



الجمهورية الديمقراطية الشعبية الجزائرية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
جامعة محمد البشير الإبراهيمي برج بوعريريج
Université Mohamed El Bachir El Ibrahimi - B.B.A
كلية علوم الطبيعة والحياة وعلوم الأرض والكون
Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie et des Sciences de la Terre et de l'Univers
قسم العلوم البيولوجية
Département des Sciences Biologiques



Mémoire

En vue de l'obtention du Diplôme de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences alimentaires

Spécialité : Qualité des produits et sécurité des aliments

Thème

**Quelques activités biologiques de *Pistacia lentiscus* et
impact du séchage micro-ondes sur l'activité antioxydant
de ses extraits.**

Présenté par :

Melik khaoula

Ghendouz khaoula

Soutenu le : 13/10/20

Devant le jury :

Présidente : M^{me} ROUAIGUIA Nadia

MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Encadrant : M^{me} HADDACHE Lamia

MCB (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Examinatrice : M^{me} HIHAT Soraya

MAA (Univ Mohamed El Bachir El Ibrahimi)

Année universitaire : 2019/2020

Remerciements

Au terme de notre travail, nous tenons à exprimé nos remerciements les plus sincères et les plus profond, tout d'abord à Dieu le tous puissant de nous avoir accordé patience, courage et volonté afin de réalisé mener à terme ce modeste travail.

Je remercie chaleureusement notre promotrice M^{me}: Haddache L. pour son aide précieuse et ses conseils éclairés dans la direction de notre travail, ainsi que pour sa grande disponibilité et son immense gentillesse.

Mes remerciements vont aussi aux membres de jury, de m'avoir fait l'honneur d'accepter d'évaluer ce travail.

Nos remerciements vont plus particulièrement à nos familles qui ont su nous soutenir tout au long de nos études.

*Nous 'aimerons remercier toutes les personnes ayant participés de près ou de loin à l'élaboration de ce mémoire
Merci infiniment.*

Recevez à travers ce travail l'expression de notre profonde gratitude.

Khaoula et khaoula

Dédicace

Je dédie ce travail

A mes chers parents : qui m'ont supportée et m'ont aidée dans les pires moments, je leur dédie avec fierté ce mémoire qui reflète le fruit de l'éducation et de l'attention qu'ils m'ont tant réservé.

Ma chère mère

Symbole de tendresse et d'amour, pour m'encourager et m'accompagner dans tout mon chemin.

Mon très cher père

Exemple d'honnêteté de Sacrifice pour tout ce qu'il m'a donné

A mon adorable sœur BOUTHAINA pour son amour, soins et encouragements

A MES chère frère : RABEH ET YAAKOUB pour leurs soutient et leurs amour.

A toute ma famille, chacun avec son nom.

A mon fiancé AZDINE pour leur Compréhension et sa belle famille.

A mes très chères amies surtout : Delloula, Khaoula, Chaima, Hassina, Ferial, Riheb, Hadjer, Chaima, Dounia, Romilla, Rania, Alia, Aya et Achwak pour leur amitié et de leur amour, et parce qu'elles étaient sœurs avant tout.

A Tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin.

Toute la promotion qualité de produit et sécurité alimentaire 2019 /2020. Je vous souhaite, à tous bonne continuation et beaucoup de réussite.

M.khaoula

Dédicace

Au nom du DIEU le tout puissant

A ceux qui m'ont encouragé et soutenue dans mes moments les plus difficiles

Et ceux à qui je dois tant

*A mes chers **parents** pour leur amour et leur support continu, la source de tendresse et l'exemple de dévouement, qui n'ont pas cessé de m'encourager et de prier pour moi*

*A mon cher mari : **Mourad** qui m'a beaucoup encouragé, aide et soutenus durant les moments difficiles*

*A mon cher fils **Abd Rahman***

*A mes chers frères : **Ayache, Youssef et Aram***

*A mon oncle : **Hakim***

*A mes grands-mères : **Yamina et Fatima***

*A mes Amies : **khaoula, Hasina, Rania et deloula***

*A Toute ma famille surtout **Sofiane***

A toute la promotion qualité des produits et sécurité alimentaire 2019 /2020

G.khaoula

Liste des abréviations

Aw : activité de l'eau.

