est largement recommandé pour le traitement de plusieurs maladies telle que la diabète , traitement des douleurs d'estomac et aussi le traitement des troubles respiratoires et brûlures dermique (**Habibatni M Z., 2014**) .

Malgré sa large utilisation, aucune étude n'a été effectuée sur l'enrichissement de cette huile , c'est pourquoi, nous nous sommes intéressé dans notre travail à l'étude de l'impact d'enrichissement de l'huile du pistachier lentisque par les antioxydants naturels extraits des feuilles de la même plante sur la la qualité et la stabilité oxydative de ce dernier . D'une part, dans le but de la valorisation de ses composés et d'autre part, prolonger la durée de conservation de l'huile en réduisant l'oxydation des lipides.

Le présent travail est scindé en 3 parties :

- ☁ La 1^{ère} partie : est une étude bibliographique subdivisée en deux chapitres. Le premier chapitre porte sur des généralités de l'espèce étudié, les huiles végétales et les techniques d'extraction et d'enrichissement des huiles. Ensuite le second chapitre comporte tous ce qui concerne l'oxydation des lipides et les antioxydants.
- ☁ La 2^{ème} partie : est une partie expérimentale qui détaille le matériel et les méthodes utilisés 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.

ETUDE BIBLIOGRAPHIQUE

1 Pistachier lentisque (*Pistacia lentiscus*)

1.1 Généralités

Pistacia lentiscus est une plante décrite pour la première fois par le botaniste Linné en 1753 (Mecherara S., 2007) , le nom *pistacia* vient du grec pistakê et *lentisque* vient du latin lentus, qui signifie visqueux. Cet arbre est appelé ainsi car il est cultivé pour sa résine aromatique, et connue aussi par le nom mastic (Codif recherche et nature., 2012) , c'est une plante médicinale et aromatique appartenant à la famille Anacardiaceae d'origine méditerranéenne , (Bouyahya A. et al., 2019) qui est souvent associée à l'olivier dans l'ouest (Mecherara S., 2007) , elle est largement répandue en Algérie et utilisée surtout par la population rurale (Rodríguez P. et al., 2013).

Le lentisque est un arbre qui se distingue par plusieurs caractères comme la résistance à la pénurie d'eau, la résistance pendant de longues périodes à la haute température et au rayonnement solaire , certains auteurs le considèrent comme plante thermophile (Boudjemaa B. et al ., 2020).

En raison de sa valeur médicinale importante, le pistachier lentisque a été utilisé par des civilisations très anciennes, y compris les Grecs et les Egyptiens dans la médecine traditionnelle (Djerrou Z ., 2014) . En effet , cette plante (Figure1) est connue comme source très riche en métabolites secondaires auxquels reviennent ses activités biologiques et son utilisation dans divers domaines notamment pharmaceutiques et industriels (Hemma R .et al., 2018).



Figure 1 : Arbre du pistachier lentisque prise le : 30 /11/2020

1.2 Noms vernaculaires

Cette espèce possède plusieurs noms vernaculaires qui diffèrent d'une région à une autre (Djedaia S., 2017) ; décrites dans le **Tableau 1**.

Tableau 1 : Noms communs de *Pistacia lentiscus* (Benmehdi I., 2012) .

Nom scientifique	<i>Pistacia lentiscus</i> L
Nom français	Pistachier Lentisque ou arbre mastic
Nom anglais	Chios mastic tree
Nom arabe	Derw, Sareys , addraw
Nom kabyle ou berbère	Tidekth, Amadagh
Nom espagnol	Lentisco
Nom turque	pistache.
Nom italien	Lentischio, Lentisco, Sondro, Stinco
Nom allemand	Mastix baum
Nom dans l'est algérien	Gadhoun

1.3 Taxonomie

La taxonomie du Pistachier lentisque est décrite dans le **Tableau 2**.

Tableau 2 : Classification botanique du *Pistacia lentiscus* (Bakli S., 2020) .

Règne	Plantae
Embranchement	Spermatophyta
Sous embranchement	Angiospermae
Division	Magnoliophyta
Classe	Dicotylédones
Sous classe	Dialypétales
Ordre	Sapindales
Famille	Anacardiaceae
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Pistacia lentiscus</i> L.

1.4 Répartition géographique

Pistachier lentisque est un arbrisseau dioïque sauvage, thermophile, largement distribué dans les écosystèmes extrêmes de la région méditerranéenne (**Figure 2**). On la rencontre en Europe, Asie, et en Afrique jusqu'aux Canaries et au Portugal (**Chaabani E., 2020**). Cette espèce est adaptée au climat semi-aride de la méditerranée et qui pousse dans les maquis et les garrigues dans tout type de sols en préférant les terrains siliceux pauvres en potassium et en phosphore. (**Djerrou Z., 2011**).

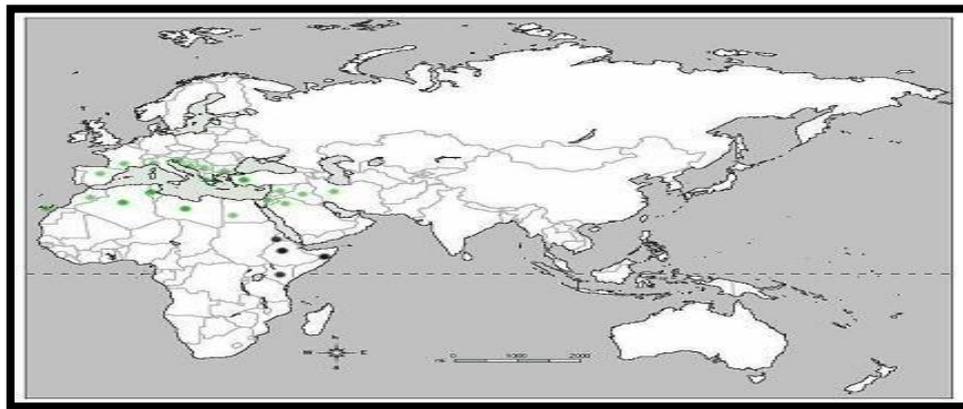


Figure 2 : Aire de répartition de *Pistacia lentiscus* dans le monde (**Bouabdelli Z., 2019**).

En Algérie, il occupe l'étage thermo-méditerranéen (**Figure 3**), plus précisément dans le bassin du Soummam en association avec le pin d'Alpe, le chêne vert et le chêne liège. Sa limite méridionale se situe aux environs de Saïda ; sa présence au sud de l'Atlas saharien n'est pas signalée (**Abdeldjelil M., 2016**).

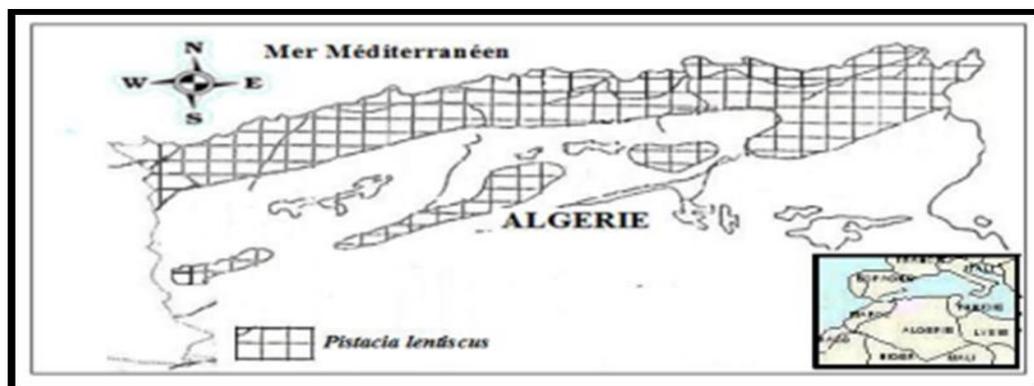


Figure 3 : Distribution de l'espèce *Pistacia lentiscus* en Algérie (**Quezel P. et Santa S., 1963**).

1.5 Description botanique

Pistacia Lentiscus est un arbuste à feuilles persistantes, avec des parties mâles et femelles, qui présente une forte odeur de résine, mesurant de 1 à 5 mètres. Il arrive à sa hauteur maximale à 40-50 ans. Dans les zones appropriées, qui lui permettent de pousser librement, il atteint souvent les 7 mètres de haut (Codif recherche et nature., 2012). La croissance de la plante se termine généralement en Août-Septembre et le cycle de développement se termine entre Novembre et décembre (Yosr Z. et al., 2018).

La description botanique des différentes parties de la plante est décrite dans le Tableau 3 et la Figure 4 .

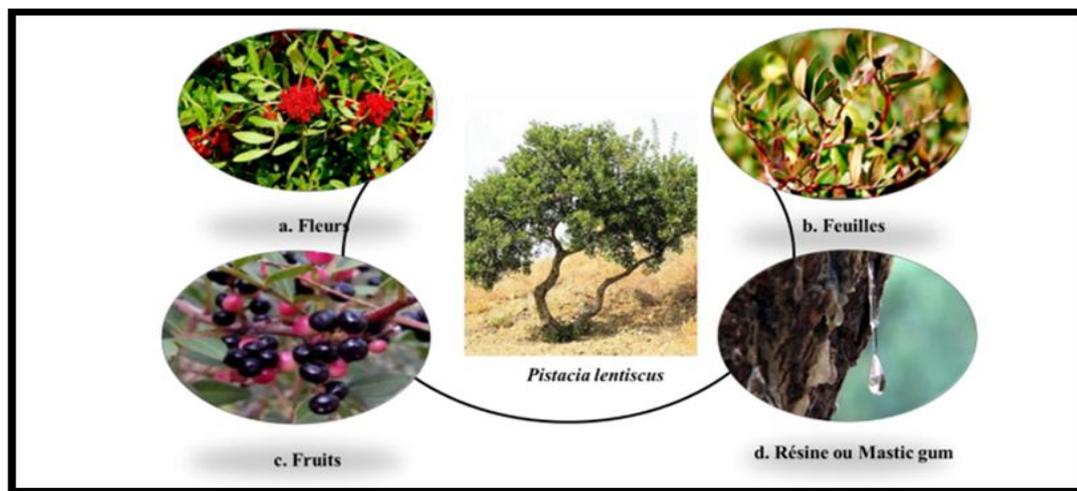


Figure 4 : Différentes parties de plante *Pistacia lentiscus* : a. fleurs, b. feuilles, c. fruits, d. résine ou mastic (Chaabani E., 2020).

Tableau 3 : Description botanique des différentes parties de la plante.

Les racines	Longues racines pivotantes qui pénètrent profondément dans le sol afin de puiser l'eau nécessaire à la plante, ce qui permet sa croissance tout en gardant son feuillage vert foncé même durant la sécheresse.	(Quezel P. et Medail F., 2003).
Ecorce et tronc	L'écorce de <i>Pistacia</i> est rougeâtre sur les jeunes branches, et deviennent gris quand l'arbre vieillit.	(Abdeldjelil M., 2016).
Les branches	Tortueuses et pressées, qui forment une masse serrée.	(Bougherara I., 2015).
Les feuilles	Possèdent un nombre pair de folioles d'un vert sombre, elliptiques, obtuses, luisantes en dessus, glabres, coriaces et dont le pétiole est bordé d'une aile verte.	(Hamiani A., 2018).
Les fleurs	Unisexuées d'environ 3 mm de large se présentent sous forme de grappe, et très aromatiques, forment des racèmes de petite taille à l'aisselle des feuilles. Les fleurs femelles sont vert jaunâtre et les fleurs mâles sont rouge foncé, la période de floraison a lieu de mars à mai.	(Harrat M., 2020). (Aissi O. et al., 2016).
Les fruits	La période de fructification a eu lieu au milieu et à la fin de l'été (Juillet-Août) et la maturation des fruits est achevée en automne (Octobre). Les fruits sont généralement une graine drupes (4--6 mm), d'abord vertes, puis rouges et deviennent noir brillant à pleine maturation (Septembre-Octobre). La perte de fruits a eu lieu pendant la fin de l'automne (Octobre-Novembre)	(Yosr Z. et al., 2018).
Le mastic	C'est une résine naturelle de couleur jaune clair transparente et en forme de larme (entre 4 à 5 kg par arbre), qui est obtenue en été par incision du tronc. La distillation de cette résine permet l'extraction d'une essence utilisée en parfumerie.	(Chaabani E., 2020).

1.6 Activités biologiques de *Pistacia lentiscus*

De nombreuses recherches effectuées sur les molécules contenues dans les différentes parties (feuilles, fruits, partie aérienne) de *Pistacia lentiscus* ont indiqué que cette plante possède de multiples activités biologiques (Chaabani E., 2020), on cite :

- **Activité antioxydante**

L'huile de *P. lentiscus* a montré un bon effet antioxydant avec une activité de piégeage des radicaux DPPH entre 21% et 35% (Boudjemaa B. et al., 2020) .

Bouyahya A .et al ., (2019) ont fait une étude sur le pouvoir antioxydant des huiles essentielles de fruits et de feuilles de *pistacia.L* et ils ont prouvé que l'HE des fruits (PLFEO) a présenté une capacité antioxydante remarquable que l'HE des feuilles (PLLEO).

Une autre étude a été faite par Salhi A . et al., (2019) sur l'activité antioxydante des différents extraits des feuilles de la plante, les résultats obtenus ont montré que les extraits polaires, qui sont riches en composés phénoliques, présentaient la plus forte activité antioxydante dans les tests DPPH et FRAP. Bakli S. et al., (2020) ont aussi évalué les activités antioxydantes de l'extrait de flavonoïdes obtenus à partir de feuilles de *P. lentiscus* et ils ont trouvé que ses substances possèdent une très bonne activité antioxydante (anti- radicalaire) par pièges les radicaux libres et chélatent les métaux.

D'autre part , lors de l'étude faite par Yemmen M .et al ., (2017) les auteurs ont comparé la capacité antioxydante des extraits obtenus de différentes parties de la plante (feuilles, fruits et la tige) par différentes méthodes et ils ont trouvé que l'extrait de feuilles a montré toujours une activité plus élevée par rapport à celui obtenu avec les autres extraits cela indique que les feuilles de lentisque sont riches en composés phénoliques.

- **Activité antimicrobienne et antifongique**

Depuis longtemps, *P.lentiscus* est connue pour ses effets antimicrobiens et antifongiques. Une étude a révélé que l'activité antibactérienne de l'huile extraite du mastic de *P. lentiscus* est très élevée contre *Escherichia coli*, *Staphylococcus aureus*, *Bacillus subtilis*. Cette huile a révéler aussi une activité antibactérienne sélective contre *Porphyromonas gingivalis* et *Prevotella melaninogenica* et avait une activité anti-

plaque sur les dents en inhibant la croissance bactérienne dans la salive (**Zitouni A., 2017**).

L'extrait aqueux des feuilles de *P. lentiscus* avait de la puissance antifongique de la griséofulvine contre les dermatophytes *Microsporum canis*, *Trichophyton mentagrophytes*, *Trichophyton violaceum* isolés de *tinea capitis* (**Landau S. et al., 2014**).

- **Activité anti-inflammatoire**

Plusieurs études ont prouvé le pouvoir anti-inflammatoire de *pistacia lentiscus*. **Qabaha K. et al. (2016)** ont trouvé que l'extrait de feuilles de cette plante a également montré une forte réduction de la production d'IL-6 et de TNF- α par les cellules Polymorphonucléaires induites par le LPS (lipopolysaccharide) ce qui indique les effets anti-inflammatoires importants de ses extraits et que cette propriété est due à leurs richesse en polyphénols. Aussi **Maxia A. et al. (2011)** ont indiqué que l'huile essentielle de *P. lentiscus* a inhibé de manière significative le développement de la masse des granulomes et également la synthèse de cytokines pro-inflammatoires telles que le TNF- α , l'IL-1 et l'IL-6 qui jouent un rôle critique dans les processus d'inflammation.

- **Activité anticancéreuse et cytotoxicité**

Les travaux menés par **Bouyahya A. et al. (2019)** ont rapporté que l'HE de fruits (PLFEO) et l'HE de feuilles (PLLEO) de *pistacia lentiscus* ont montré une importante activité antiproliférative. Cependant, les effets cytotoxiques présentés par PLFEO contre certaines lignées de cellules cancéreuses sont plus importants que les effets exprimés par PLLEO et que La différence entre les effets cytotoxiques enregistrés par le PLFEO et le PLLEO est probablement attribuée à la composition chimique et à la sensibilité des lignées cellulaires testées.

Il a été prouvé que non seulement l'HE de *P.lentiscus* qui a cette capacité mais aussi la gomme de *P.Lentiscus* contient des composés qui inhibent la prolifération et induisent l'apoptose des cellules cancéreuses du côlon chez les humains (**Otmami Y. et Slimani M., 2018**).

- **Activité antidiabétique et hypolipémiante**

Ur Rehman M .et al.,(2015) ont démontré dans leur étude *in vivo* sur les rats que la gomme de mastic a un effet hypoglycémiant et entraîne une normalisation de la glycémie sanguine. Il a été également prouvé qu'elle provoque la libération d'insuline par les cellules du pancréas, et que son effet est comparable à celui de glibenclamide. Aussi le traitement de rats diabétiques avec de la gomme de mastic a entraîné une réduction de la concentration des transaminases (ASAT, ALAT) dans le plasma. Cette étude montre que la gomme brute de *P. lentiscus* agit comme un anti diabétique et un effet hépato-protecteur.

Une autre étude faite par Cherbal A .et al.. (2017) sur l'activité antidiabétique et hypolipémiante de l'extrait de feuilles de cette plante , ont montré une augmentation de l'insuline plasmatique et une diminution des taux des lipides sériques, aussi les auteurs ont trouvé un effet inhibiteur de l'activité de l' α -amylase.

Djerrou Z., (2014) a aussi montré que l'huile de *P.lentiscus* possède des propriétés anti-hyperlipidémiques, en réduisant le cholestérol total, le cholestérol LDL et les triglycérides. Cette propriété peut être attribué à sa richesse en acide oléique.

Les différentes propriétés biologiques des produits de la plante sont résumées dans le **Tableau 4** .

Tableau 4 : Effets biologiques et pharmacologiques étudiés de *Pistacia lentiscus*.

Effet	Produits étudiés	Référence
Anti Inflammatoire	Mastic	(Maxia A .et al., 2011) .
	Feuilles	(Qabaha K .et al., 2016).
Anti proliférative	Mastic	(Balan K .et al., 2007).
Antioxydant	Feuilles	(Mikhail Olugbemiro N. al., 2013) .
	Feuilles et/ou fruits	(Hemma R. et al., 2018).
	Résine	(Assimopoulou A.et al., 2005).
Antimicrobienne	Feuilles	(Chekoual et al., 2015) .
Anti mutagénèse et anti cancéreuse	Fruits	(Afef A. et al., 2007).
Anti diabétique	Feuilles	(Cherbal A. et al. ,2017).
Anti ulcerogénique	Feuilles	(Afef D. et al. ,2013).
Hepatoprotective	feuilles et fruits	(Mehenni C. et al., 2016).

1.7 Utilisation thérapeutique et vertus du lentisque

Le lentisque est connu pour ses propriétés médicinales depuis l'antiquité (Ait Mohand B. et al., 2020). Il est largement utilisé pour traiter diverses maladies : hypertension, ulcère, eczéma, diarrhée et infections de la gorge (Aissi O.et al., 2016). Dans la région méditerranéenne, le *P. lentiscus* avec toutes ses parties, les racines, les

feuilles, les fruits ont été traditionnellement utilisées pour un large éventail d'objectifs (Khedir S. et al., 2017).

Le mastic de *Pistacia* a été utilisé par les guérisseurs traditionnels pour le soulagement des douleurs abdominales, des maux d'estomac, de la dyspepsie et de l'ulcère gastroduodéal. Plusieurs études ont également signalé que l'huile essentielle des parties aériennes de *P. lentiscus* possède des propriétés antifongiques et antibactériennes appréciables (Bammou M. et al., 2015).

2 Huiles Végétales

2.1 Définition

Les huiles végétales sont des corps gras liquides à la température de 15°C; caractérisées par leur insolubilité dans l'eau et solubilité dans les solvants organiques (éthers, hexane, benzène) (Lecerf J-M., 2011), ces huiles se trouvent enfermées dans les cellules oléifères sous forme de petites gouttes. (Salas J. et al., 2009), et s'extraient naturellement par compression à froid ou à chaud des matières qui les contiennent.

2.2 Composition

Une huile végétale est constituée majoritairement de triglycérides, d'acides gras, accompagnés de substances lipidiques auxiliaires non glycéridiques, comme les hydrocarbures saturés ou insaturés, des phytostérols, des alcools terpéniques, des alcools gras, des vitamines (ex. vitamine E). A côté de ces lipides, dits simples, on retrouve aussi dans les huiles une quantité de lipides complexes, comme les phospholipides et les glycolipides (Guichard C., 1967). Les huiles végétales n'ont cependant pas une composition fixe, car elles varient selon les arrivages, la génétique, la culture des plantes et les saisons (Evrard J. et al., 2007).

2.3 Classification

D'après Guichard C. (1967), selon l'utilisation finale des huiles, on distingue :

2.3.1 Huiles officinales

Ce sont des huiles utilisées dans un but thérapeutique ou cosmétique. Elles sont exclusivement obtenues par expression à froid. Il s'agit d'huile vierge de première pression.

2.3.2 Huiles alimentaires

Ce sont des huiles destinées à être utilisées par le secteur agro-alimentaire, obtenues par expression des graines oléagineuses, à froid ou à chaud. Elles peuvent subir des traitements de raffinage pour éliminer les pigments, les substances odorantes, à goût insipide et d'autres contaminants.

2.3.3 Huiles industrielles

Ce sont des huiles de qualité moindre utilisées par différents secteurs industriels (peintures, lubrifiants, détergents, biocarburants). Elles sont le plus souvent obtenues par extraction par solvant (hexane).

2.4 Huile des fruits de *Pistacia lentiscus* L.

2.4.1 Définition

Huile de lentisque est extraite du fruit comestible qui peut fournir 38,8 % de leur poids liquide épais de couleur vert. Elle n'est entièrement liquide qu'à la température de 32 et 34 °C (Belfadel F., 2009). La teneur en matières grasses brutes des fruits de *Pistacia lentiscus* varie de 32,8% pour les fruits noirs (mûrs) à 11,70% pour les fruits rouges. Ainsi, le fruit noir peut être considéré comme une graine oléagineuse ayant des teneurs élevés en matières grasses comme c'est le cas pour l'arachide, l'olive, le tournesol et le coton (Charef M. et al., 2008). Le rendement en huile varie de 11,95% (fruits non mûrs) à 45,97% (fruits trop mûrs) ; une différence liée à une augmentation progressive de la teneur en huile des fruits de *Pistacia lentiscus* au cours du processus de la maturation du fruit (Abddeldjelil M., 2016).

2.4.2 Composition

L'huile de lentisque est caractérisée par la présence des acides gras insaturés (mono et polyinsaturés) et des acides gras saturés, la fraction insaponifiable contient des tocophérols, des stérols et des composants phénoliques (Charef M. et al., 2008).

▪ Acides gras

La classe prédominante d'acides gras dans l'huile de *P. lentiscus* L. est représentée par les AGMI qui ont une activité antihypercholestérolimante, suivie par les AGS et AGPI. Les acides gras insaturés (essentiellement l'acide oléique (53,50 à 65,00%) et l'acide linoléique (17,60 à 28,50%)) représentent un pourcentage total de 78,80%, l'acide palmitique est le composé majoritaire des acides gras saturés, son

pourcentage varie de 16,30% à 19,50% (**Charaf M. et al., 2011**) . D'autres acides sont présents sous forme de traces tels que les acides palmitoléique, stéarique, linoléique, arachidique et gadoléique (**Trabelsi H. et al., 2012**).

▪ Triglycérides

Les triglycérides représentent 90 à 99% de lipides simples apolaires, ce sont des triples esters d'acide gras (AG) et de glycérol (**Cuvelier M E . et Maillard M N., 2012**). Dans l'huile de lentisque, les TG se présentent sous des formes mono et polyinsaturées. Les principaux constituants sont stéaroyloleoyl-linoleoylglycerol et palmitoyl-dioleoylglycérol suivie par stéaroyl-dilinoeoylglycérol et palmitoyl-oleyl-linoleoylglycérol avec des quantités moindres de trioyleglycero, oyleyl-dilinoeoylglycerol, dipalmitoyl-oleylglycerol, palmitoyl-dilinoeoyl-glycérol, Oyleyl-dilinoeoyl-glycérol, dipalmitoyllinoeoylglycérol et trilinoeoyl-glycérol (**Dhifi W. et al., 2013**).

▪ Phospholipides

Les phospholipides sont des esters du glycérol dont les positions sn-1 et sn-2 sont estérifiées par des AG et la fonction alcool en sn-3 est naturellement estérifiée par un acide phosphorique lui-même associé à un sucre (inositol) ou une amine (choline, éthanolamine, sérine) (**Belfadel F., 2009**). Sur trois populations de fruits de *P. lentiscus L.* ; quatre classes de glycérophospholipides (PL) ont été détectées: l'acide phosphatidique (PA), la phosphatidyléthanolamine (PE), le phosphatidylglycérol (PG) et le phosphatidylinositol (PI) (**Trabelsi H. et al., 2012**).

▪ Tocophérols

Les tocophérols, ce que l'on appelle habituellement la vitamine E, constituent les antioxydants liposolubles naturels (**Iserin P., 2005**) qui participent à la conservation des huiles grâce à leur capacité à piéger les radicaux libres (**Reboul E. et al., 2007**). Ils se trouvent sous quatre formes isomériques α , β , γ et δ . L' α -tocophérol représentait 93.62 % de tocophérols totaux dans l'huile de lentisque. Les isomères β et γ constituaient 5.79, 0.59 % respectivement tandis que le δ -tocophérol n'a pas été détecté (**Dhifi W. et al., 2013**).

▪ Stérols

Les stérols végétaux, également connus sous le nom de phytostérols, sont des graisses communes à toutes les plantes supérieures (**Bouic P-J. et Lamprecht J-H., 1999**). Dans toutes les étapes de maturation de baies de lentisque seulement quatre

stérols ont été identifiés et quantifiés ; β -sitostérol a été le principal, suivis par campestérol. Le cholestérol et stigmastérol ont été détectés en quantités infimes (Trabelsi H .*et al.*, 2012). Le β -sitostérol est reconnu par son activité anticholestérolémique et dans le traitement de l'hyperplasie de la prostate (Corbiere C., 2003).

▪ Polyphénols

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires végétaux présentant un ou plusieurs cycles benzéniques portant une ou plusieurs fonctions hydroxyles (Urquiaga I . et Leighton F.,2000). D'après Belhachat D. *et al.* (2017), le contenu phénolique total obtenu d'extrait de baies de lentisque est de 955,28 mg d'AGE/g. Plusieurs rapports ont montré une relation étroite entre le contenu phénolique total et une activité antioxydante élevée (Farasat M. *et al.*, 2014).

▪ Minéraux

Le minéral le plus abondant dans l'huile de lentisque est le Na (25.36 mg/100g), suivi de K, Ca, Mg, Fe et Cu (Dhifi W. *et al.*, 2013). Ces minéraux jouent un rôle important dans le corps humain ; ils interviennent dans la transmission nerveuse, l'équilibre osmotique et acido-basique du fluide corporel, comme cofacteur dans plusieurs réactions du métabolisme des glucides, substances essentielles dans la structure du squelette et des dents et la coagulation du sang (Hasan H. *et al.*, 2011).

2.4.3 Conservation d'huile de *pistacia lentiscus L*

Les huiles se conservent à l'abri de la lumière et de la chaleur et dans les endroits frais afin d'éviter leur polymérisation. Le temps du stockage est généralement de 18 à 36 mois (CuvelierM. et Maillard N.,2012).

2.5 Extraction de l'huile végétale

L'extraction est une opération ancienne utilisée pour retirer, des plantes et de certains organes d'animaux, des produits alimentaires, pharmaceutiques ou odoriférants, sous forme de breuvages, drogues ou parfums (Van C.,2011) .

De nombreuses méthodes d'extraction sont spécifiquement utilisées dans le cas des lipides des matières végétales. On en cite, en tout premier lieu le pressage à plaque ou à vis. L'extraction par soxhlet, l'extraction assistée par micro-ondes et/ou ultra-sons, l'extraction par fluide supercritique, etc.

2.5.1 Extraction par pressage (Procédés mécaniques)

L'extraction de l'huile par des presses mécaniques est la méthode la plus conventionnelle. Dans cette méthode, on utilise soit une presse manuelle à bélier, soit une presse à vis entraînée par un moteur pour extraire l'huile (**Figure 5**). Il a été observé que la presse à bélier peut extraire environ 60%-65% de l'huile, tandis qu'une presse à vis motorisée peut extraire environ 68%-80% de l'huile (**Baskar G. et al., 2019**).

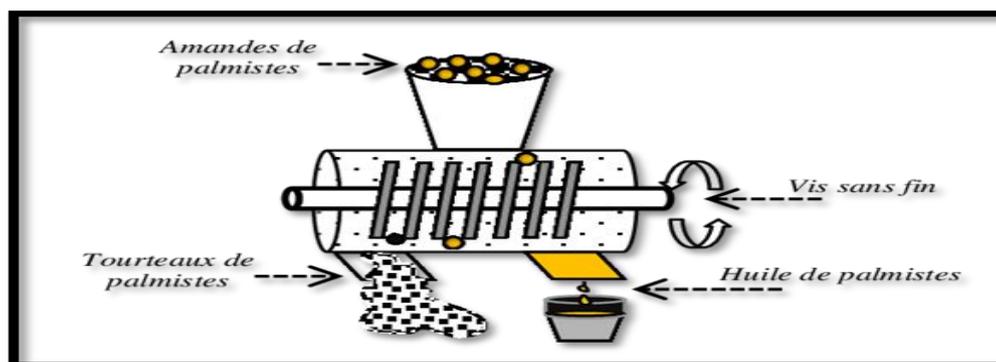


Figure 5 : Principe de l'extraction par une presse à vis (**Ghislain Mengata M.et Adolphe Moukengue I., 2016**).

2.5.2 Extraction par solvant

L'extraction par solvant est le processus d'élimination d'un soluté à partir d'un solide en utilisant un solvant liquide ; il est appelé extraction solide-liquide (**Atabani E. et al., 2013**).

En outre, cette méthode a un impact négatif sur l'environnement en raison de la production d'eaux usées, d'une consommation d'énergie spécifique plus élevée et d'une émission plus importante de composés organiques volatils, mais elle a moins d'impact sur la santé humaine (**Baskar G. et al., 2019**).

Il existe trois méthodes d'extraction de ce type :

- **L'extraction à l'eau chaude.** : c'est un processus d'extraction basé sur le travail du pionnier Dr Karl Clark qui a utilisé une combinaison d'eau chaude, de vapeur et de caustique pour séparer le bitume du pétrole (**Figure 6**). Ce procédé est basé sur l'ajoute de l'hydroxyde de sodium à la boue de sables bitumineux pour faciliter le processus d'extraction. (**Jeeravipoolvarn S., 2005**).

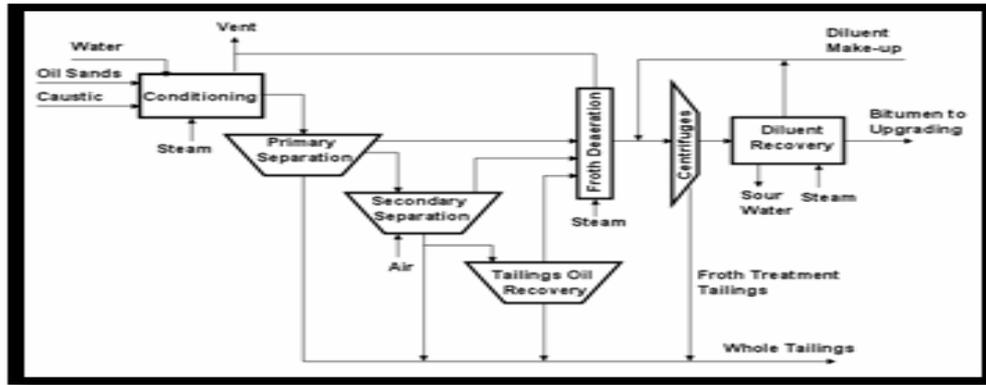


Figure 6 : Schéma généralisé du processus d'extraction à l'eau chaude (Jeeravipoolvarn S., 2005).

- Extraction par soxhlet :** a été nommé d'après son investisseur Franz von Soxhlet en 1879. L'appareil de Soxhlet était chauffé en fonction du type de solvant utilisé, et fondamentalement il fonctionne sur la polarité du solvant et de l'échantillon. Lorsque le solvant est en ébullition, la vapeur s'élève par le tube vertical jusqu'au condensateur situé au sommet, de sorte que le condensat liquide s'égoutte dans le dé à filtre en papier au centre, qui contient l'échantillon solide à extraire. L'extrait passe à travers les pores de la cartouche et remplit le tube du siphon (Figure 7), (Shamsuddin N .et al., 2015).

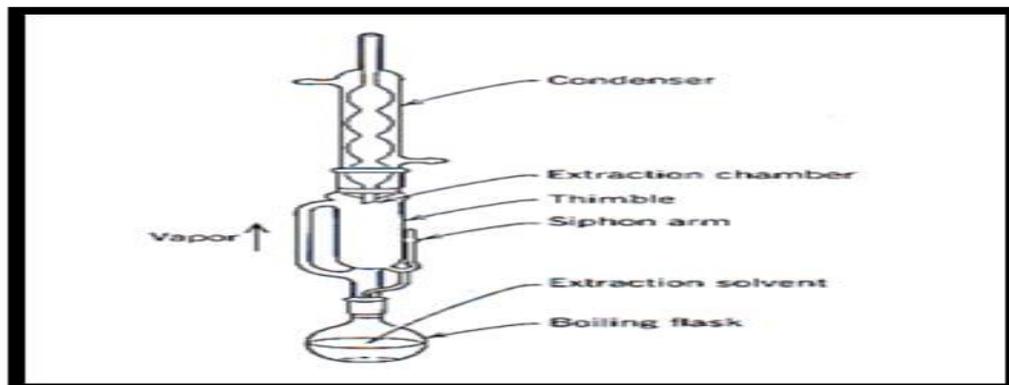


Figure 7 : Appareil d'extraction Soxhlet (Shamsuddin N .et al., 2015).

- Technique d'ultra sonication :** Afin d'étudier l'effet de la fréquence des ultrasons, un générateur d'ultrasons de type cornet fonctionnant à une fréquence de 24 kHz et une puissance électrique variable allant jusqu'à 450 W (Dr Hielscher UP400S, Allemagne). a été utilisé au sommet du réacteur. Le générateur d'ultrasons équipé d'une sonde à pointe plate en alliage de titane (2 cm de diamètre). La puissance ultrasonore est réglée à 280 W (89,17 W/cm² Pendant la sonication le récipient est recouvert d'un pendant la

sonication le récipient recouvert d'un couvercle pour éviter l'évaporation du solvant (Figure 8), (Moradi N. et al., 2018) .

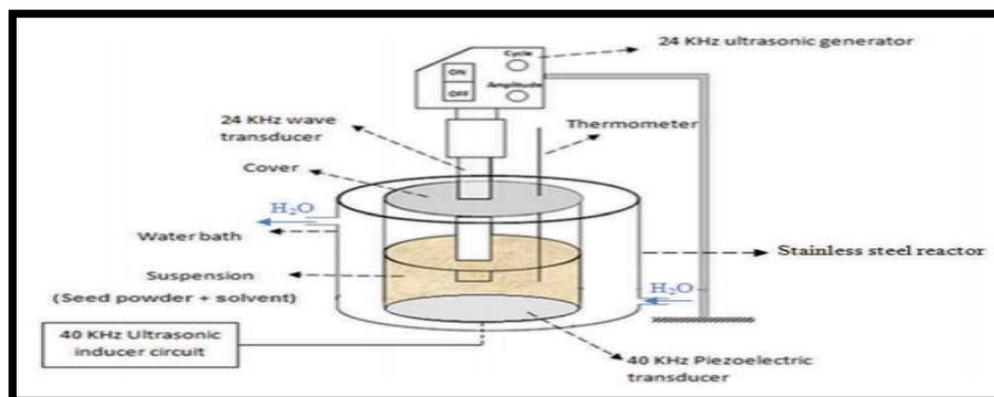


Figure 8 : Système d'extraction assistée par ultrasons (Moradi N. et al., 2018).

2.6 Enrichissement des huiles végétales

2.6.1 Généralités

Depuis les temps les plus anciens, les grandes civilisations ont eu recours aux plantes médicinales pour leurs propriétés thérapeutiques, cosmétiques, chimiques, diététiques, pharmaceutiques, agro-alimentaires et industrielles (Lahsissene H. et al., 2009). Ces plantes représentent un réservoir immense de composés potentiels attribués aux métabolites secondaires qui ont l'avantage d'être d'une grande diversité de structure chimique et ils possèdent un très large éventail d'activités biologiques (Zeghad N., 2009).