AlCl₃ : trichlorure d'aluminium.

EAG : Equivalent acide gallique.

EC : Equivalent catéchine.

EQ : Equivalent quercitine.

Ghz : Giga Hertz.

MGh : Méga Hertz.

LPS : lipopolysaccharides.

MO : Micro-onde.

MS: Matière Sèche.

OMS: Organisation Mondiale de la Santé.

UV: Ultraviolets.

Liste des figures

Figure 01 : Description botanique de <i>Pistacia lentiscus</i>	03
Figure 02: transfert thermique sous les deux modes de chauffage.....	11
Figure 03: Mouvement d'un dipôle dans un champ électrique.....	12
Figure 04 : schématisation du différent composant du four à micro-ondes	13
Figure 05: Taux d'humidité et de matière sèche de fruit étudié.....	18
Figure 06 : Teneur en composés phénoliques des extraits séchés de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	19
Figure07: Teneur en flavonoïdes des extraits séchés de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	20
Figure 08: Teneur en flavonols des extraits séchés de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	22
Figure 09 : Teneur en tanins condensés des extraits séchés de <i>Pistacia lentiscus</i> L.....	23
Figure 10: Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium des extraits séchés.....	24
Figure 11 : Activité antiradicalaire (DPPH) des extraits séchés.....	26

Liste des tableaux

Tableau N° I : Classification botanique de *Pistacia lentiscus*.....4

Tableau N° II : Les noms vernaculaires de *Pistacia lentiscus*.....4

Table des matières :

Liste d'abréviation

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction	1
I.1- Origine et répartition géographique	2
I.2- Botanique et taxonomie	2
I.2.1- Description botanique.....	2
I.2.2- Classification taxonomique	3
I.2.3- Composition chimique	4
I.3- Utilisation traditionnelle et pharmacologique	5
I.4- Les activités biologiques de <i>Pistacia lentiscus</i>	6
I.4.1- Activité antioxydante	6
I.4.2- Activité anti-inflammatoire	6
I.4.3- Activités anticancéreuses	7
I.4.4- Activités antibactérienne.....	7
II.1- Procédé de séchage	8
II.1.1- Histoire du séchage	8
II.1.2- Définition du séchage.....	8
II.1.3- Objectifs du séchage	9
II.1.4- Avantages et inconvénients du séchage	9
II.2.Méthodes de séchages	10
II.2.1.Séchage à la l'air libre	10
II.2.2- Séchage par l'étuve	10
II.2.3- Séchage par microondes.....	11
II.2.3.1- Définition des micro-ondes	11
II.2.3.2- Mécanisme de chauffage par micro-ondes	11
II.2.3.2.1- Principe	11
II.2.3.2.2- Technologie du four micro-ondes.....	12
II.2.3.2.3-Avantage des micro-ondes.....	13
II.2.3.4.1- Propriétés diélectriques des aliments.....	13
II. 2.3.4.2- Puissance microondes dissipée	14
II.2.3.4.3- Profondeur de pénétration des microondes.....	14
II.2.3.4.4- Effet du facteur de perte	14
II.3-L'efficacité d'une technique de séchage.....	14