La combinaison des plantes médicinales avec l'huile d'olive est très connue par leur effet bénéfique sur la composante en antioxydants. Ce qui a fait, l'objet de plusieurs travaux récents qui consistent à l'évaluation de l'activité antioxydante d'huile avant et après l'enrichissement par ces plantes et leur effet sur la stabilité de l'huile.

Un grand nombre de substances biologiques peuvent être potentiellement utilisées pour enrichir l'huile d'olive principalement des feuilles ou des grignons d'olive (Reboredo-Rodríguez P. et al., 2017) ainsi que par des plantes et des légumes. L'enrichissement est assuré par différents procédés :

2.6.2 Enrichissement par infusion

Une méthode de macération traditionnelle pour enrichir l'huile qui consiste à dissoudre des matériaux naturels contenant des antioxydants et des composés

aromatiques tels que les herbes, les épices et les fruits (**Baiano A. et al., 2009**), dans la phase huileuse, requérant une durée de temps prolongée et une température ambiante (**Caponio F. et al., 2016**).

2.6.3 Enrichissement par des extraits végétaux

Implique l'extraction des composés cibles à partir de leurs matières premières comme la margine, les épices et les herbes (**Gharby S. et al., 2014**) et les incorporer pour être dissous dans l'huile (**Delgado-adámez J. et al., 2014**).

2.6.4 Enrichissement par Co-traitement

Une méthode moins utilisée repose sur l'ajout des herbes ou d'autres matières végétales à la pâte des olives broyées avant l'étape de malaxation ou pendant le broyage lors de l'extraction de l'huile (**Reboredo-Rodríguez P. et al., 2017**).

2.6.5 Enrichissement par ultrasons

La méthode a été développée par **Japón-Luján R. et De Castro M., (2008)**. Les ultrasons ont été appliqués pour améliorer l'extraction des produits naturels à partir du matériel végétal, principalement à travers le phénomène de la cavitation. L'effet mécanique des ultrasons est censé accélérer la libération des composants bioactifs dus à la perturbation de la paroi cellulaire (**Achat S. et al., 2012**).

2.6.6 Enrichissement par micro-ondes

Une méthode qui accélère le processus de transfert des composés bioactifs par les énergies auxiliaires de micro-ondes dans l'huile, permet d'augmenter le rendement, diminue la quantité de solvant nécessaire et réduit le temps de traitement (**Malheiro R. et al., 2012**).

2.7 Bienfaits d'enrichissement de l'huile

Le développement de ces huiles fonctionnelles peut aider à prévenir les maladies chroniques et améliorer la qualité de vie, sa richesse en antioxydants, comme les polyphénols, en particulier, et d'autres constituants permettent de prévenir et de traiter les maladies cardiovasculaires, les cancers, le diabète, les maladies neuro-dégénératives, l'inflammation et le vieillissement, l'obésité (**Wahrburg U. et al., 2002**).

Ils sont dotés d'une activité antimicrobienne et jouent aussi un rôle important dans le renforcement du système immunitaire et la protection de certains tissus et

organes contre les dommages oxydatifs: cerveau, foie, globules sanguins, etc..
(Benlemlih M .et al., 2016).

1 Généralités sur les lipides

1.1 Définition et structure des lipides

Les lipides constituent la matière grasse des êtres vivants qui forment un ensemble hétérogène de composés dont les structures chimiques et les propriétés physico-chimiques sont très différentes contrairement aux autres familles de composés biogènes (**Zakkad F ., 2017**).

Selon la définition qui repose sur la propriété physique de ces molécules qui est la solubilité ; les lipides sont des molécules organiques insolubles dans l'eau et solubles dans les solvants organiques apolaires comme l'alcool, le benzène et le chloroforme. Cette propriété est la conséquence d'une composition riche en chaînes aliphatiques non hydroxylées (**Harrat M., 2020**).

Selon la nouvelle définition qui repose sur la nature chimique, les lipides sont les petites molécules hydrophobes ou amphipathiques (ou amphiphiles) partiellement ou entièrement issues de condensation de thioesters et/ou unités isoprènes (**Yaya S ., 2014**).

1.2 Sources des lipides

La graisse est la plus souvent extraite du tissu adipeux et des graines d'animaux. Cependant, les lipides sont présents dans tous les tissus vivants. Leur quantité et leur qualité dépendent de leurs sources animales et végétales (**Lefebvre S ., 2017**).

Selon **Belfadel F., (2009)** les lipides pouvant avoir deux origines distincts :

- **Source végétale** : les graisses d'origine végétale sont d'excellente qualité. Parmi les , on distingue les huiles «fluides», liquides à température de 15° C (arachide, olive, tournesol, colza, soja, maïs, pépins de raisin, etc.) et les huiles «concrètes», solides à la température de 15° C (palme, coprah).
- **Source animale** : Les graisses animales sont soit d'origine laitière (lait, crème, beurre, fromage), soit apportées (viandes et poissons consommés) ou extraites des animaux terrestres (saindoux de porc, suif de bœuf, suif de mouton, graisse d'oie et de canard) ou marins (huile de hareng, sardine, saumon, etc.).

Les différentes sources alimentaires des principaux acides gras essentiels sont décrites dans le **Tableau 5** :

Tableau 5 : Sources alimentaires des principaux acides gras essentiels (Lefebvre S., 2017).

Acides gras	Principales sources
Acide linoléique (18:2n-6)	Huiles végétales (Tournesol, soja, maïs, olive) lard, graisse de volaille.
Acide arachidonique (20:4-6)	Beurre, graisse animale, huile de Poisson.
Acide α -linoléique (18:3n-3)	Huile de soja, huile de poisson, huile de maïs.
Acide eicosapentaénoïque (20:5n-3)	Huile de poisson

2 Oxydation des lipides (lipooxydation)

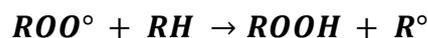
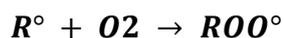
2.1 Généralités sur l'oxydation des lipides

De manière générale, l'oxydation non enzymatique des acides gras polyinsaturés (AGPI) est la principale responsable des phénomènes de rancissement, de perte de vitamines (E et C notamment) et de formation de composés toxiques, dont certains aldéhydes, dans les aliments. Cette lipoperoxydation peut avoir lieu à tout stade de préparation, stockage, utilisation ou consommation des aliments. Ce phénomène est très dépendant de la nature du précurseur lipidique : la peroxydation des lipides est d'autant plus favorisée que le nombre de doubles liaisons est élevé (Keller j.,2016).

2.2 Mécanismes généraux de l'oxydation des lipides

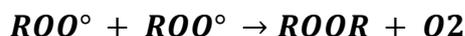
L'oxydation des lipides peut résulter de plusieurs voies réactionnelles en fonction du milieu et des agents initiateurs (Figure 9) :

- L'auto-oxydation catalysée par la température, les ions métalliques, les radicaux libres .
- La photo-oxydation, initiée par la lumière en présence de photosensibilisateurs.
- L'oxydation enzymatique initiée par la lipoxygénase (Eymard S ., 2003) .



2.3.3 Terminaison

Au cours de l'étape de terminaison, les radicaux formés réagissent entre eux pour former un produit qui n'est pas un radical libre. Toute réaction qui empêche la propagation de la peroxydation ou élimine les radicaux libres du système joue un rôle clé dans le mécanisme de terminaison. Les antioxydants casseurs de chaîne, tels que les composants phénoliques, réagissent avec les radicaux lipidiques et forment des radicaux non réactifs, arrêtant la chaîne de propagation. Des exemples d'antioxydants phénoliques comprennent les tocophérols, l'hydroquinone butylée et le gallate de propyle (Morales M., et Przybylski R., 2013).



2.4 Facteurs influençant l'oxydation des lipides

Les facteurs qui influencent ou qui initient l'oxydation des lipides sont de deux types:

- ❖ Des facteurs intrinsèques tels que la composition en acides gras des lipides (nombre et position des insaturations), la présence de pro-oxydants (ions métalliques, enzymes, etc.) ou d'antioxydants naturels (tocophérols, caroténoïdes, etc.).
- ❖ Les facteurs externes tels que la température, la lumière, la pression partielle en oxygène, l'activité de l'eau, les conditions de stockage et de transformation (Coulibaly I. et al., 2011).

2.5 Conséquences de la peroxydation des lipides

Le rancissement oxydatif des acides gras est un phénomène chimique, spontané, évolutif, irréversible et altératif. Il peut entraîner des conséquences majeures :

- La dégradation des qualités nutritionnelles, sensorielles et physiques des aliments.
- Le développement de plusieurs pathologies, telles que des désordres intestinaux chroniques, l'artériosclérose, l'athérogenèse, les maladies neurodégénératives et

divers types de cancer ; si les produits issus de l'oxydation sont consommés pendant longtemps (Dridi W ., 2016)

- Les composés riches en AGPI (corps gras alimentaires, cosmétiques) subiront des modifications organoleptiques (rancidité, acidité, modification de la couleur avec apparition de brunissement).
- Des conséquences nutritionnelles vont résulter de l'oxydation de nutriments (disparition des vitamines A, E, C, oxydation d'acides aminés). Enfin des composés toxiques (peroxydes, époxydes, aldéhydes et mutagènes) vont s'accumuler dans les aliments. (Cillard J . et Cillard P ., 2006) .

3 Système de défense non enzymatique contre la peroxydation

Les antioxydants naturels et synthétiques sont utilisés pour retarder la détérioration oxydative des lipides surtout des huiles végétales raffinées sensibles à l'oxydation (Meziati S. et *al.*, 2021) parce qu'après une période de latence plus ou moins longue, appelée aussi période d'induction, l'oxydation se manifeste par une réduction significative de la qualité de l'huile ou des produits alimentaires dans lesquels elle est incorporée (Cuvelier M. E., et Maillard M .N., 2012) .

3.1 Antioxydants synthétiques

Les antioxydants synthétiques utilisés dans l'industrie alimentaire sont : le butylhydroxyanisole (BHA), le butylhydroxytoluène (BHT), le gallate propylée (PG) et le tétrabutylhydroquinone (TBHQ). Cette famille de substances antioxydantes est relativement limitée, puisqu'elle correspond à des corps étrangers au milieu biologique (humain comme animal), donc biochimiquement suspects (Charef M ., 2011) .

3.2 Antioxydants naturels

3.2.1 α -tocophérol (vitamine E)

L'alpha- tocophérol est la forme la plus active de la classe des tocophérols . Lors de l'initiation de la peroxydation lipidique, suite à une attaque radicalaire, l'alpha-tocophérol, connu comme inhibiteur de la propagation lipidique, cède son hydrogène situé dans le noyau phénolique, et constitue par ce biais le seul antioxydant liposoluble assurant cette protection (Zitouni A ., 2017) .

3.2.2 Composés phénoliques (polyphénols)

Les polyphénols sont des molécules organiques hydrosolubles largement retrouvées dans le règne végétal. Ils sont issus du métabolisme secondaire des plantes. Ils sont principalement synthétisés par la voie du shikimate. (Guillouty A., 2016).

Parmi les bioactivités notables des composés phénoliques, l'activité antioxydante a été largement étudiée, notamment en piégeant les radicaux libres, en inhibant l'oxydation des lipides et en réduisant la formation d'hydroperoxydes. De nombreuses expériences in vitro ont prouvé que les composés phénoliques sont les principaux composés de la capacité antioxydante des plantes (Saiah H., 2017).

Les polyphénols sont classés en deux groupes : les composés flavonoïdes et les composés non flavonoïdes. Les composés flavonoïdes sont divisés en diverses familles : flavonols, flavanols, flavones, isoflavones, flavanones et anthocyanes. Les non flavonoïdes sont regroupés en acides phénols et dérivés, lignanes et stilbène (Figure 10) (Guillouty A., 2016).

3.2.2.1 Flavonoïdes

Les flavonoïdes constituent le groupe le plus important des polyphénols de plus de 6 000 composés naturels; ces pigments sont responsables de la coloration des fleurs, des fruits et des feuilles aussi sont susceptibles d'assurer la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV (Harrat M., 2020).

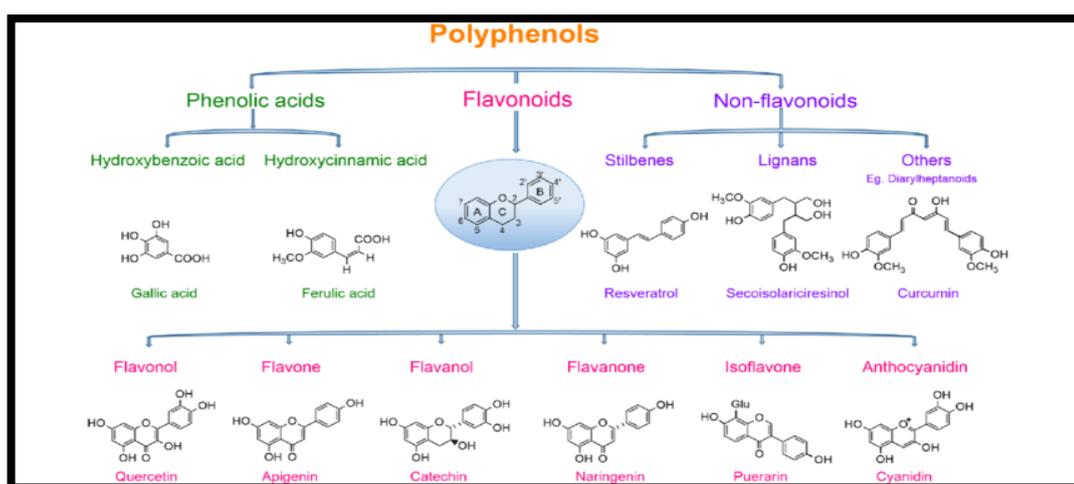


Figure 10 : Classification des polyphénols (Rambaran T., 2020).

3.3 Mécanismes d'inhibition de la peroxydation lipidique par les polyphénols

3.3.1 Les chélateurs des métaux de transition par les polyphénols

Les composés phénoliques possèdent des groupes hydroxyles (OH) et carboxyles (COOH), capables de se lier en particulier à des ions de fer. Cette capacité générale de chélation des ions de fer des polyphénols est probablement liée au caractère nucléophile élevé des cycles aromatiques (**Eun Young K. et al., 2011**). On cite comme exemple de ces composés phénoliques : les flavonoïdes qui sont de bons antioxydants par chélation du fer (**Cillard J., et Cillard P., 2006**).

3.3.2 Piégeage des radicaux libres

La réduction de divers radicaux par les polyphénols a été beaucoup étudiée afin de déterminer les éléments majeurs de l'activité antioxydante. Grâce à leur faible potentiel redox, les polyphénols, plus particulièrement les flavonoïdes (FI-OH), sont thermodynamiquement capables de réduire rapidement les radicaux superoxydes, peroxydes (ROO•), alkoxydes (RO•) et hydroxyle par transfert d'hydrogène (**Nkhili E., 2009**).

3.3.3 Inhibition des enzymes impliquées dans la production des radicaux libres

La xanthine oxydase est considérée comme une source biologique importante du radical superoxyde. Les flavonoïdes peuvent agir sur l'activité de la xanthine oxydase et peuvent faire régresser la maladie de la goutte, en réduisant à la fois les concentrations d'acide urique et celles du radical superoxyde dans les tissus humains. Les flavonoïdes sont également aussi capables d'inhiber les enzymes responsables de la production des ERO, la lipoxygénase et la cyclooxygénase (**Sebaihi S., 2010**).

MATÉRIEL ET MÉTHODES

L'objectif de notre étude est l'évaluation de la stabilité de l'huile des graines de pistachier lentisque et l'effet d'extrait de polyphénols des feuilles de lentisque sur cette stabilité. Cette partie englobe l'étude expérimentale qui est organisée comme suit :

- ✓ Extraction d'huile végétale à partir des fruits de *Pistacia lentiscus*.
- ✓ Préparation des extraits méthanoïque à partir des feuilles de *Pistacia lentiscus*.
- ✓ Dosage de polyphénols des extraits préparés.
- ✓ Enrichissement de l'huile par les composés phénoliques des feuilles
- ✓ Etude de la stabilité d'huile par les indices de qualité d'huile végétale (coefficient d'extinction, indice d'acidité et indice peroxyde).

Toutes les étapes d'extraction et d'évaluation des indices de qualité et la stabilité d'huile ont été effectuées au sein du laboratoire d'obtention de substances thérapeutiques (LOST) de l'université des Frères Mentouri Constantine 1, de la période allant du mois de Février au mois de Mai 2021.

Pistacia lentiscus est la plante qui a fait l'objet de la présente étude, le choix a été justifié par le fait que cette espèce soit parmi les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle pour traiter de nombreuses maladies, aussi par le fait qu'il s'agit d'une espèce très abondante localement et relativement peu étudiée en Algérie.

1 Matériel

1.1 Matériel biologique

1.1.1 Zone d'étude et matériel végétal

Le matériel végétal utilisé comprend les branches, les feuilles, les fruits noirs ou semi noirs (mûrs) de *P. lentiscus* dans son habitat naturel au niveau des régions de Skikda et Jijel . Les informations concernant les origines des échantillons, les dates de leurs collectes, les natures de fruits ont été répertoriées dans le **Tableau 6** . nous avons étudiée ces deux régions pour l'objectif d'avoir une bonne quantité et un bon rendement d'huile de lentisque.

Cette collecte s'est faite en période hivernale entre le mois de Novembre et le mois de Décembre 2020 (saison de cueillette du fruit et de l'extraction d'huile).

Tableau 6 : Récapitulatif des conditions de récolte .

Nom botanique	Date de récolte	Lieu	Organes	Stade de maturation	Milieu végétatif
<i>Pistacia lentiscus</i>	Novembre	Flifla	Fruits	Semi noir	Forêt
			Feuilles		
	Décembre	El Milia	Fruits	Noir	Forêt

1.1.2 Séchage, broyage et conservation du matériel végétal

- **Les fruits :** ont une pigmentation semi-noire ou noire tout en évitant le stade vert ou rouge (**Figure 11**). Ce dernier stade de maturité dit précoce, pourrait influencer le rendement de production d'huile ainsi que sa conservation, les fruits ont été lavés à l'eau courante immédiatement pour éviter d'éventuelles contaminations, ensuite ils ont été égouttés et séchés, puis mis dans des bocaux en verre, hermétiques, enveloppés de papier aluminium. Une étiquette portant la date de prélèvement, la région est collée sur chaque bocal (**Figure 12**).