II.3.1-La qualité du produit séché	14
II.3.2- La performance du procédé.....	14
III.1- Impact du séchage microondes sur l'activité antioxydante des fruits de <i>Pistshia lentiscus</i>	15
III.2- Méthodologie	15
III.2.1- Collecte et séchage des fruits de <i>Pistacia lentiscus</i>	15
III.2.2- Matériel et méthodes.....	15
III.2.2.1- Test d'humidité	15
III.2.2.2- Extractions des composés phénoliques	16
III.2.2.3- Dosage des antioxydants	16
III.2.2.3.1- Polyphénols totaux	16
III.2.2.3.2- Flavonoïdes	16
III.2.2.3.3- Flavonols	16
III.2.2.3.4-Tanins condensés.....	17
III.2.2.4- Activité antioxydante	17
III.2.2.4.1- Pouvoir réducteur	17
III.2.2.4.1.1- Réduction du ferricyanure de potassium	17
III.2.2.4.2- Activité antiradicalaire	17
III.2.2.4.2.1- Activité antiradicalaire au DPPH.....	17
III.2.3- Analyse statistique	18
III.3.1- Taux d'humidité.....	18
III.3.2- Antioxydants.....	19
III.3.2.1- Polyphénols totaux	19
III.3.2.2- Flavonoïdes	20
III.3.2.3- Flavonols.....	21
III.3.2.4- Tanins condensés	22
III.3.3- Activité antioxydante.....	24
III.3.3.1- Pouvoir réducteur.....	24
III.3.3.1.1- Réduction du ferricyanure de potassium	24
III.3.3.2- Activité antiradicalaire.....	25
III.3.3.2.1- Activité antiradicalaire au DPPH	25
Conclusion.....	28
Références bibliographiques	
résumé.....	

Introduction

Introduction

A travers des âges, l'Homme a pu compter sur la nature pour subvenir à ses besoins de base tels que : nourriture, abris, vêtements et aussi pour ses besoins médicaux (**Svoboda et al, 2000**). Il se retourne en raison des bienfaits qu'elles procurent et pour leur grande utilité, ce sont de vraies panacées et de véritables pharmacies naturelles (**Beloued, 1998**).

L'Homme à longtemps employé des remèdes traditionnels à base de plantes sans savoir à quoi étaient dues leurs actions bénéfiques, il est difficile de définir les molécules responsables de l'action pharmacologique (**Bahorun, 1997**).

L'efficacité des plantes médicinales est douée à cause de métabolites secondaires ou des principes actifs : les composés phénoliques, les alcaloïdes et les huiles essentielles (**Tchamdja, 1995**).

L'Arbre au mastic, *Pistacia lentiscus* L, est un arbuste poussant dans les garrigues et les maquis des climats méditerranéens (**Saadoune, 2005**). Ils occupent une place privilégiée dans la phytothérapie pour ses propriétés médicinales (**Benkhniue et al, 2011**).

La matière végétale peut contenir un degré variable d'humidité et elle exige toujours un prétraitement avant l'extraction de ses substances d'intérêt. En outre, autant que les plantes sont employées sous la forme sèche par les guérisseurs traditionnels et en raison des différences dans les teneurs en eau dans les différents tissus végétaux (**Catherine et al., 2008**).

Par conséquent, le séchage constitue une étape importante dans l'analyse et l'identification des molécules bioactives. Son but principale est de prolonger la durée de conservation des produits, et d'inhiber l'activité des microorganismes, des enzymes ou des ferments de la matière (**Alibas, 2007; Maskan, 2001**), ainsi pour la stabilisation des produits.

L'objectif du présent travail vise à définir l'impact de deux méthodes de séchage sur la composition en substances bioactives de *Pistacia lentiscus*L. Ce travail consiste à étudier et valider deux techniques de séchages : micro-onde et étuve sur cette espèce de *Pistacia* et à étudier la composition phénolique et évaluer l'activité antioxydant de ces substances.

Chapitre I
Présentation de
Pistacia lentiscus

I.1- Origine et répartition géographique

Pistacia lentiscus est un arbrisseau dioïque thermophile d'origine méditerranéenne, qui pousse à l'état sauvage dans tout type de sols, subhumide et semi-aride en préférant les terrains siliceux pauvres en potassium et en phosphore (Djerrou, 2011). Il se trouve dans les garrigues, maquis, versants rocailloux secs, clairières, bois clairs et sur tous types de sol de l'étage thermo-méditerranéen algérien (Polese, 2010).

I.2- Botanique et taxonomie

I.2.1- Description botanique

Pistacia lentiscus fait partie de la famille d'Anarcadiaceae (Ljubuncic et al., 2005). Un arbrisseau dioïque thermophile de 1 à 3 mètres (Castola et al., 2000). A odeur résineuse forte et à écorce lisse et grise; très répandu sur les versants rocailloux secs, Clairières et bois clairs, sur tous types de sol (Maameri, 2014). Les différentes parties de *Pistacia lentiscus* sont présentées sur la figure 01.