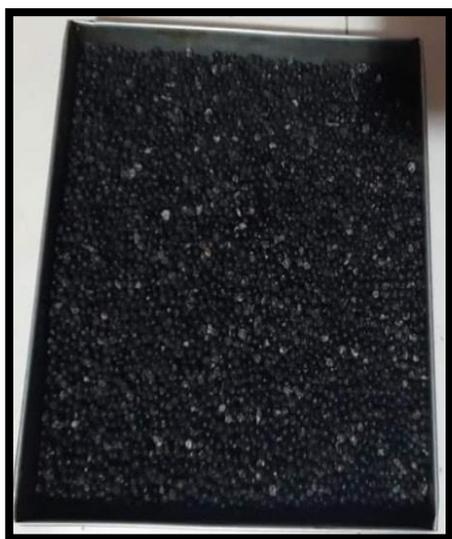


Figure 11 : Fruits murs de *P. lentiscus L.*



Figure 12 : Conservation des fruits de *P. lentiscus L.*

- **Les feuilles :** ont été nettoyées ensuite séchées à l'abri de la lumière et l'humidité (**Figure 13**). Une fois séchée, les feuilles sont broyées ensuite tamisées afin

d'obtenir une poudre fine (**Figure 14**). Cette dernière est conservée dans des bocaux en verre, fermés, étiquetés et stockés à l'abri de la lumière jusqu'à son utilisation.



Figure 13 : Séchages des feuilles de *P. lentiscus L.*



Figure 14 : Poudre fine des feuilles *P. lentiscus L.* après broyage.

1.2 Matériel non biologique

Le matériel non biologique utilisé pour réaliser cette étude est composé de verrerie, d'équipements et d'appareils. Il comprend aussi un ensemble de réactifs et produits chimiques.

2 Méthodologie

2.1 Extraction d'huile végétale de *Pistacia lentiscus*

Les fruits séchés de *Pistacia lentiscus* ont subi une extraction à froid à l'aide d'une presse à huile (**Figure 15**), afin d'obtenir une huile végétale pure et des tourteaux comme déchets.



Figure 15 : Extraction d'huile végétale à l'aide d'une presse à huile.

L'huile obtenue a été stockée dans des bouteilles en verre bien remplies (95% de leur capacité), hermétiquement fermées et gardées à l'abri de la lumière jusqu'à l'utilisation.

2.2 Extraction des polyphénols des feuilles de *Pistacia lentiscus* par macération

Des méthodes d'extraction classiques ont été utilisées durant plusieurs années telles que la macération dont l'objectif est de libérer les composés phénoliques et les flavonoïdes de la structure vacuolaire où ils sont trouvés, en rompant le tissu végétal par un processus de diffusion (Wang w .et al., 2008) . La macération consiste à mettre en contact un solide et un liquide et de séparer grâce au liquide un ou plusieurs composés solubles «les solutés» (Boizot N. & Charpentier J., 2006).

• Mode opératoire

L'extraction a été réalisée selon le protocole décrit par Diallo D. et al.,(2004). 100g de la poudre des feuilles ont été mis à macérer dans 500 ml du solvant (méthanol) sous agitation magnétique pendant 24 h à l'abri de la lumière pour extraire les principes actifs, ensuite filtrés sous vide. Le filtrat est récupéré alors que le précipité subi une deuxième et troisième macération dans les mêmes conditions pour extraire le maximum des principes actifs (polyphénols). Les trois filtras sont regroupés et évaporées à l'aide du rotavapor à une température de 40°C. L'extrait obtenu est récupéré sous forme d'une pate dans une boîte de pétri en verre, qui sera placée sous la hotte à l'air libre et à l'abri de la lumière pour bien s'assurer que les résidus du solvant vont s'évaporer (Figure16).

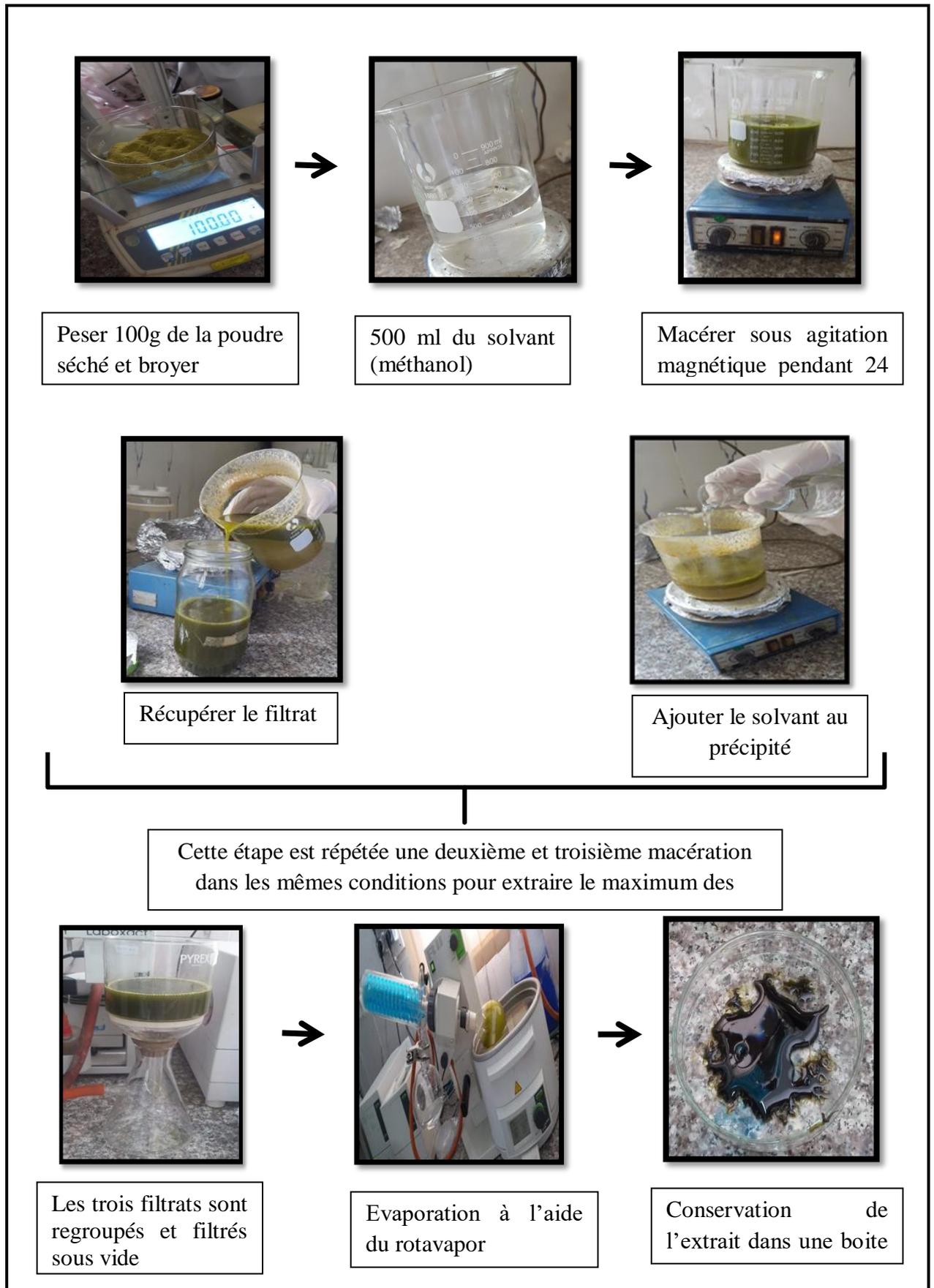


Figure 16 : Protocole de préparation de l'extrait brut.

2.3 Dosage des polyphénols

- **Principe**

Le dosage des polyphénols totaux est déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique de dosage sur microplaque décrite par **Müller L. et al., (2010)**, en utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu qui, en milieu alcalin, est réduit en oxyde de tungstène et de molybdène donnant une couleur bleue en présence de polyphénols (**Khantouche L. & Abderabba M., 2018**). Ce dosage est basé sur la quantification de la concentration totale des groupements hydroxy présents dans l'extrait (**Ali-Rachedi F. et al .,2018**). La coloration bleue produite est proportionnelle à la teneur en phénols totaux et possède une absorbance maximale aux environs de 750 - 765nm.

- **Mode opératoire**

- ✓ **Préparation de l'extrait de la plante et l'extrait du standard**

Une masse de 2mg d'extrait des polyphénols est dissoute dans un volume de 1ml de méthanol. Un volume de 0.4ml de chaque extrait est déposé dans un tube à essai, en ajoutant ensuite 2ml de FCR dilué (1/10) et 1,5ml de carbonate de sodium (7,5%) . Le mélange est incubé à l'obscurité pendant 2h ensuite une lecture est réalisée à 765 nm. Un blanc est préparé de la même manière en remplaçant l'extrait par le solvant utilisé (méthanol).

- ✓ **Préparation de la gamme d'étalon de l'acide gallique**

Les dilutions de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique sont préparées à partir d'une solution mère S1 (0,1 mg de l'acide gallique dissout dans 5 ml de méthanol) d'une concentration de 0,2 mg/ml .

Des dilutions de la solution mère sont réalisées selon le **Tableau 7**.

Tableau 7 : Gamme d'étalon de l'acide gallique .

Tubes	Concentrations (acide gallique)	Solution mère	Méthanol
1	25 µg/ml	25µl	175µ
2	50 µg /ml	50 µl	150µl
3	75 µg/ml	75 µl	125µl
4	100 µg/ml	100µl	100µl
5	125µg /ml	125µl	75 µl
6	150 µg /ml	150µl	50 µl
7	175 µg /ml	175µl	25µl
8	200 µg /ml	200 µl	/

Après la préparation des dilutions, un volume de 20µl de chaque dilution est transféré dans une microplaque puis 100µl FCR (1/10) et 75µl de Na₂CO₃ (7,5%) sont additionnés. La microplaque est incubée pendant 2h et lue à une longueur de 765nm.

2.4 Détermination des indices de qualité d'huile de lentisque

2.4.1 Indice de peroxyde

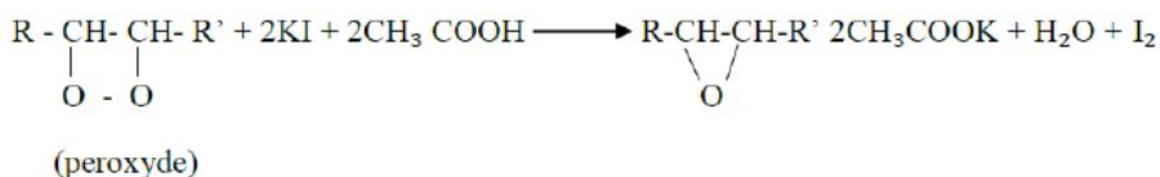
L'indice de peroxyde est la quantité de peroxyde présente dans l'échantillon, exprimée en milliéquivalents d'oxygène actif contenu dans un kilogramme de produit, oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. L'indice de peroxyde nous permet d'évaluer l'état de la fraîcheur d'huile. Pour déterminer l'indice de peroxyde, nous avons appliqué la méthode (NT ISO .,2017).

- **Principe**

Repose sur le titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) , présence d'empois d'amidon comme indicateur coloré (**voir annexe**) , les acides gras insaturés s'oxydent en donnant des peroxydes selon la réaction suivante :



Sur une molécule de peroxyde, une molécule d'oxygène est fixée. Sur les deux atomes d'oxygène fixés ; un seul est actif et est capable d'oxyder les iodures selon la réaction suivante :



- **Mode opératoire**

- ❖ 2 g d'huile de lentisque est pesé.
- ❖ mélangé avec 10ml de chloroforme (dichlorométhane); le tout est agité. 15 ml d'acide acétique glacial ainsi que 1ml d'iodure de potassium (KI) sont ajoutés.
- ❖ Le mélange est agité pendant 1 minute et laissé reposer pendant 5 minute à l'abri de la lumière et à une température de 15 à 25°C.
- ❖ 75 ml d'eau distillée sont additionnés suivi d'un titrage de l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0.01 N en agitant vigoureusement et en employant la solution d'amidon (1g/100 ml) comme indicateur jusqu'à disparition de la couleur. Un essai à blanc est effectué simultanément. L'indice de peroxyde en milliéquivalent d' O_2/kg est calculé selon l'équation :

$$\text{Indice de peroxyde} = (V-V') \times N \times 1000/m \text{ (még d'O}_2/\text{Kg)}$$

Ou :

V : Le volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la prise d'essai.

V': Le volume de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

N : La normalité de la solution de thiosulfate de sodium utilisé.

m : La masse de la prise d'essai en grammes.

2.4.2 Coefficients d'extinction spécifique

- **Principe**

L'extinction spécifique à 232nm et à 270nm d'une huile peut être considérée comme une image de son état d'oxydation. Plus son extinction à $\lambda_{:232}$ nm est forte, plus elle est peroxydée. De même plus l'extinction à $\lambda_{:270}$ nm est forte, plus elle est riche en produits d'oxydation secondaires et traduit une faible aptitude à la conservation (NT ISO 3656 ., 2011).

- **Mode opératoire**

- ✓ Une prise de 0,25 g de l'huile est dissoute dans 25 ml de cyclohexane.
- ✓ Après homogénéisation, l'absorbance de la solution de matière grasse est mesurée dans une cuve de quartz par rapport à celle du solvant utilisé à l'aide d'un spectrophotomètre U.V/Visible (JENWAY 6300 spectrophotomètre) aux longueurs d'onde spécifiques de 232 et 270 nm.

Les extinctions spécifiques rapportées aux différentes longueurs d'onde sont calculées comme suit :

$$E = A\lambda / C * l$$

E : extinction spécifique à la longueur d'onde λ ;

A λ : absorbance mesurée à la longueur d'onde λ ;

C : concentration de la solution en gramme par 100 millilitres ;

l : épaisseur de la cuve en centimètre (1cm).

2.4.3 Acidité libre

C'est un facteur important pour évaluer la qualité d'une huile, il est largement utilisé à la fois comme un critère classique de classification commerciale des huiles vierges, aussi un facteur qui renseigne sur l'altération de l'huile par hydrolyse. En effet, dans les huiles végétales, les acides gras naturels sont essentiellement présents sous forme de triglycérides (Gharby S .et al., 2014).

- **Principe**

Dans une matière grasse, l'acidité résulte uniquement de la présence de carboxyles appartenant à des acides gras



Le dosage peut être direct ; une masse m de corps gras est dissoute dans un mélange éthanol-éther préalablement neutralisé par de la potasse alcoolique, en présence de phénol phtaléine qui donne une coloration rose qui se disparaît lors du titrage (**voir annexe**). L'acidité libre est dosée par la potasse alcoolique titrée, en présence de phénol phtaléine. Cette méthode présente l'inconvénient de placer la potasse alcoolique dans la burette.

L'indice d'acidité permet d'apprécier la quantité d'acides gras libres, RCOOH , résultant d'une hydrolyse éventuelle de triglycérides.

- **Mode opératoire**

Dans une fiole d'Erlenmeyer, verser:

- ✓ 10 ml de potasse alcoolique 0.2 N
- ✓ 10 ml de l'huile à examiner
- ✓ Ajouter à la solution 2 à 3 gouttes de phénolphtaléine;
- ✓ Titrer avec la solution d'acide chlorhydrique 0,2 N jusqu'à ce que la couleur rose disparaisse et obtenir une décoloration stable (30 secondes).

$$\frac{(v_t - v_e) \times C_{\text{HCl}} \times \text{MKOH}}{m_{\text{Huile}}}$$

V_e : Volume de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée pour l'essai à blanc.

V_t : Volume de la solution titrée d'acide chlorhydrique utilisée pour la détermination.

C : Concentration exacte, en moles par litre, de la solution titrée d'acide chlorhydrique.

m : masse en grammes, de la prise d'essai.

2.5 Enrichissement de l'huile de *Pistacia lentiscus*

La procédure d'enrichissement de l'huile d'olive est réalisée suivant la méthode décrite par **Bouaziz M. et al., (2008)**.

Une quantité d'extrait des feuilles a été pesée puis dissoute dans un volume approprié d'environ 200 µl d'éthanol pur afin d'obtenir la concentration de l'huile en extrait désiré. Dans notre étude l'huile est enrichie à une concentration de 100 ppm. Après l'ajout de l'extrait, les huiles sont agitées aux ultrasons pendant 30 min pour une dissolution complète des extraits dans l'huile. La même procédure est suivie pour l' α -tocophérol utilisé comme standard à une concentration de 100 ppm.

La résistance à l'oxydation ne peut être mesurée véritablement que par des essais pratiques de conservation. Mais ceux-ci en raison de leur durée, il faut donc avoir recourt à des essais accélérés d'oxydation. Le traitement thermique forcé par l'étuve chauffante. Le principe de la méthode consiste en une oxydation du corps gras par l'étuve à une température précise 60°C tout en augmentant la durée du traitement (**Besbes S. et al., 2004**). La mise en évidence de l'oxydation est montrée par mesure de l'indice de l'acidité, l'indice de peroxyde, les K_{232} et K_{270} en fonction du temps, ces tests ont été effectués à des intervalles réguliers de 7jours (J₇, J₁₄, J₂₁, J₂₈, J₃₅).

*RESULTATS ET
DISCUSSION*

Afin de valoriser les feuilles de *pistacia lentiscus* comme source d'antioxydant naturel ainsi pour déterminer les effets de ce dernier sur la stabilité d'une huile. Nous avons effectué cette présente étude, les différents résultats obtenus sont présentés ci-dessous .

1 Dosage des polyphénols

Il n'existe aucune méthode permettant de doser de manière satisfaisante et simultanée l'ensemble des composés phénoliques présents dans un extrait végétal brut (Bensaci M. & Hadj mokhnache M., 2015). Néanmoins, une estimation peut être obtenue par différentes méthodes. La méthode de Folin-Ciocalteu est très sensible mais malheureusement peu spécifique, car beaucoup de composés réducteurs non phénoliques peuvent interférer tels que les caroténoïdes et la vitamine E (Kahkonen M P. et al .,1999), cependant elle reste la méthode la plus employée.

L'extrait méthanolique des feuilles de *P.lentiscus* de notre étude a montré une teneur en polyphénols de 147,53 µg.GAE/mg d'extrait. Ce résultat est déterminé à partir d'une courbe d'étalonnage établie avec des concentrations croissantes en acide gallique (Figure 17) et elle est exprimée en micro gramme d'acide gallique par milligramme d'extrait.

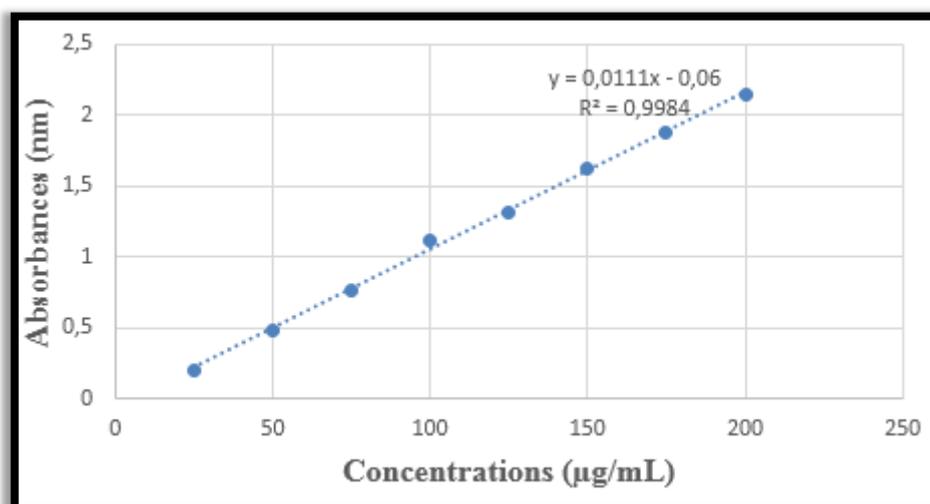


Figure 17 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

Notre résultat est supérieur aux résultats trouvés par Salhi A. et al., (2019) , Itratni Gh.,(2016) qui sont respectivement de l'ordre de 36.94 ± 1.35 mg GAE/g d'extrait méthanolique , $119,77 \pm 3,2$ mg GAE/g d'extrait aqueux . .

Cependant , **Hemma R. et al., (2018)** , **Dahmoune F. et al., (2014)** et **Saiah H., (2017)** ont rapporté des résultats plus élevés à celui de notre échantillon , avec des valeurs respectivement de : $323.5 \pm 0,28$ mg GAE /g d'extrait méthanolique , 185.69 ± 18.35 mg GAE/g d'extrait éthanolique , et 223.21 ± 1.52 mg GAE/g d'extrait hydro-alcoolique.

Cette divergence de résultats est probablement tributaire au matériel végétal utilisé décrivant la grande diversité structurale des composés phénoliques , et même aux facteurs abiotiques tels que le climat spécifique aux régions de provenance des échantillons, les facteurs géographiques comme l'altitude et la nature du sol (**Bakli S., 2020**). En outre, la température et le solvant d'extraction jouent un rôle dans le rendement en polyphénols obtenus (**Cherfi K. & omani S., 2016**).

2 Détermination des indices de qualité initiale de l'huile de lentisque

Il existe plusieurs manières pour définir la qualité d'une huile végétale, ainsi le Conseil Oléicole International (C.O.I, 1996) et le règlement de la Commission Européenne (C.E.E 2568/91, 1991) ont défini la qualité d'huile, en se basant sur les paramètres qui incluent l'indice de peroxyde, l'indice d'acidité, les coefficients d'extinction spécifique K_{232} et K_{270} , ainsi que les caractéristiques sensorielles.

Les indices de qualité de l'huile de lentisque sont présentés dans le **Tableau 8** .

Tableau 8: Indices de qualité de l'huile de *P.lentiscus L.*

Indices de qualité	Résultats	Normes		
		COI 2015	CEE 2013	CODEX FAO 2013
Indice de peroxyde	$1,325 \pm 0,375$	≤ 20	≤ 20	≤ 10
Acidité	$0,003 \pm 0,004$	0.8-3.3%	0.8-2%	<1
K_{232}	$0,465 \pm 0,005$	Max 2 ,6	2,5-2,6	0.22-0.3
K_{270}	$0,006 \pm 0,003$	Max 2,00	0.22- 0.25	

2.1 Indice de peroxyde (IP)

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

Cet indice mesure le degré de rancidité des matières grasses après une exposition à l'air. Cette dernière va entraîner la formation de peroxydes à partir des acides gras non saturés (Kandji N., 2001). L'oxydation d'une huile commence après que les fruits soient cueillis de l'arbre, et continue pendant leur stockage et traitement. Les corps gras peuvent s'oxyder en présence d'oxygène et de certains facteurs (température élevée, eau, enzyme, traces de métaux : Cu, Fe...). Ces facteurs agissent sur les doubles liaisons des acides gras insaturés pour former des peroxydes et des hydro peroxydes (Cimato A., 2013). En effet, les bonnes pratiques d'hygiène et de fabrication auront un impact positif sur la teneur des peroxydes justes après l'extraction (Chekroun N., 2013).

La valeur de l'indice peroxyde déterminée dans notre étude pour l'huile de lentisque est de $1,325 \pm 0,375$ méq d'O₂/Kg, cette valeur est conforme aux exigences des normes commerciales (Tableau 8). Cette faible valeur pourrait être liée à l'action des antioxydants qui lui confèrent une stabilité oxydative. La valeur obtenue dans notre étude est proche de celle trouvée par Boukeloua A. (2009) avec un pourcentage de 1,12 (méq d'O₂/Kg) sur l'huile extraite des fruits de la région de Skikda. Cependant notre résultat est inférieur à celui obtenu par Merzougui I., (2015) (5,39 méq d'O₂/Kg) sur un échantillon d'huile extraite des fruits de la région d'El-Kala.

Cet indice est élevé dans les huiles extraites traditionnellement par rapport à celles extraites mécaniquement. Ceci est indiqué par les normes du codex alimentaires qui a fixé une valeur inférieure à 10 méq de peroxydes/kg d'huile pour une huile pressée à froid qui est le cas de notre étude.

2.2 Indice d'acidité

L'acidité est la quantité d'acides gras libres résultant des réactions hydrolytiques enzymatiques ou chimiques, des chaînes d'acides gras. C'est un paramètre considéré comme un critère de qualité et de pureté d'une huile végétale depuis longtemps, ce qui permet de rendre compte de l'état et les

conditions de conservation d'une huile (matériau utilisé, durée, température, etc.). Il peut aussi nous renseigner sur la susceptibilité de l'huile à subir des altérations (**Bouamara K. et Haddad S., 2016, Tahire K., 2018**).

La valeur d'acidité de notre échantillon est égale à 0.003 le résultat est conforme aux normes de **CODEX (2013) CEE (2013) et COI (2015) (Tableau 8)**. D'après le codex alimentaire, une huile de bonne qualité doit présenter une acidité faible ou nulle, par conséquent nous pouvons considérer que l'huile utilisée dans cette étude est de haute qualité et peut-être classée dans la catégorie des huiles extra vierges.

La valeur de notre étude présente la plus faible valeur d'acidité par rapport à celles d'autres études développées par **Djedaia S., (2017)** qui est de ($A\% = 2,345$), **Djerrou Z., (2014)** ($A\% = 7 \pm 0.3$), **Habibatni M Z., (2014)** ($A\% = 8.5$) et **Bensalem G.,(2015)** de la région El-Milia et Skikda qui sont respectivement de 3.361% et 6.728 %.

La faible acidité de notre échantillon peut être liée à la qualité des graines, la manière de la récolte, les bonnes conditions de conservation des graines et de l'huile aussi à la technique d'extraction à froid qui influence positivement sur la qualité d'huile. De même **Charef M., et al. (2008)** ont signalé que les baies mures de couleur noire renferment un taux d'acides gras libres plus bas par rapport aux baies non encore mures de couleur rouge ; ce qui confirme notre résultat.

2.3 Extinction spécifique

L'extinction spécifique des huiles dans l'ultraviolet constitue un paramètre important de leur qualité (**Tchiégang C. et al., 2004**).

Tous les corps gras naturels contiennent de l'acide linoléique en quantité plus ou moins importante. L'oxydation d'un corps gras conduit à la formation d'hydro peroxyde linoléique qui absorbe la lumière au voisinage de 232 nm. Si l'oxydation se poursuit, il se forme des produits secondaires d'oxydation, en particulier des dicétones et des cétones insaturées qui absorbent la lumière vers 270 nm (**Esmail M., 2012**).

L'extinction spécifique à 232 nm et à 270 nm d'un corps gras peut donc être considérée comme une image de son état d'oxydation. Plus son extinction à 232 nm est forte, plus il est peroxydé ; plus celle à 270 nm est forte, plus il est riche en produits secondaires d'oxydation. Ce qui traduit une faible aptitude à la conservation (Karoui I .et al., 2020 , Esmail M., 2012). Les résultats exprimés dans le **Tableau 8** montrent que les valeurs des extinctions spécifiques pour l'huile étudiée varient entre $0,46 \pm 0,005$ et $0,006 \pm 0,0003$ pour le K_{232} et K_{270} respectivement. A partir des résultats obtenus, on note que notre échantillon a des valeurs d'absorbance K_{232} et K_{270} inférieures aux limites supérieures fixées par la norme **COI (2,5-2,6)**.

Nos valeurs sont supérieures à celles trouvées par **Belhachat D., (2019)** ($K_{232} = 0.114$) pour l'huile de lentisque la même espèce à la région de Bouira et inférieures aux valeurs obtenues par **Belhachat D., (2019)** (0.267 pour le K_{270}) et **Merzougui I., (2015)** ($K_{232} = 3,969$ et $K_{270} = 0,488$) lors d'une étude effectuée sur des fruits de lentisque récoltés de la région d'El Kala.

D'après ces critères de qualité, on constate que notre huile est de bonne qualité, cela est en relation avec les bonnes conditions de stockage, de transport et de récolte (fruits récoltés à la main contrairement à la récolte qui se fait par gaulage provoquant des blessures des fruits) (**El Antari et al., 2000**),

3 Test d'oxydation accéléré par étuvage à 60°C

Afin de voir l'effet de l'enrichissement sur la stabilité oxydative de l'huile de lentisque, un test d'oxydation accéléré a été réalisé. Ce test rend compte de l'altération des corps gras par oxydation. L'évolution de l'état d'oxydation est estimée par l'indice de peroxyde et l'extinction spécifique à 232 et 270 nm.

3.1 Indice de peroxyde après stockage

Pour la commercialisation d'une huile végétale, sa durée de vie est essentielle pour déterminer un écart de temps séparant la production et la consommation. Pour protéger le consommateur, la législation exige, plusieurs paramètres pouvant décrire l'état d'oxydation d'une huile (**Gharby S .et al., 2014**). L'indice de peroxyde constitue l'un des critères de qualité des huiles, la norme fixe la valeur maximale de cet indice à 10 Méq O₂/Kg d'huile.

Tableau 9 : Evolution de l'indice de peroxyde d'huile de lentisque au de 35 jours de stockage

Indice de peroxyde (moyenne ± écart type)						
Jours	Huile témoin		Huile + polyphénols		Huile+ α -tocophérol	
	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type	moyenne	Ecart type
7	1,5	0,5	0,55	0,45	0,25	0,02
14	1,875	1,15	2,875	0,125	1,5	0,5
21	4,4	0,25	2,45	1,25	2,95	0,25
28	6,275	0,64	4,025	0,175	4,9	0,5
35	7,25	0,23	4,9	0,1	5,675	0,815

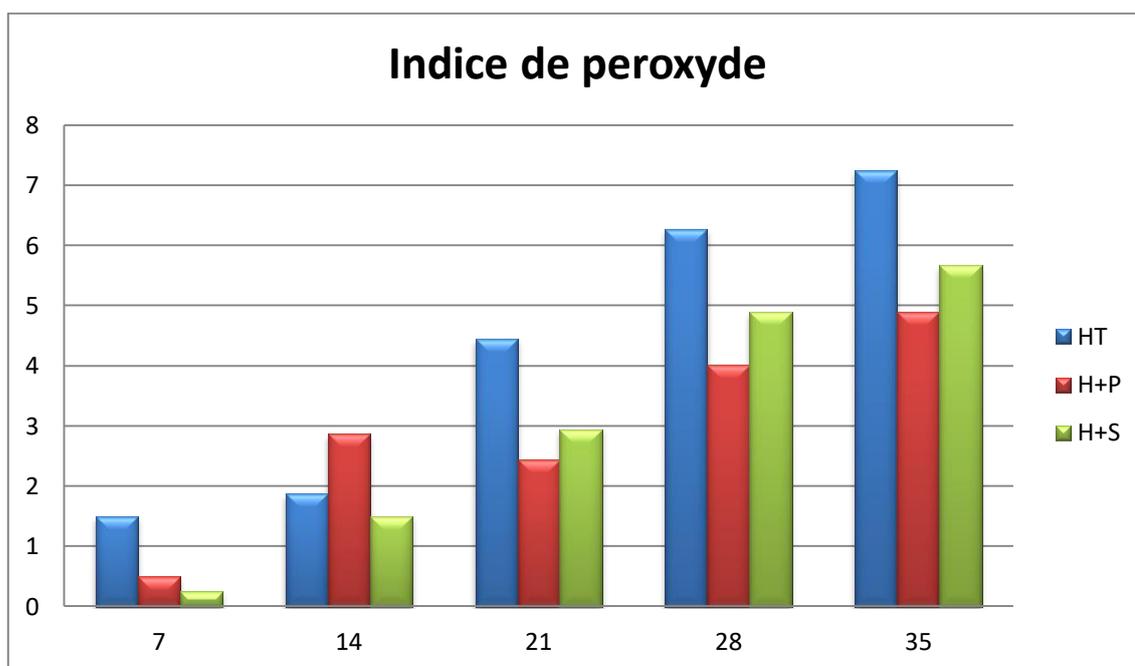


Figure 18 : Evolution de l'indice de peroxyde au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.

Au bout de 35 jours de stockage on constate une augmentation continue (**Figure 18**) de l'indice de peroxyde (IP) de l'huile de lentisque en fonction du temps pour tous les échantillons, ceci explique l'influence de la durée de stockage et la température 60 °C sur l'oxydation de l'huile. Ce qui fait que la chaleur est l'un des facteurs l'oxydation (**Dairi S.et al., 2014**).

L'huile de lentisque témoin (HT) présente l'indice de peroxyde (IP) le plus élevé par rapport à l'huile de lentisque enrichie à 100 ppm par des antioxydants naturels. Son IP initial est de 2 méqO₂/kg, il augmente jusqu'à atteindre la valeur de 7.5 méqO₂/kg à la fin du stockage (**Tableau 9**).

D'après notre recherche bibliographique, l'huile de lentisque est riche en antioxydants naturels parmi ces composés naturels les composés phénolique et tocophérol qui jouent un rôle clé dans la prévention d'oxydation. Ceci est démontré dans notre résultat.

L'évolution de cet indice d'huile contenant l'extrait phénolique des feuilles de *pistacia lentiscus* (H+P) a un rythme moins accentué que celle du témoin avec un IP initial de 1 méqO₂/kg et un IP final de 5 méqO₂/kg. Ces résultats montrent que l'enrichissement de l'huile végétale par les polyphénols semble améliorer la stabilité oxydative. Nos observations sont comparables avec celle de **Lkrik A. et ses collaborateurs (2015)** qui confirment que les composés phénoliques des feuilles exercent un effet marquant sur le piégeage de l'O₂ actif par la réduction des composés primaires et secondaires générés au cours de l'oxydation.

L'huile enrichie à l' α -tocophérol suit presque le même rythme de l'huile enrichie en polyphénols mais avec des valeurs moins élevées pour atteindre la valeur 6,25 méqO₂/kg. D'une manière générale, l' α tocophérol agit sur la phase de propagation en la ralentissant d'autant plus que sa teneur augmente, mais il est peu sensible sur la phase d'induction. En effet, l' α -tocophérol agit par rupture de la chaîne radicalaire (**Ben Tekaya I. et Hassouna M., 2007**).

Le pouvoir antioxydants des additifs ajoutés à l'huile de lentisque varie selon l'ordre suivant :

H témoin > H+ α - tocophérol > H+ polyphénol

3.2 Indice d'acidité après stockage

Les huiles végétales sont principalement constituées de triglycérides (> 95 %), l'oxydation des huiles conduit peu à peu à la perte de leur qualité en raison de la dégradation partielle des TG et AG. La stabilité oxydative des huiles dépendra en particulier de leur teneur et leur composition en AGI, ainsi, les huiles les plus

RESULTATS & DISSCUSSION

insaturées seront les moins stables à l'oxydation (Cuvelier M. E. et Maillard M. N., 2012).

L'indice d'acidité est un critère important pour évaluer la qualité et le degré d'altération d'une huile par hydrolyse suite à différents facteurs. Nous avons mesuré ce paramètre afin de déterminer le degré de stabilité de notre huile de lentisque et l'influence de la chaleur sur sa composition en TG avec et sans enrichissement par les antioxydants naturels au cours de 28 jours de stockage à 60°C dans l'étuve.

Les résultats d'évolution d'acidité sont représentés en fonction de facteur temps dans le **Tableau 10** et illustrées par la **Figure 19** :

Tableau 10: Evolution de l'indice d'acidité de l'huile de lentisque au cours de 28 jours de stokage .

Indice d'acidité (moyenne ± écart type)						
Jours	Huile témoin		Huile +polyphénols		Huile+ α -tocophérol	
	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type	Moyenne	écart type
7	0.007	0,0005	0.003	0,002	0.0072	0,0001
14	0.009	0,0005	0.006	0,0005	0.007	0,001
21	0.010	0,0005	0.007	0,0005	0.008	0,0005
28	0.011	0,0005	0.0072	0,0001	0.0086	0,0001

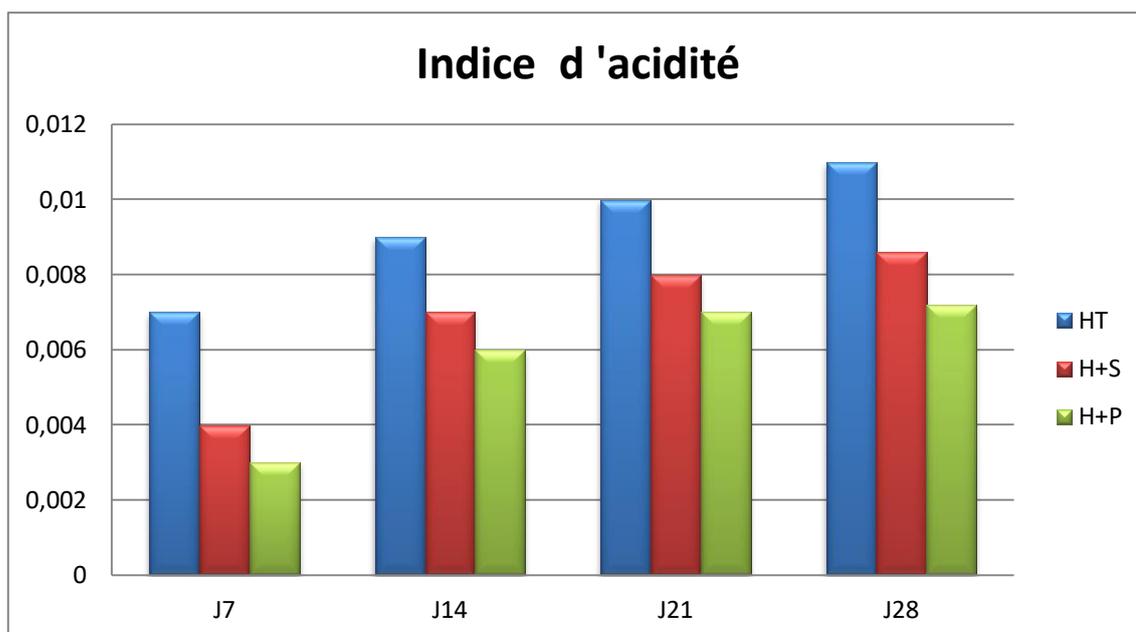


Figure 19 : Evolution de l'indice d'acidité au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.