- a) **Les feuilles :** sont persistantes, paripennées, à 4 à 10 folioles elliptiques, coriaces et luisantes et le pétiole est nettement ailé. On trouve des pieds mâles et femelles distincts (espèce dioïque) qui fleurissent en grappes denses en mois de Mai (Hans et Koth, 2007).
- b) **Les fleurs :** sont brunâtres de trois mm, constituent de grappes denses spiciformes. Elles sont à l'origine de petits fruits rouges, puis noirs à maturité (Boullard, 2001). Elle dégage une odeur forte et désagréable. On différencie les fleurs femelles des fleurs mâles grâce à leur couleur, vert jaunâtre pour les femelles et rouge foncé pour les mâles. Les fleurs mâles et femelles poussent sur des arbustes différents, les mâles ont 5 petits sépales dont émergent 5 étamines rougeâtres reposant sur un disque nectarifère. Les femelles, à 3 ou 4 sépales à un ovaire supère avec un style court à 3 stigmates. Floraison de Mars à Mai (Belfadel, 2009).
- c) **Les fruits :** Baies globuleuses [de 2 à 3 mm], monosperme, remplie par nucléole de la même forme; d'abord rouge, il devient brunâtre à sa maturité, qui est complète à l'automne (Leprieu, 1860).
- d) **Le mastic :** Appelée résine c'est, la conséquence de l'incision répétée des tiges. À une odeur balsamique relativement forte, et de couleur jaune clair (Bensalem, 2015, Cherif, 2016).



Figure 01: Description botanique de *Pistacia lentiscus* (Coste, 1937).

I.2.2- Classification taxonomique

Le lentisque (*Pistacia lentiscus* L.), appartient à la famille des Anacardiaceae, qui comprend environ 70 genres et plus de 600 espèces, distribué du bassin méditerranéen à l'Asie centrale (Charef et al, 2008; Lahsissene et al., 2009).

Les espèces les plus importantes dans le monde du genre *Pistacia* sont : *Pistacia atlantica*, *Pistacia chinensis*, *Pistacia lentiscus* L., *Pistacia terebinthus*L., *Pistacia vera*L., *Pistacia integerrima*, *Pistacia palestina*, *Pistacia khinjuk*.

En Algérie, le genre *Pistacia* est représenté par quatre espèces, en l'occurrence *Pistacia lentiscus*, *Pistacia terebinthus*, *Pistacia vera*et *Pistacia atlantica* (Quezel et Santa, 1962). Parmi les espèces du genre *Pistacia*, le *Pistacia lentiscus* L. est un arbrisseau très commun en Algérie (Boukeloua, 2009).

Selon Quézel et Santa(1963), la position de lentisque dans la systématique du règne végétale est donnée par l'arbre phylogénique représenté dans le tableau N° I.

Tableau N° I : Classification botanique du *Pistacia lentiscus* (Quézelet Santa, 1963)

Règne	Plantae
Embranchement	<i>Spermaphytes</i>
Sous embranchement	<i>Angiospermes</i>
Classe	<i>Dicotylédone</i>
Sous classe	<i>Dialypétales</i>
Série	<i>Diacifores</i>
Ordre	<i>Sapindale</i>
Famille	<i>Anacardiaceés</i>
Genre	<i>Pistacia</i>
Espèce	<i>Lentiscus</i>

➤ **Noms vernaculaires :**

Pistacia lentiscus possède plusieurs noms vernaculaires (tableau N° II), selon les pays (Feidemann, 2005 ; Torkelson, 1996).

Tableau N° II : Les noms vernaculaires de *Pistacia lentiscus*.

Pays/Régions	Nomination
Angletrre	Chios mastic trie
Allemagne	Mastixbaum
France	Arbre au mastic, lentisque
Espagne	Lentisco
Afrique du nord	Derw,darw (arabe)
Est Algérien	Gadhoun
Berbère	Tidekt, Tdekt.