L'analyse des résultats obtenus à partir du **Tableau 10** et la **Figure 19** ont montré des différences peu importantes entre le début et la fin de l'expérience. Nous constatons une légère augmentation de l'indice d'acidité par rapport à la valeur initiale pour les trois huiles (huile témoin sans additif, huile enrichie à 100ppm par les polyphénols et huile enrichie à 100ppm par l' α -tocophérol) au cours de 28 jours de stockage à 60 °C, cette augmentation reste inférieure et dans la limite des normes fixés (**Tableau10**). Cette fluctuation d'acidité des trois huiles est probablement due à une dégradation peu importante des triglycérides.

L'huile témoin (HT) présente la valeur d'acidité la plus élevée en comparaison avec les deux autres huiles enrichies par les antioxydants naturels, elle est passée de 0.007 à 0.01. de sorte qu'on observe une certaine stabilité après le J₂₁ caractérisée par une même valeur d'indice d'acidité obtenue au J₂₈, cette stabilité peut être expliquée par la richesse des fruits murs de lentisque en composés phénoliques et la teneur importante en l' α -tocophérol contenu dans l'huile de cette espèce (PL), ce résultat a été confirmé par l'étude de **Mezni F., et al., (2020)**.

D'autre part, l'huile de lentisque enrichie en polyphénols (H+P) présente l'huile la plus performante parmi les trois huiles testées, sa valeur d'acidité passe de 0.003 pour

atteindre le maximum 0.0072 au bout de 28 jours avec une augmentation très faible et presque constante et stable aux 21^{ème} et 28^{ème} jours de stockage.

En plus de la richesse de l'huile par les phénols des Fruits , l'ajout de l'extrait phénolique des feuilles de lentisque dont leur forte propriété antioxydante qui à été prouvée dans plusieurs études notamment celle de **Salhi A. al., (2019)** , peut expliquer la faible évolution de l'acidité de cette huile (H+P) dans l'hypothèse où ces composés entraînent un ralentissement dans la dégradation des triglycérides en acides gras libres.

Finalement , l'huile enrichie en α -tocophérol (H+S) présente une évolution d'acidité très proche ou légèrement supérieure à celle de l'huile enrichie en polyphénols , dont la valeur initiale passe de 0.004 à 0.0086 , aussi il a été constaté que les valeurs d'acidité des deux types d'huiles (H+S et H+P) suivent une augmentation très légère voire constante dans les jours 21 et 28.

D'après la littérature , l' α -tocophérol est connu comme un antioxydant puissant qui interagit dans l'inhibition de l'auto-oxydation des huiles (**Ben Tekaya I. & Hassouna M., 2007**) ,en effet ; la faible augmentation d'acidité libre montrée aux résultats H+S suggère qu' il joue aussi un rôle dans la protection des chaines des acides gras contre l'oxydation et l'hydrolyse .

L'évolution d'acidité des trois échantillons varie selon l'ordre suivant :

$$H. \text{ Témoin} > H + \text{ Polyphénols} \geq H + \alpha\text{-tocophérol}$$

Cette faible évolution de l'indice d'acidité des huiles testées a été remarqué par une autre étude réalisée par **Gharby S. et al., (2014)** dont l'objectif était de déterminer l'effet des polyphénols extraits des margarines sur la stabilité oxydative de l'huile de tournesol. Les auteurs de cette étude ont expliqué ces résultats par l'hydrolyse des triglycérides qui n'est pas suffisante pour compenser, voire augmenter les fonctions acides gras libres bloquées par polymérisation ou volatilisées au cours de phase d'oxydation.

De plus Cette tendance a été remarquée par **Lkrik A. et al., (2015)** lors de leur étude sur l'effet des polyphénols extraits des tourteaux et feuilles d'olivier sur la

stabilité oxydative de l'huile d'olive. Les auteurs ont observé au-delà 4 jours de stockage à 60°C ; une stabilisation de l'indice d'acidité d'huile traitée par rapport à l'huile témoin ; ceci a été expliqué par l'effet prononcé des composés phénoliques contenus dans les extraits de ces coproduits. Ensuite, après 15 jours ; ils ont observé une augmentation significative de l'indice d'acidité du témoin par rapport aux huiles traitées par les polyphénols ; ce qui met en évidence la stabilité oxydative engendrée par l'effet antioxydant de ces molécules.

Pour conclure , généralement , le temps la température et les conditions de stockage ont une influence significative sur l'acidité de l'huile (**Dandjouma A. et al., 2008**) , Ainsi , on peut constater que les polyphénols de PL joue un rôle dans la protection des TG contre la dégradation par la chaleur .

3.3 Coefficients d'extinction après enrichissement

L'indice de peroxyde n'étant pas le seul paramètre indicateur d'oxydation. Il est complété par la détermination du coefficient d'extinction à 232 nm et 270 nm. L'évaluation de ces coefficients permet de vérifier le degré d'oxydation de l'huile (**Malheiro R. et al., 2012**).

➤ **K₂₃₂**

Le spectre UV fournit des informations sur l'état d'oxydation des corps gras purs ou vierges. En effet, les produits d'auto-oxydation des corps gras possèdent des spectres caractéristiques dans l'ultraviolet (**Tchiégang C. et al., 2004**).

L'évolution de cette observation est mentionnée dans le **Tableau 11** .

Tableau 11: Evolution de l'extinction spécifique K_{232} de l'huile de lentisque au cours de stockage .

l'extinction spécifique à 232 nm						
Jour	Huile témoin		Huile+polyphénols		Huile+ α -tocophérol	
	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type	Moyenne	Ecart type
7	0,6364	0,0002	0,5168	0,00015	0,614	0,001
14	0,6656	0,0002	0,5917	0,00014	0,6333	0,00014
21	0,6928	0,00015	0,5953	0,0002	0,5953	0,0002
28	0,7597	0,0018	0,6496	0,0003	0,671	0,0005
35	0,8216	0,00012	0,6457	0,00015	0,682	0,001

Les huiles enrichies à une concentration de 100 ppm par le standard α -tocophérol et l'extrait phénolique des feuilles ont donné des valeurs inférieures à celle du témoin. Cela peut s'expliquer par l'effet antioxydant des polyphénols sur la formation des composés primaires d'oxydation.

Du 7^{er} au 21^{ème} jour, on observe une augmentation des absorbances des trois échantillons. Cette observation est due probablement à la formation des diènes conjugués et est proportionnelle à la prise de l'oxygène et à la formation des peroxydes pendant la première étape d'oxydation. Ce résultat a été confirmé par **Gharby S. et al., (2014)** lors de son étude sur l'huile de soja.

Une dégradation de ces produits s'effectue le 21^{ème} jour car on observe une diminution rapide des absorbances pour huile enrichie par α -tocophérol et par contre elle est légère pour l'H.T et l'H+P.

En fin, du 21^{ème} au 35^{ème} jour on observe une augmentation plus ou moins rapide ce qui signifie que les produits d'oxydation se forment à nouveau .

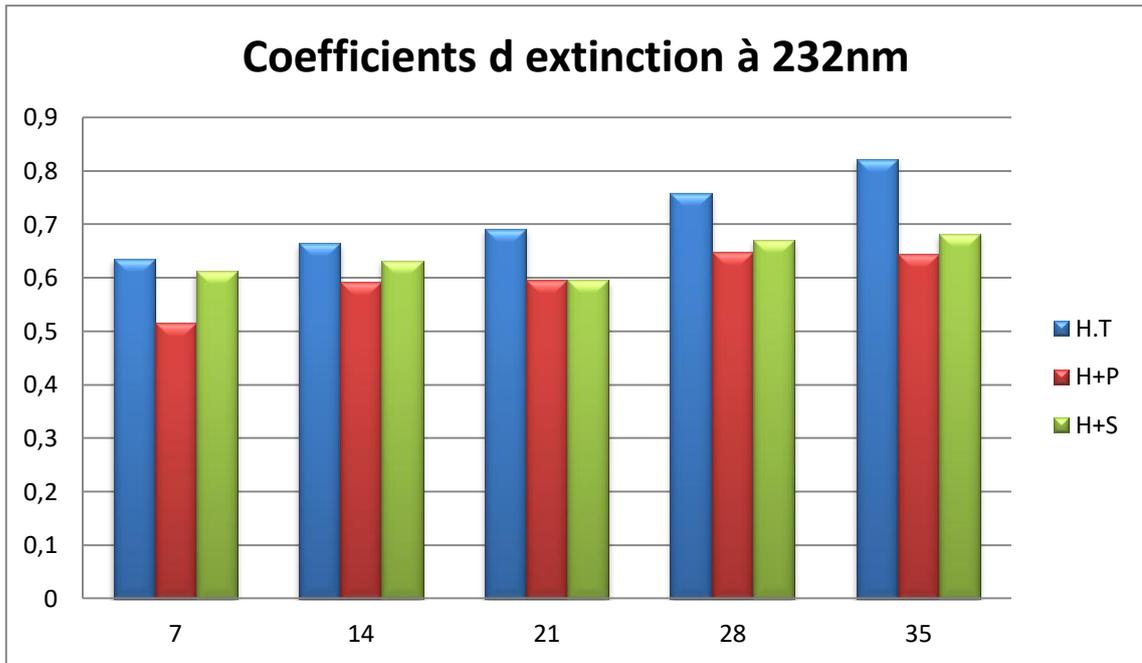


Figure 20 : Evolution du coefficient d'extinction à 232 nm au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.

➤ **K₂₇₀**

Après la formation des hydro peroxydes dans les premières étapes de l'oxydation qui sont des produits instables, ils se transforment rapidement en des produits secondaires d'oxydation en particulier dicétones et cétones insaturées qui absorbent la lumière au voisinage de 270nm (Gharby S.et al., 2014) .

Tableau 12: représente l'évolution de l'extinction spécifique K₂₇₀ de l'huile de lentisque au cours de 35 jours de stokage.

l'extinction spécifique à 270 nm						
Jour	Huile témoin		Huile + polyphénols		Huile+ α-tocophérol	
	Moyenne	Erat type	Moyenne	Erat type	Moyenne	Erat type
7	0,0981	0,0001	0,0884	0,00010	0,0796	0,00015
14	0,3198	0,0002	0,3079	0,00015	0,3223	0,00025
21	0,4358	0,00015	0,2892	0,005	0,2492	0,0009
28	0,6396	0,00015	0,6395	0,00025	0,5424	0,00025
35	0,7632	0,0002	0,5997	0,00015	0,5464	0,0002

Pendant 35 jours de stockage, on observe que l'évolution la plus intense du K_{270} a été enregistrée pour l'huile témoin (**Figure 21**) qui est passée d'une valeur initiale de 0,0981 à une valeur finale de 0,7632 (**Tableau 12**).

Au début de l'étuvage (J_7) une augmentation du K_{270} pour les huiles enrichies par les polyphénols et l' α -tocophérol, puis du 14^{ème} au 21^{ème} jour on remarque une diminution. À partir du 21^{ème} jour on observe une augmentation rapide de l'absorbance mais reste inférieur à celle marquée par l'huile témoin.

Donc les deux huiles enrichies montrent une résistance contre l'oxydation, ce résultat est comparable aux données prouvées par l'étude de **Lkrik A. et al. en 2015**.

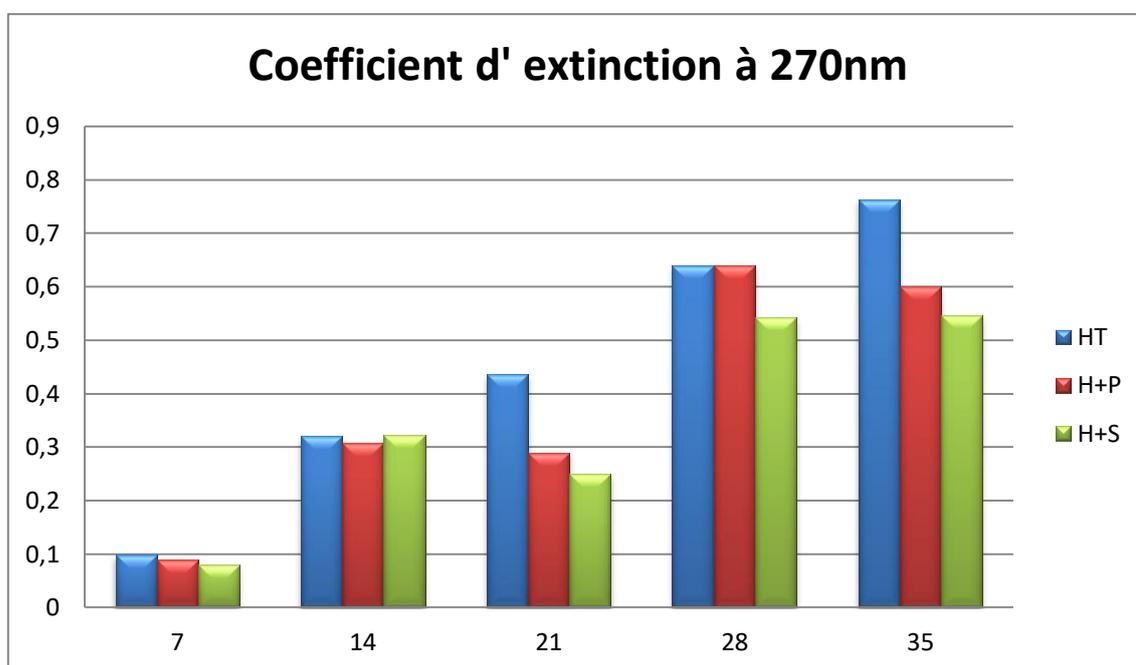


Figure 21 : Evolution du coefficient d'extinction à 232 nm au cours du stockage à 60°C pour les trois types d'huiles.

Pour conclure, l'étude de la stabilité des huiles a montré que la durée et les conditions de conservation ont une influence significative sur la qualité des huiles. Tous les paramètres de qualité ont en effet montré des évolutions différentes selon les conditions de stockage de l'huile.

Ainsi, de tels résultats ont prouvé que les composés phénoliques des feuilles PL peut également être utile comme substitut des antioxydants synthétiques qui ont manifesté d'effets néfastes sur la santé pour aider à améliorer la stabilité, retarder le rancissement oxydative et prolonger leur durée de vie des huiles.

RESULTATS & DISCUSSION

Par conséquent, ses feuilles peuvent être considérées comme des sous-produits agroalimentaires exploités pour la production des additifs alimentaires et antioxydants naturels de plusieurs bénéfices nutritionnelles, présentant un avantage économique et peut être aussi considérées comme source précieuse de produits à haute valeur ajoutée au marché cosmétique ou pharmaceutique.

CONCLUSION GENERALE

Conclusion générale

Le but du présent travail s'inscrit dans le cadre de l'étude des indices de qualité et la valorisation d'extraits des feuilles de *pistacia lentiscus L* comme antioxydants alternatifs et de les incorporer dans l'huile de lentisque afin d'évaluer la stabilité oxydative avant et après enrichissement. Ce dernier est effectué dans des conditions de stockage précise (étuvage 60°) pendant une durée de 35 jours.

Le dosage des polyphénols totaux par la méthode de Folin-ciocalteu d'extrait des feuilles du *pistacia lentiscus L* indique qu'il constitue une source intéressante en polyphénols avec une concentration de 147,52 micro g. GAE/ mg d'extrait.

La détermination des indices de qualité (IA, IP, coefficients d'extinction) a permis de classer l'huile d'étude dans la catégorie « huile de lentisque extra vierge » suivant les directives du COI, 2015.

D'après l'étude de la stabilité oxydative de l'huile de lentisque au cours de stockage à 60°C, l'analyse des résultats des indices de qualité prouvent que l'huile de lentisque a subi une meilleure résistance à l'oxydation suite à l'ajout de 100 ppm polyphénols, cet effet est comparable à l'action de l'antioxydant utilisé comme standard. Ces polyphénols d'origine naturelle sont caractérisés par une capacité antioxydante remarquable par rapport à l'huile témoin.

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 :

- Augmenter le nombre d'échantillon en effectuant des enrichissements avec d'autres concentrations à savoir 150PPM, 200PPM,...etc
- Augmenter la période de stockage pour le test de stabilité oxydative.
- Enrichissement d'autre huile par les polyphénols des feuilles de *pistacia lentiscus* :
- Etudier l'effet d'augmentation de la température sur la stabilité d'huile.
- Procéder à un dosage des polyphénols après l'enrichissement et l'étude du pouvoir antioxydant par les tests adéquats.
- Enrichissement avec d'autres polyphénols d'origine naturelle afin de pouvoir comparer les résultats.

ANNEXE

Annexe

- **Indice de peroxyde**

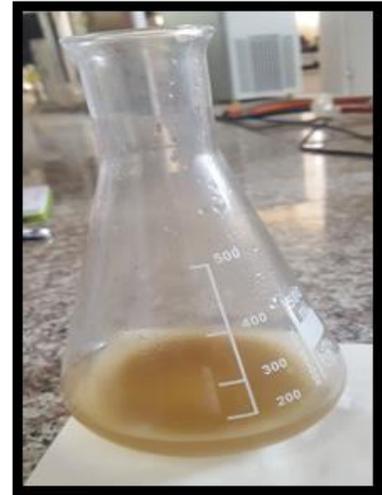
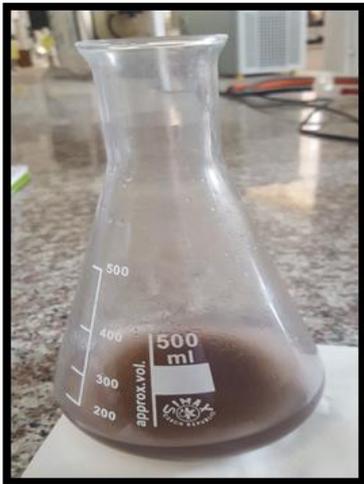


Figure 1 : Prise d'essai d'indice de peroxyde avant et après titrage avec une solution de thiosulfate de sodium en présence d'amidon .

- **Indice d'acidité**



Figure 2 : indice d'acidité avant et après titrage avec potasse alcoolique en présence de phénol phtaléine.

REFERENCES
BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

- Abdeldjelil M. C. (2016).** Effets cicatrisants de produits à base d'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus L.*) sur les brûlures expérimentales chez le rat .thèse de doctorat en sciences vétérinaires Option .Université des Frères Mentouri Constantine 1 p :1-42(2)-10 .
- Abdelwahed A., Bouhlel I., Skandrani I., Valenti K., Kadri M., Guiraud P., Mariotte A., & Ghedira K. (2007).** Study of anti-mutagenic and antioxidant activities of Gallic acid and Confirmation by microarray expression profiling . 165, 1–13.
- Abdullah esmail, mohammed faez. (2012).** Modélisation de la répartition du transfert des métaux lourds et des Ogllo éléments dans les sols forestiers, l'huile d'argan et dans les différentes parties d'arganier. 212(0).
- Aboubakar Dandjouma A.k., Tchiegang C., & Parmentier M. (2008).** Evolution de quelques paramètres de qualité physico–chimique de l'huile de la pulpe des fruits de *Canarium schweinfurthii* Engl. au cours du stockage. International Journal of Biological and Chemical Sciences, 2(3), 249–257.
- Achat S., Tomao V., Madani K., Chibane M., Elmaataoui M., Dangles O., & Chemat F. (2012).** Direct enrichment of olive oil in oleuropein by ultrasound-assisted maceration at laboratory and pilot plant scale . Ultrasonics Sonochemistry, 19(4), 777–786.
- Aiche – Iratni Gh. (2016).** Activités Biologiques , d'intérêt médical, d'extraits de feuilles de *Pistacia lentiscus* et *d'origanum* . thèse de doctorat en Sciences Biologiques .Université mouloud mammeri de tizi-ouzou.p :40.
- Aissi O., Boussaid M., & Messaoud C. (2016).** Essential oil composition in natural populations of *Pistacia lentiscus L.* from Tunisia: Effect of ecological factors and incidence on antioxidant and anti-acetylcholinesterase activities. Industrial Crops and Products, 91, 56–65.

- Ait Mohand B., El Antari A., & Benkhalti F. (2020).** Chemical Composition of *Pistacia lentiscus* Seeds' Oil from Moroccan High Atlas Mountain . Journal of Food Quality, vol 2020. 1-5
- Ali-Rachedi F., Meraghni S., Touaibia N., et M. S. (2018).** Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maritima L.* Vol. 87, p. 13 -21 .
- Antonio C. (2013).** Effect of agronomic factors on virgin olive oil quality . Israel Journal of Plant Sciences, 1990.P:20-31
- Assimopoulou A. N., Zlatanov, S. N., & Papageorgiou V. P. (2005).** Antioxidant activity of natural resins and bioactive triterpenes in oil substrates . Food Chemistry, 92(4), 721–727.
- Atabani A. E., Silitonga A. S., Ong H. C., Mahlia T. M. I., Masjuki H. H., Badruddin I. A., & Fayaz H. (2013).** Non-edible vegetable oils: A critical evaluation of oil extraction, fatty acid compositions, biodiesel production, characteristics, en Antiproliferative activity and induction of apoptosis in human colon cancer cells treated in vitro with constituents of a product derived from *Pistacia lentiscus L. var. chia*. Phytomedicine, 14(4), 263–272.gine performance and emissions production . Renewable and Sustainable Energy Reviews, 18, 211–245.
- Awada M. (2013).** L'oxydation modifie les effets métaboliques d'acides gras polyinsaturés de la série n-3 incorporés par différents vecteurs dans des régimes hyper lipidiques : contribution de l'absorption intestinale et de la réactivité cellulaire. Thèse de doctorat en biochimie. Institut national des sciences appliquées de Lyon P :49
- ℘**
- Baiano A., Gambacorta G., Terracone C., Previtali M. A., Lamacchia C., & La Notte E. (2009).** Changes in phenolic content and antioxidant activity of italian extra-virgin olive oils during storage. Journal of Food Science, 74(2) .
- Bakli S., Daoud H., Amina Z., Nouari S., Asma B., Soufiane G., & Oumaima N.**

- (2020). Antimicrobial and Antioxidant Activities of Flavonoids Extracted from *Pistacia lentiscus L.*, Leaves . Journal of Drug Delivery and Therapeutics, 10(1-s), 83–89.
- Bakli S . (2020).** Activité antimicrobienne , antioxydante et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales .thèse de doctorat en sciences Université Ferhat Abbas Sétif 1.p :19,69
- Balan K. V., Prince J., Han Z., Dimas K., Cladaras M., Wyche J. H., Sitaras N. M., & Pantazis P. (2007).** Anti-proliferative activity and induction of apoptosis in human colon cancer cells treated in vitro with constituents of a product derived from *Pistacia lentiscus L.* var. chia. Phytomedicine, 14(4), 263–272.
- Bammou M., Daoudi A., Slimani I., Najem M., Houssine E., & Ibijbjen J. (2015).** Valorisation du lentisque « *Pistacia lentiscus L.* »: Étude ethnobotanique , Screening phytochimique et pouvoir antibactérien. 7966–7975.
- Baskar G., Kalavathy G., Aiswarya R., & Abarnaebenezer Selvakumari I. (2019) .** Advances in bio-oil extraction from nonedible oil seeds and algal biomass. Department of Biotechnology, St. Joseph’s College of Engineering, 187-210 .
- Belfadel f. Z. (2009).** Huile de fruits de *Pistacia lentiscus* Caractéristiques physico-chimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat).mémoire de magister en Chimie organique. Université Mentouri Constantine .p :47
- Belhachat D., Aid F., Mekimene L., & Belhachat M. (2017).** Antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* berries ethanolic extract growing in Algeria. 10, 273–285.
- Bensalem GH.(2015).** L’huile de lentisque (*pistacia lentiscus l.*) dans l’est algérien : caractéristiques physico-chimiques. mémoire de magister en science. université Constantine 1.année 2014-2015.p :73.
- Ben Tekaya I. & Hassouna,M. (2005).** Étude De La Stabilité Oxydative De L’Huile D’Olive Vierge Extra Tunisienne Au Cours De Son Stockage. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 12(5–6), 447–454.
- Ben Tekaya I. & Hassouna M. (2007).** Effets des chlorophylles, du bêta carotène, de l’alpha tocophérol, du tyrosol et de leurs interactions sur la stabilité oxydative de

l'huile d'olive tunisienne. OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides, 14(1), 60–67.

- Benlemlih.M J. G. (2016).** Polyphénols d'huile d'olive trésors santé. 2ème édition , Macro- pietteur éd., Embourg (Belgique), 208p
- Benmehdi I. (2012).** Contribution à une étude phyto-écologique des groupements à *Pistacia lentiscus* du littoral de Honaine (Tlemcen, Algérie occidentale). Mémoire de magister en En Ecologie et Biodiversité des Ecosystèmes Continentaux .université abou bakr belkaid- Tlemcen. année 2011-2012. P :77
- Ben Khedir S., Bardaa S., Chabchoub N., Moalla D., Sahnoun Z., & Rebai T. (2017).** The healing effect of pistacia lentiscus fruit oil on laser burn . Pharmaceutical Biology, 55(1), 1407–1414.
- Bensaci m. & Hadj mokhnache M. (2015).** Evaluation de l'activité antioxydante et antibactérienne de l'huile fixe de *Pistacia lentiscus*. Mémoire de master Biochimie Moléculaire et Santé . Université des Frères Metouri Constantine. Année 2014 – 2015.p :24
- Besbes S., Blecker C., Deroanne C., Lognay G., Drira N. E., & Attia H. (2004).** Quality characteristics and oxidative stability of date seed oil during storage. Food Science and Technology International, 10(5), 333–338.
- Béra F., Wathelet J. P., & Thonart P. (2011).** Techniques de séchage des starters lactiques et mécanismes affectant la viabilité cellulaire suite à la lyophilisation. Biotechnology, Agronomy and Society and Environment, 15(2), 287–299.
- Boizot N., Charpentier J., Boizot N., & Méthode J. C. (2020).** Méthode rapide d 'évaluation du contenu en composés phénoliques des organes d ' un arbre forestier . HAL Id: hal-02669118,P 1-5
- Bouabdelli Z. (2019).** Etude des mycorhizes des espèces du genre *pistacia*, en fonction des conditions edapho-climatiques, en Algérie (Issue March).thèse de doctorat en sciences agronomiques. ziane achour université de djelfa.p :35.
- Bouamara K . & Haddad S. (2016).** Evaluation des activités biologiques de quelques huiles végétale mémoire de master en Science Alimentaire. Université A. MIRA - Bejaia.p :23

Bougherara M I. (2015). Caractérisation physicochimique et biochimique d ' un extrait de *Pistacia Lentiscus* et détermination de ses effets sur certains paramètres biologiques .thèse de doctorat en biochimie . Université badji Moktar - Annaba. année 2014/2015 .p :4

Bouic P. J. D. & Lamprecht, J. H. (1999). Plant sterols and sterolins: A review of their immune-modulating properties. *Alternative Medicine Review*, 4(3), 170–177.

Boukeloua A. (2009) .caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique a base d'huile de *Pistacia lentiscus L.* (anacardiaceae). mémoire de magister en biologie biotechnologie végétale université mentouri – constantine. P :10-11

Bouyahya A., Chadon Assemian I. C., Mouzount H., Bourais I., Et-Touys A., Fella H., Benjouad A., Dakka N., & Bakri Y. (2019). Could volatile compounds from leaves and fruits of *Pistacia lentiscus* constitute a novel source of anticancer, antioxidant, antiparasitic and antibacterial drugs *Industrial Crops and Products*, 128(October 2018), 62–69.

©

Caponio F., Durante V., Varva G., Silletti R., Previtali M. A., Viggiani I., Squeo G., (2016).Effect of infusion of spices into the oil vs combined malaxation of olive paste and spices on quality of naturally flavoured virgin olive oils. *Food Chemistry* 29, 221-228.

Chaabani E. (2020). Eco-extraction et valorisation des métabolites primaires et secondaires des différentes parties de *Pistacia lentiscus* .thèse de doctorat en Sciences Biologiques .Universite d'avignon et des pays de vaucluse. p :23-22(2)-28

Charef M. (2011). Contribution à l ' étude de la composition chimique et étude des propriétés phytochimiques et nutritionnelles des lipides des fruits de *Pistacia lentiscus* et du *Quercus*. Thèse de doctorat en sciences Chimiques. Université kasdi merbah ouargla.p59

Charef M., Yousfi M., Saidi M., & Stocker P. (2008). Determination of the fatty acid

composition of Acorn (*Quercus*), *Pistacia lentiscus* seeds growing in Algeria. JAOCS, Journal of the American Oil Chemists' Society, 85(10), 921–924.

Chekoual L., Benmahjoub M., Fazouane F., & Kaci K. A. I. T. (2015). Optimisation de l'effet de séchage par énergie renouvelable solaire sur l'activité antimicrobienne de l'huile essentielle de *Pistacia*. P :1–5.

Cherbal A., Kebieche M., Yilmaz E. M., Aydoğmuş Z., Benzaouia L., Benguessoum M., Benkedidah M., & Madani K. (2017). Antidiabetic and hypolipidemic activities of Algerian *Pistachia lentiscus L.* leaves extract in alloxan-induced diabetic rats. South African Journal of Botany, 108, 157–162.

Cherfi K. & Omani S. (2016). Extraction et dosage des polyphénols totaux du *Pistacia lentiscus L.* et évaluation de leur activité antibactérienne vis-à-vis de *Staphylococcus aureus* et de *Escherichia coli*. mémoire de Master en sciences biologiques. Université mouloud mammeri de tizi-ouzou. p :26(2).

CODIF RECHERCHE & NATURE. (2012). *Pistacia lentiscus*. (1413), 36.

Cillard J., & Cillard P. (2006). Mécanismes de la peroxydation lipidique et des anti-oxydations. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 13(1), 24–29.

Corbiere, C. (2003). Comparaison de l'effet anti-prolifératif de trois stéroïdes végétaux (diosgénine, hécogénine, tigogénine) sur la lignée 1547 d'ostéosarcome humain. Thèse de Doctorat : UNIVERSITÉ LIMOGES Discipline. p :10.

Coulibaly I., Dubois-Dauphin R., Danthine S., Majad L., Mejoub T., Destain, J., (2011) . Techniques de séchage des starters lactiques et mécanismes affectant la viabilité cellulaire suite à la lyophilisation . 15 (2), 287-299.

Cuvelier M. E., & Maillard M. N. (2012). Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides, 19(2), 125–132.

Cuvelier M-E. & Maillard M.-N. (2012). Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. Agro Paris Tech, VOL.(19), 126.



Dagmey A. (2020). Enrichissement d'huiles alimentaires riches en acides gras

polyinsaturés, par des composés phénoliques d'origine naturelle, afin de les protéger de la peroxydation lipidique, en vue d'une encapsulation pour augmenter la durée de conservation de ces huiles. Thèse de doctorat en Biotechnologie Université de Technologie de Compiègne. p :2

Dahmoune F., Spigno G., Moussi K., Remini H., Cherbal A., & Madani K. (2014). Pistacia lentiscus leaves as a source of phenolic compounds: Microwave-assisted extraction optimized and compared with ultrasound-assisted and conventional solvent extraction. Industrial Crops and Products, 61, 31–40.

Dairi, S. Galeano-Díaz, T. Acedo-Valenzuela, M. I. Godoy-Caballero, M. P.(2015). Monitoring oxidative stability and phenolic compounds composition of myrtle-enriched extra virgin olive during heating treatment by flame, oven and microwave using reversed phase dispersive liquid-liquid microextraction (RP-DLLME)-HPLC-DAD-FLD vol (65), 303-314.

Delgado-adámez J.,Baltasar M. N. F., Concepción M., Yuste A., & Martín-vertedor D. (2014). Oxidative Stability, Phenolic Compounds and Antioxidant Potential of a Virgin Olive Oil Enriched with Natural Bioactive Compounds. 65(1), 55–65.

Dellai A., Souissi H., Borgi W., Bouraoui A., & Chouchane N. (2013). Antiinflammatory and antiulcerogenic activities of *Pistacia lentiscus L.* leaves extracts. Industrial Crops and Products, 49, 879–882.

Dhifi ., Jelali N. Chaabani, ., Beji M., Fatnassi S., Omri S., & Mnif W. (2013). Chemical composition of Lentisk (*Pistacia lentiscus L.*) seed oil. African Journal of Agricultural Research, 8(16), 1395–1400.

Diallo D., Sanogo R., Yasambou H., Traoré A., Coulibaly K., & Maïga A. (2004). Étude des constituants des feuilles de *Ziziphus mauritiana* Lam. (Rhamnaceae), utilisées traditionnellement dans le traitement du diabète au Mali.Vol 7. P:1073-1080

Djedaia S. (2017). Etude physico-chimique et caractérisation du fruit de la plante lentisque (*pistacia lentiscus L .*). thèse de doctorat en science. Université badji Mokhtar Annaba . année 2016-2017.p :10,116

Djerrou Z. (2014). Anti-hypercholesterolemic effect of *Pistacia lentiscus* fatty oil in egg yolk-fed rabbits: A comparative study with simvastatin. Chinese Journal of Natural Medicine, 12(8), 561–566.

Djerrou Z. (2011). Etude des effets pharmacotoxicologique de plantes médicinales d'Algérie: Activité cicatrisante et innocuité de l'huile végétale de *pistacia lentiscus*. Thèse de doctorat en science. Université Mentouri De Constantine 1.p :6

Dridi W. (2016). Influence de la formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau-dans-huile. Thèse de doctorat en chimie physique. Université de bordeaux. p :5



Evrard J., Pagès-Xatart-Pares X., Argenson C., & Morin O. (2007). Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. Cahiers de Nutrition et de Diététique, 42(1 SPEC. ISS.).



Farasat M., Khavari-Nejad R. A., Nabavi S. M. B., & Namjooyan F. (2014). Antioxidant activity, total phenolics and flavonoid contents of some edible green seaweeds from northern coasts of the Persian gulf. Iranian Journal of Pharmaceutical Research, 13(1), 163–170.

Eymard S. (2003). Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*): choix des procédés. Thèse de doctorat en biochimie. Université de Nantes. P :29



Garcia Darras C. (2012). Conception et développement d'un microcalorimètre pour l'étude de l'oxydation d'une huile végétale. thèse de doctorat en physico-chimie de la matière condensée. conception. université bordeaux 1.p :23

Gharby S., Harhar H., Bouzoubaa Z., Roudani A., Chafchaoui I., Kartah B., & Charrouf Z. (2014). Effect of polyphenols extracts from margins on the stability of sunflower oil | Effet des polyphénols extraits des margines sur la stabilité de

l'huile de tournesol. Journal of Matériel and Environmental Science, 5(2), 464–469.

Guichard C. (1967). Eléments de Pharmacie et de Technologie Pharmaceutique (Éditions m).

Guillouty A. (2016). plantes médicinales et antioxydants. thèse de doctorat en pharmacie. Université Toulouse iii paul sabatier.p :27(2)

Gacem M A., Ould El Hadj-Khelil A., Boudjema B & Gacem H. (2020). Sustainable Agriculture Reviews. In eric lichtfouse (Ed.), Sustainable Agriculture Reviews (springer, pp. 137–178). springer.

Guichard C. . (1967) Elément de technologie pharmaceutique. Médicale éd. Paris VI ep ; Flammarion, p :253-254-260



Habibatni-M Z. (2014). *Pistacia lentiscus L* .: Evaluation pharmaco- toxicologique. Thèse de doctorat en sciences. université Constantine 1. Année 2013 /2014 p :2 -48

Harrat M. (2020). Étude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles du *Pistacia lentiscus L*. thèse de doctorat en science Université kasdi merbah - ouargla. Année 2019/2020.p :10-13- 20.

Hasan H. H., Habib I. H., Gonad M. H., & Islam M. (2011). Comparative phytochemical and antimicrobial investigation of some plants growing in Al Jabal Al-Akhdar. J. Nat. Prod. Plant Resour., 1(1), 15–23.

Hemma R., Belhadj S., Ouahchia C., & Saidi F. (2018). Antioxidant activity of *Pistacia lentiscus* methanolic extracts. Revue Agrobiologia, 8(1), 845–852.

Hamiani A., (2018). L'étude chimique et pharmacologique de quelques familles de plantes médicinales Algériennes. Thèse de doctorat en chimie organique. Université Oran 1. Année : 2017-2018.p :59.



Japón-Luján R., Janeiro P., & De Castro M. D. L. (2008). Solid-liquid transfer of

biophenols from olive leaves for the enrichment of edible oils by a dynamic ultrasound-assisted approach. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(16), 7231–7235.

Jeeravipoolvarn S. (2005). Compression Behaviour of Thixotropic Oil Sands Tailings
Compression Behaviour of Thixotropic Oil Sands Tailings .thesis submitted to the Faculty of Graduate Studies and Research in partial fulfillment of the requirements for the degree of Master of Science.P :9.