I.2.3- Composition chimique➤ **Les feuilles :**

La composition chimique des feuilles de *Pistacia lentiscus* est caractérisée par la présence des glycosides de flavanols comme la myricetine et la quercitine, l'acide

gallique, les dérivé galloyls et les anthocyanines (**Romani et al, 2002 ; Vaya et Mahmood, 2006**). Les études phytochimiques effectuées sur les huiles essentielles obtenues à partir des feuilles de lentisque ont montré la présence de α pinène, limonène, γ -terpénine et terpénine -4-ol (**BenDouissa et al., 2005**).

➤ **Les fruits :**

Les fruits de *Pistacia lentiscus* ont une très forte teneur en leuco anthocyanes, tanins totaux, tanins galliques ainsi que des flavonoïdes (**Arab et al, 2014**). Ces fruits sont à une très forte teneur en acides gras mono- insaturés. Le principal acide gras est l'acide oléique, suivie l'acide palmitique et l'acide linoléiques. Ainsi qu'une grande quantité de phytostérols tels que β -sistérol et le campestérol (**Trabelsi et al. 2012**).

➤ **Le mastic :**

Les études consacrées au mastic ont montré la présence des huiles essentielles, ainsi un polymère cis- 1, 4- poly- β -myrcene (**Van den Berg et al, 1998**).

I.3- Utilisation traditionnelle et pharmacologique

Pistacia lentiscus est connue pour ses propriétés médicinales depuis l'antiquité (**Palevitch et Yaniv, 2000**). La décoction des racines séchées est efficace contre l'inflammation intestinale et d'estomac ainsi que dans le traitement de l'ulcère (**Ouelmouhoub, 2005**).

Les feuilles sont pourvue d'action d'activités anti-inflammatoire, antibactérienne, antifongique, antipyrétique, astringente, hépato protective, expectorante et stimulante (**Villar et al, 1987 ; Magiatis et al. 1999 ; Janaka et Al-Merie, 2002 ; kordali et al. 2003**).Elles sont également utilisées dans le traitement de l'eczéma, des infections buccales, diarrhées, lithiases rénales, jaunisse, maux de tête, ulcères, maux d'estomac, asthme et problèmes respiratoires (**Said et al, 2002**).

La résine est traditionnellement utilisée comme une gomme à mâcher et protège les lèvres contre la sécheresse, contre certaines maladies d'estomac et comme antiseptique pour le système respiratoire (**Baytop, 1999**).

✓ Autre usage :

- La résine, cette substance purement économique, est très utilisée depuis longtemps pour préparer le chewing-gum en Iran (**Delazar et al. 2004**);
- L'huile essentielle d'oléorésine est aussi utilisée en parfumerie pour fabriquer les déodorants, en cosmétique et comme un agent de flaveur dans les préparations alimentaires (**Delazar et al, 2004**).

I.4- Les activités biologiques de *Pistacia lentiscus*

Différentes activités biologiques et pharmacologique de *Pistacia lentiscus* résultent des études expérimentales effectuées sur cette plants, tels que, l'activée anti ulcéreuse, antibactériennes, anti ulcéreux duodéal et hepatoprotecteur (**Al-Saïd et al., 1986; Iauk et al., 1996; Janakat et AL-Merie, 2002**).

I.4.1- Activité antioxydante

La richesse des différentes parties de *Pistacia lentiscus* en polyphénols et en flavonoïdes lui confère l'activité antioxydant et cela par le piégeage direct des espèces réactives d'oxygène (ERO), l'inhibition des enzymes génératrices d'ERO, la chélation des ions de métaux de transition, responsables de la production des ERO et l'induction de la biosynthèse d'enzymes antioxydants (**Atmani et al, 2009; Bozorgi et al., 2013 ; Halliwell, 1994**).