Kahkonen M.P., Hopia A.I., Vuorela H.J, Rauha J-P., Pihlaja K., Kujala T.S., & Heinonen M. (1999). Antioxidant Activity of Plant Extracts Containing Phenolic Compounds. *J. Agric. Food Chem.*, 49(6), 941–956.

Keller J. (2016). Le 4-hydroxynonéal, un produit d'oxydation des lipides alimentaires : étude du métabolisme et du rôle dans l'inflammation et la cancérogénèse colorectale. Thèse de doctorat en Pathologie, Toxicologie, Génétique et Nutrition. Université de Toulouse .p :18

Karoui I. J., Ayari J., Ghazouani N., & Abderrabba M. (2020). Physicochemical and biochemical characterizations of some Tunisian seed oils. *OCL - Oilseeds and Fats, Crops and Lipids*, 27.

Khantouche L. & Abderabba M. (2018). Dosage des poly phénols et étude de l'activité antioxydante et antimicrobienne des différents extraits des feuilles du 18Globularia. 12(1), 68–74.

Kim E. Y., Ham S. K., Bradke D., Ma Q., & Han O. (2011). Ascorbic acid offsets the inhibitory effect of bioactive dietary polyphenolic compounds on transepithelial iron transport in Caco-2 intestinal cells. *Journal of Nutrition*, 141(5), 828–834.



Lahsissene H., Kahouadji A., Tijane M., & Hseini S. (2009). Catalogue Des Plantes Médicinales Utilisées Dans La Région De Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia, Revue de Botanique*, 186, 1–27.

- Landau S., Muklada H., Markovics A., & Azaizeh H. (2014).** Traditional Uses of *Pistacia lentiscus* in Veterinary and Human Medicine . 163–180.
- Lecerf J. M. (2011).** Les huiles végétales: Particularités et utilités. Médecine Des Maladies Métaboliques, 5(3), 257–262.
- Lefebvre S. (2017).** Les additifs en alimentation animale. VetAgro Sup, 20.
- Lkrik A., Souidi K., & Martin P. (2015).** Effet des polyphénols extraits à partir des tourteaux et feuilles de l'olivier (*Olea europaea L*) sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive. P :1-10.

M

- Malheiro R., Casal S., Lamas H., Bento A., & Pereira J. A. (2012).** Can tea extracts protect extra virgin olive oil from oxidation during microwave heating. Food Research International, 48(1), 148–154.
- Morales M T., & Przybylski R., (2013).** Handbook of olive oil: Analysis and properties. In Handbook of Olive Oil: Analysis and Properties (Springer S, p. 486).
- Marmesat S., Morales A., Velasco J., Ruiz-Méndez M. V., & Dobarganes M. C. (2009).** Relationship between changes in peroxide value and conjugated dienes during oxidation of sunflower oils with different degree of unsaturation . Grasas y Aceites, 60(2), 155–160.
- Maxia A., Sanna C., Frau M. A., Piras A., Karchuli M. S., & Kasture V. (2011).** Anti-inflammatory activity of *Pistacia lentiscus* essential oil: Involvement of IL-6 and TNF- α . Natural Product Communications, 6(10), 1543–1544.
- Mecherara I S . (2007).** Extraction des huiles essentielles de trois espèces de *pistacia* : *p. lentiscus l.*, *p. terebinthus l.* et *p. atlantica desf.* et caractérisation par cpg, cpg-sm et rmn 13c. Thèse de doctorat en Chimie. Université des sciences et de la technologie houari boumediene (u.s.t.h.b.) Alger . p :5(2) .
- Mehenni C., Atmani-Kilani D., Dumarçay S., Perrin D., Gérardin P., & Atmani D. (2016).** Hepatoprotective and antidiabetic effects of *Pistacia lentiscus* leaf and fruit extracts . Journal of Food and Drug Analysis, 24(3), 653–669.

- Maria del Pilar G M. (2020).** Enrichissement d'huiles végétales par des antioxydants de type phénolique en vue d'applications alimentaires. thèse de doctorat en Génie des procédés. Université de bordeaux .p :23 ,41.
- Mengounou G. M., & Imano A.M. (2016).** Effet du dégazage sur la tension de claquage de l'huile de palmistes conditionnée. Sge, 7–9.
- Meziani S., Menadi N., Haoud Kh., Mehidda H., Benattouche Z., Benali M. (2021).** Nature et Technologie Inhibition de l'oxydation de l'huile de Tournesol produite en Algérie par les produits de Maillard. Revue Nature et Technologie, 13 (1) (2021) : 72-80.
- Mezni F., Martine L., Khouja M. L., Berdeaux O., & Khaldi A. (2020).** Identification and quantitation of tocopherols, carotenoids and triglycerides in edible *Pistacia lentiscus* oil from Tunisia. 11(1), 79–84.
- Moradi N., Rahimi M., Moeini A., & Parsamoghadam M. A. (2018).** Impact of ultrasound on oil yield and content of functional food ingredients at the oil extraction from sunflower . Separation Science and Technology (Philadelphia), 53(2), 261–276.
- Müller L., Gnoyke S., Popken A. M., & Böhm V. (2010).** Antioxidant capacity and related parameters of different fruit formulations . LWT - Food Science and Technology, 43(6), 992–999.

N°

- Nafiu M. O., Salawu M. O., & Kazeem M. I. (2013) .** Antioxidant Activity of African Medicinal Plants. In Medicinal Plant Research in Africa: Pharmacology and Chemistry. Elsevier Inc. 787-803.
- Ndéye Anta KANDJI. (2001).** étude de la composition chimique et de la qualité d'huiles végétales artisanales consommées au Sénégal. Thèse de docteur en pharmacie université cheiklfanta diop de dakar faculté de médecine, de pharmacie et d'odontostomatologie. p26 .
- Nkhili E. (2009).** Polyphénols de l'Alimentation : Extraction, Interactions avec les ions du Fer et du Cuivre, Oxydation et Pouvoir antioxydant. Thèse de doctorat en

Norme internationale iso 3656 (2011), Corps gras d'origines animale et végétale
Détermination de l'absorbance dans l'ultraviolet, exprimée sous la forme
d'extinction spécifique en lumière ultraviolette .Quatrième édition ,p1-9 .

Ø

Otmani Y. & Slimani M. (2018). Activité antibactérienne et anti-inflammatoire des
extraits des feuilles d'olivier (*Olea europea L.*) et du lentisque (*Pistacia lentiscus*
L.). mémoire de master en Biotechnologie et Valorisation des Plantes. Université
mouloud mammeri de tizi-ouzou. année 2017- 2018.p :19

Ø

Preview, T. S. (2017). INTERNATIONALE ISO végétale — Détermination de l ' indice iTeh STANDARD PREVIEW iTeh STANDARD PREVIEW. 2017.

Q

Qabaha K., Ras S. A., Abbadi J., & Al-Rimawi F. (2016). Anti-inflammatory
activity of Eucalyptus spp. and *Pistascia lentiscus* leaf extracts. African Journal of
Traditional, Complementary and Alternative Medicines, 13(5), 1–6.

Quezel P., & Santa S. (1963). Nouvelle Flore de l'Algérie et des régions désertiques
méridionales. In Journal of Chemical Information and Modeling (CNRS, Vol. 2,
Issue 9) .1170p .

Quezel P. & Medail F. (2003). Ecologie et biogéographie des forêts du bassin
méditerranéen. Éditeur elsevier / lavoisier. Vol (1). 571 p.

R

Rahmani N. & Zouia S. (2016). Evaluation de l ' activité antioxydante des extraits de
deux plantes locales : *Pistacia lentiscus* et *Clematis flammula* . Mémoire de master
en Biochimie appliquée Université A. MIRA - Bejaia. Année : 2015/2016.P:1

Rambaran T. F. (2020). Nano polyphenols: a review of their encapsulation and anti-

diabetic effects. SN Applied Sciences, 2(8), 1–26.

Reboredo-Rodríguez P., Figueiredo-González M., González-Barreiro C., Simal-Gándara J., Salvador M. D., Cancho-Grande B., & Fregapane G. (2017). State of the art on functional virgin olive oils enriched with bioactive compounds and their properties. International Journal of Molecular Sciences , 18(3).

Reboul E., Thap S., Perrot E., Amiot M. J., Lairon D., & Borel P. (2007). Effect of the main dietary antioxidants (carotenoids, γ -tocopherol, polyphenols, and vitamin C) on α -tocopherol absorption . European Journal of Clinical Nutrition, 61(10), 1167–1173.

Rodríguez-Pérez C., Quirantes-Piné R., Amessis-Ouchemoukh N., Khodir M., Segura-Carretero A., & Fernández-Gutierrez A. (2013). A metabolite-profiling approach allows the identification of new compounds from *Pistacia lentiscus* leaves. Journal of Pharmaceutical and Biomedical Analysis, 77, 167–174.



Saiah H. (2017). Caractérisation phytochimique et détermination des effets pharmacologiques des extraits de deux plantes médicinales : *Pistacia lentiscus* et *Zizyphus lotus*. Thèse de doctorat en sciences .Université d’Oran 1.p :4,53

Salas J. J., Bootello M. A., Martínez-Force E., & Garcés R. (2009). Tropical vegetable fats and butters: Properties and new alternatives. OCL - Oleagineux Corps Gras Lipides, 16(4), 254–258.

Salhi A., Bellaouchi R., Barkany S., El, Rokni Y., Bouyanzer A., Asehraou A., Amhamdi H., Zarrouk A., & Hammouti B. (2019). Total phenolic content, antioxidant and antimicrobial activities of extracts from *Pistacia lentiscus* leaves . Caspian Journal of Environmental Sciences, 17(3), 189–198.

Sebaihi S. (2010). Activités anti-radicalaires des extraits de *Pistacia lentiscus* (Anacardiaceae): Caractérisation des fractions actives. Mémoire de Magister En Biologie. Université Abderrahmane Mira de Bejaia .Année 2009-2010.p :28

Shamsuddin N. M., Yusup S., Ibrahim W. A., Bokhari A., & Chuah L. F. (2015). Oil extraction from *Calophyllum inophyllum L.* via Soxhlet extraction:

Optimization using response surface methodology (RSM). 2015 10th Asian Control Conference: Emerging Control Techniques for a Sustainable World, ASCC. p:12

Summo C., Pasqualone, A., Gomes T., & Baiano A. (2016) . Effect of infusion of spices into the oil vs. combined malaxation of olive paste and spices on quality of naturally flavoured virgin olive oils. *Food Chemistry*, 202, 221–228.

ℑ

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

Trabelsi H., Cherif O. A., Sakouhi F., Villeneuve P., Renaud J., Barouh N., Boukhchina S., & 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.

Tahir K. (2018). Les huiles essentielles de *Rosmarinus officinalis* : caractéristiques physico-chimiques et activité antioxydante mémoire de master en Biochimie Appliquée . Université akli mohand oulhadj – bouira .p :31

ℒ

Ur Rehman M. S., Kamran S. H., Ahmad M., & Akhtar U. (2015). Anti-diabetic activity of crude *Pistacia lentiscus* in alloxan-induced diabetes in rats . *Bangladesh Journal of Pharmacology*, 10(3), 543–547.

Urquiaga I. & Leighton F. (2000) . Plant Polyphenol Antioxidants and Oxidative Stress . *Biological Research*, 33(2), 55–64.

ℓ

Van C. N. (2011). Maîtrise de l'aptitude technologique des oléagineux par modification structurelle : applications aux opérations d'extraction et de transestérification in-situ Cuong Nguyen Van To cite this version : HAL Id : tel-00597795 Pour obtenir

le grade de DOCTE. 27.

W

Wahrburg U., Kratz M., Cullen P., & Diagnostics O. (2002). Mediterranean diet, olive oil and health. 104, 698–705.

Wang W., Wu N., Zu Y. G., & Fu Y. J. (2008). Antioxidative activity of *Rosmarinus officinalis* L. essential oil compared to its main components. Food Chemistry, 108(3), 1019–1022.

Y

Yaya S. (2014). Graisses et acides gras dans la nutrition humaine (FAO). Rome. 38-194p

Yemmen M., Landolsi A., Ben Hamida J., Mégraud F., Trabelsi Ayadi M. (2017). Cellular and Molecular Biology: Foreword. Cellular and Molecular Biology, 51(1), 88 . 92.

Yosr Z., Imen B. H. Y., Rym J., Chokri M., & Mohamed B. (2018). Sex-related differences in essential oil composition, phenol contents and antioxidant activity of aerial parts in *Pistacia lentiscus* L. during seasons . Industrial Crops and Products, 121 , 151–159.

Z

Zakkad F. (2017). Etude phytochimique et évaluation de quelques propriétés biologiques de trois espèces de l ' Euphorbia. Thèse de doctorat en Synthèse et développement des molécules bioactives .Université badji mokhtar- annaba.p :28-29

Zeghad N. (2009). Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (*Thymus vulgaris*, *Rosmarinus officinalis*) et évaluation de leur activité antibactérienne .p : 2–5.

Zitouni A. (2017). Profil polyphénolique et activité antioxydante de deux plantes

médicinales *Pistacia lentiscus* . *L* et *Gymnocarpos decander* .thèse de doctorat en
Biologie Cellulaire et Biochimie. Université abou bekr belkaid – tlemcen .année
2016 – 2017.p :10-16

Résumé

L'amélioration de la qualité nutritionnelle des huiles végétales a gagné ces dernières années un grand intérêt en utilisant des matières végétales. Dans ce contexte repose l'objectif de notre étude, qui consiste à enrichir l'huile de pistachier lentisque obtenue par pression à froid avec un extrait phénolique de feuilles de la même plante et l'évaluation de sa stabilité oxydative après enrichissement.

Le dosage des polyphénols des feuilles par la méthode Folin-Ciocalteu a révélé une teneur importante en composés phénoliques : 147.53 µg. GAT/mg d'extrait. Le résultat initial des indices de la qualité de l'huile à savoir l'indice de peroxyde ($1,325 \pm 0,375$), l'indice d'acidité ($0,003 \pm 0,004$) IA et les coefficients d'extinction ($K_{232} = 0,465 \pm 0,005$ et $K_{270} = 0,00635 \pm 0,0003$) a révélé que ces valeurs sont conformes aux normes fixées par le Codex (2013). Les mêmes indices ont été mesurés sur l'huile enrichie par 100ppm d'extrait phénolique de feuilles, l'huile enrichie par 100 ppm d' α -tocophérol et l'huile témoin (sans additifs) après un stockage à 60°C pendant 35 jours.

Les résultats obtenus ont montré que les huiles traitées ont subi une augmentation des trois indices (IP, IA, K_{232} et K_{270}), cependant cette augmentation demeure moins importante par rapport à celle de témoin.

Par conséquent, on peut conclure que les polyphénols d'extrait des feuilles qui sont des antioxydants naturels peuvent jouer un rôle dans l'amélioration de la stabilité oxydative de l'huile de lentisque et devenir des substituts des antioxydants synthétiques.

Mots clés : Huile de pistachier lentisque, *Pistacia lentiscus*, stabilité oxydative, enrichissement, polyphénols, extraction phénolique de feuilles, antioxydants naturels.

الملخص

اكتسب تحسين الجودة الغذائية للزيوت النباتية اهتمامًا كبيرًا في السنوات الأخيرة باستخدام المواد النباتية. في هذا السياق يكمن الهدف من دراستنا التي تتمثل في إثراء زيت الضرو الذي يتم الحصول عليه بالضغط على الباراد بمستخلص فينولي من أوراق نفس النبات وتقييم ثباته التأكسدي بعد التدعيم.

كشفت تحديد البوليفينول في الأوراق بطريقة Folin-Ciocalteu عن نسبة عالية من المركبات الفينولية: 147.53 ميكروغرام GAT / ملغ من المستخلص. أظهرت النتيجة الأولية لمؤشرات جودة الزيت ، أي مؤشر البيروكسيد ($1,325 \pm 0,375$) ، ومؤشر الحموضة ($0,003 \pm 0,004$) IA ومعاملات الامتصاص

أن هذه القيم تتوافق مع المعايير التي حددها ($K_{270}=0,00035 \pm 0,00635$ و $K_{232}=0,00635 \pm 0,0003$) Codex (2013) تم قياس نفس المؤشرات على الزيت المدعم بـ 100 جزء في المليون من مستخلص أوراق الفينول ، والزيت المدعم بـ 100 جزء في المليون من α -tocopherol وزيت الشاهد (بدون إضافات) بعد التخزين عند 60 درجة مئوية لمدة

أظهرت النتائج التي تم الحصول عليها أن الزيوت المعالجة قد خضعت لزيادة في المؤشرات الثلاثة (IP، IA، K_{232} و K_{270}) ، ولكن هذه الزيادة لا تزال أقل معنوية مقارنة مع الشاهد لذلك ، يمكن الاستنتاج أن مستخلص أوراق البوليفينول هي مضادات أكسدة طبيعية قد تلعب دورًا في تحسين الاستقرار التأكسدي لزيت الضرو وتصبح بدائل لمضادات الأكسدة الاصطناعية .

الكلمات المفتاحية : مضادات أكسدة طبيعية , مستخلص أوراق البوليفينول , زيت الضرو, إثراء ,

Abstract

The improvement of the nutritional quality of vegetable oils has gained great interest in recent years by using vegetable materials. In this context lies the objective of our study, which consists of enriching the lentisk pistachio oil obtained by cold pressing with a phenolic extract of leaves of the same plant and the evaluation of its oxidative stability after enrichment.

The determination of the polyphenols in the leaves by the Folin-Ciocalteu method revealed a high content of phenolic compounds: 147.53 $\mu\text{g.GAT} / \text{mg}$ of extract. The initial result of the oil quality indices, namely the peroxide index ($1,325 \pm 0,375$), the acidity index ($0,003 \pm 0,004$) IA and the extinction coefficients ($K_{232} = 0,465 \pm 0,005$ and $K_{270} = 0,006 \pm 0,0003$) revealed that these values comply with the standards set by Codex (2013). The same indices were measured on the oil enriched with 100 ppm of phenolic leaf extract, the oil enriched with 100 ppm of α -tocopherol and the control oil (without additives) after storage at 60 ° C for 35 days. .

The results obtained showed that the treated oils underwent an increase in the three indices (IP, IA, K_{232} and K_{270}), however this increase remains less significant compared to that of control

Therefore, it can be concluded that leaf extract polyphenols which are natural antioxidants may play a role in improving the oxidative stability of mastic tree oil and become substitutes for synthetic antioxidants.

Key words: *Pistacia Lentiscus* L, lentisk pistachio, oxidative stability, natural antioxidants, phenolic extract of leaves, enrichment.