I.4.2- Activité anti-inflammatoire

La présence de flavonoïdes dans les différentes parties de *Pistacia lentiscus* lui confère cette activité anti-inflammatoire. En effet, certains flavonoïdes sont de puissants inhibiteurs de la production des prostaglandines, des molécules pro-inflammatoires très actives. Cet effet serait dû à la réduction du métabolisme de l'acide arachidonique par l'inhibition de la lipooxygénase, de la cyclooxygénase et de la phospholipase A2 (**Manthey, 2000 ; Bozorgin et al, 2013**)

I.4.3- Activités anticancéreuses

La gomme du mastic de *Pistacia lentiscus* contient des composés qui inhibent la prolifération et induisent l'apoptose des cellules cancéreuses du côlon chez les humains (Balan et al, 2007).

I.4.4- Activités antibactérienne

Les extraits végétaux ont un large spectre d'activité. Leur action antibactérienne a largement été démontrée. Il en ressort que les bactéries Gram⁻ sont moins sensibles que les bactéries Gram⁺ car leur membrane externe contient des lipopolysaccharides (LPS), qui créent une barrière contre les macromolécules et les composés hydrophobes (walsh et al, 2003 ; Starliper et al, 2015). Ces composés naturels renferment un grand nombre de principes actifs et leur principale cible est la membrane cytoplasmique (Hyldgaard et al, 2012). Les composés phénoliques (acide gallique, acide digallique et 1, 2, 3, 4,6-pentagalloylglucose) de *Pistacia lentiscus* sont un moyen de défense contre les micro-organismes.

Le nombre de groupement hydroxyle augmente la toxicité contre les micro-organismes, soit par la chélation des ions métallique, soit par des interactions non spécifiques, telles que l'établissement des ponts hydrogènes avec les protéines des parois cellulaires, afin d'inactiver l'adhésion des microorganismes (Cowan, 1999 ; Lin et al, 2005).

Chapitre II :

Méthodes de séchage

II.1- Procédé de séchage

A quelques exceptions près ; les plantes ne sont disponibles que pendant une période de l'année assez limitée.

Les plantes destinées à la consommation alimentaire, pharmaceutique ou cosmétique, nécessitent souvent, avant d'être utilisées, une opération de préservation permettant leur stockage, leur transport, et facilitant leur transformation (**Karim et al. 2012**).

II.1.1- Histoire du séchage

Le séchage est l'un des plus vieilles méthodes de conservation connues. Les peuples primitifs faisaient sécher les herbes, les racines, les fruits..., en les exposant au soleil.

Depuis les débuts de la civilisation, presque tous les peuples ont eu recours à la déshydratation ou au séchage. Les plus anciens documents écrits sur le sujet mentionnent que des peuples de pêcheurs de la méditerranée avaient l'habitude de faire sécher leurs prises au grand air. Le séchage au soleil des feuilles de thé était très répandu en Chine.

A l'époque des explorateurs au XV^{ème} et XVI^{ème} siècle, la plupart des marins mangeaient des aliments séchés durant leurs voyages en mer. Quand Christophe Colomb a découvert l'Amérique, les aliments déshydratés ont joué un rôle important pour la survie de son équipage. Pour les voyages de ce type qui duraient plusieurs mois, la nourriture déshydratée était la seule à pouvoir se conserver aussi longtemps et permettre à l'équipage de survivre. Les Indiens d'Amérique préservaient leurs réserves de nourriture en les faisant sécher au soleil (**Jean-Jacques et Catherine, 2003**).

II.1.2-Définition du séchage

Selon **Alibas (2007)**, le séchage est défini comme étant l'une des méthodes de stockage, qui a tendance à augmenter la période de consommation d'un aliment, tout en gardant sa valeur nutritionnelle.

Le séchage est le processus d'élimination de l'humidité dans le produit jusqu'à un certain seuil par évaporation (**Jean-Jacques, Catherine (2003) ; Jean (2011)**).

Durant le séchage, l'eau est enlevée de l'aliment ce qui permet la stabilité des denrées périssables par abaissement de l'activité de l'eau (A_w), en générale, ces produits sont stockés à température ordinaire, avant d'être réhydratés pour une utilisation dans un procédé industriel ou dans une préparation culinaire (**Jean-Jacques et Catherine, 2003**).

II.1.3- Objectifs du séchage

L'utilisation du séchage dans les industries agro-alimentaires a de multiples buts dont le principal est de prolonger la durée de conservation des produits (viandes, poissons, fruits, graines, pâtes, épices, thé, champignons) (Jean-Jacques et Catherine, 2003; Alibas, 2007), inhibition de l'activité des micro-organismes, des enzymes ou des ferments de la matière (Alibas, 2007; Maskan, 2001) ; stabiliser les produits agricoles (maïs, riz, lait, tomate) et amortir le caractère saisonnier de certaines activités.

Le séchage permet aussi de diminuer la masse et le volume des aliments pour réduire leur encombrement et faciliter leurs emballages et transports (Jean-Jacques et Catherine, 2003 ; Lewicki, 2004; Jean, 2011).

II.1.4- Avantages et inconvénients du séchage

a) Avantages du procédé du séchage (Fournier, 2003):

- La simplicité de la méthode avec généralement un bon rendement ;
- L'universalité du procédé, accessible à tous, y compris pour les particuliers ;
- Une durée de conservation des aliments déshydratés qui peut être de plusieurs mois ;
- La désactivation des enzymes responsables de la dégradation des aliments ;
- L'inhibition de la croissance des micro-organismes grâce à la réduction de l'activité d'eau ;
- Sa capacité à être utilisée à des fins commerciales permettant de limiter les pertes de récoltes ;
- La diminution des coûts financiers et environnementaux liés au transport des marchandises en raison de la réduction massique.

b) Inconvénients du procédé du séchage:

Comme tous les traitements thermiques, le séchage peut entraîner, en particulier, des pertes d'arômes, de vitamines et de pigments (Fournier, 2003), des réactions de brunissement, des durcissements superficiels, des modifications irréversibles de texture et donc de capacité à la réhydratation, des pertes de constituants volatils et la modification de la répartition de l'humidité dans le produit. En général, le séchage a globalement moins d'inconvénients que d'autres procédés de conservation (appertisation, congélation ou traitement aseptique).

Le séchage des fruits, des légumes et des épices reste encore une méthode très répandue de conservation de ces aliments (**Chakraverty, 2003**).

II.2. Méthodes de séchages

Il existe plusieurs méthodes de séchage ou de conservation des végétaux. Certains végétaux se prêtent à un ou plusieurs modes de séchage qu'il convient d'expérimenter selon les moyens et les variétés disponibles.

II.2.1. Séchage à l'air libre

Cette méthode est la plus ancienne et elle est utilisée jusqu' à nos jours. Elle est basée sur un transfert de l'eau de la matrice voulue séchée vers l'air ambiant. En effet, une faible humidité relative de l'air correspond à une température élevée, ce qui lui confère une plus grande capacité d'entraînement de l'humidité. Ainsi, l'augmentation de la température de l'air ambiant est sans effet sur sa teneur en vapeur d'eau, mais les variations de température dans une matrice hydratée aura une incidence sur le contenu en vapeur d'eau de cette dernière (**Hossain et al, 2003**).

Le séchage à l'air est le procédé le plus courant et le plus facile, il comprend : le séchage au soleil, le séchage à l'ombre et sous abri, le séchage à l'air chaud et le séchage solaire.

II.2.2- Séchage par l'étuve

Il faut préciser la consigne de température de l'étuve, le temps de séjour et la taille de l'échantillon testé. Même si cette taille n'est pas en général critique, le temps de séjour dans l'étuve doit être adapté au rapport surface / volume. La meilleure durée est « jusqu'à poids constant », ce qui suppose plusieurs pesées successives, la masse finale constante restante est appelé « matière séché », la perte de poids désigne: (différence entre la pesée avant et après séchage) donne la teneur en eau initiale. L'air présent dans l'étuve peut être augmenté par la vapeur émise par les échantillons séchés, en fonction du renouvellement de l'atmosphère interne de l'étuve et en fonction des hétérogénéités de température. (Préférer les étuves« ventilées », à circulation forcée) (**Jean, 2009**).

II.2.3- Séchage par microondes

II.2.3.1- Définition des micro-ondes

Les micro-ondes ou hyperfréquences sont des ondes électromagnétiques non ionisantes, composées d'un champ électrique et d'un champ magnétique. Les fréquences des micro-ondes se situent dans le domaine des fréquences allant de 300 MHz à 300 GHz ce qui correspond à une longueur d'onde de 1 millimètre à 1 mètre. La fréquence la plus utilisée est 2450 MHz correspondant à la fréquence de la majorité des magnétrons des fours micro-ondes de cuisine ayant une puissance de 600 à 1000 Watts et une longueur d'onde dans l'air de 12,2 cm (Chandrasekaran et al, 2013).

II.2.3.2- Mécanisme de chauffage par micro-ondes

Le séchage par microonde appartient au type de séchage par ébullition (Rougier, 2003).

Le transfert de chaleur sous chauffage micro-ondes est complètement inversé par rapport au chauffage conventionnel. La chaleur du chauffage conventionnel se transmet de l'extérieur vers l'intérieur (Figure 02). Sous chauffage micro-ondes, le volume traité devient lui même source de chaleur. On parle de dégagement de la chaleur de l'intérieur vers l'extérieur (Chandrasekaran et al, 2013).

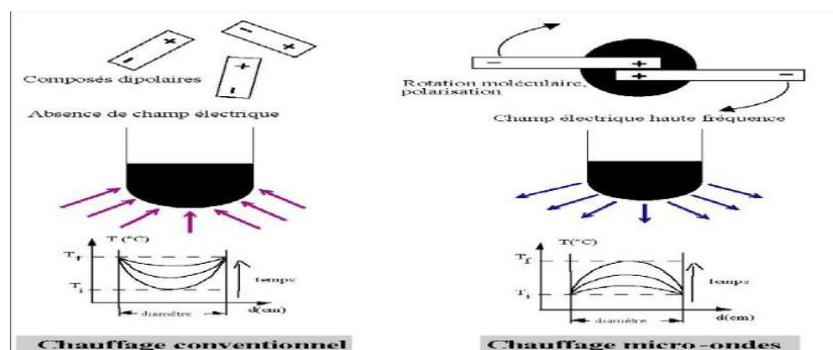


Figure 02: transfert thermique sous les deux modes de chauffage (Lucchesi, 2005)

II.2.3.2.1- Principe

Le phénomène fondamental responsable du chauffage microondes (appelé aussi chauffage par hystérésis diélectrique) est la dégradation par dissipation d'une partie de l'énergie transportée par l'onde électromagnétique. Un matériau diélectrique est un isolant donc un mauvais conducteur d'électricité. Il s'échauffe du fait de la polarisation et de la rotation de ses dipôles (figure 03) puis de leur relaxation lorsqu'ils sont soumis à des champs électriques alternatifs.

Le dégagement de chaleur résultant diffère fondamentalement du chauffage par effet Joule qui est provoqué par des frictions internes entre les électrons et les molécules. De plus, contrairement au chauffage classique, il a lieu dans le volume, d'où son appellation de «chauffage volumique » (Singh et Heldman, 2001)



Figure 03: Mouvement d'un dipôle dans un champ électrique (Singh et Heldman, 2001)

II.2.3.2.2- Technologie du four micro-ondes

Un four à micro-ondes est constitué de trois éléments principaux (Figure 04):

- **Générateur micro-onde**

Les micro-ondes de forte puissance sont produites par des tubes à vide dont le plus habituel est le magnétron (Grossin, 2006), il s'agit d'une diode thermoïonique composée d'une cathode chauffée qui émet des électrons et d'une anode polarisée positivement par rapport à la cathode pour attirer les électrons par le champ électrique continu E_0 . Ce champ à haute tension est produit par une alimentation électrique (Lucchesi, 2005).

- **Guide d'onde**

Le guide d'onde permet de convoier et de guider les ondes émises par le magnétron. Le guide est généralement un tube métallique ou un conducteur cylindrique dont la section droite est limitée par un contour fermé.

- **Cavité micro-ondes (Applicateur)**

L'applicateur est une cavité fermée qui doit assurer le transfert au matériau à traiter de l'énergie électromagnétique provenant du magnétron (Lucchesi, 2005).

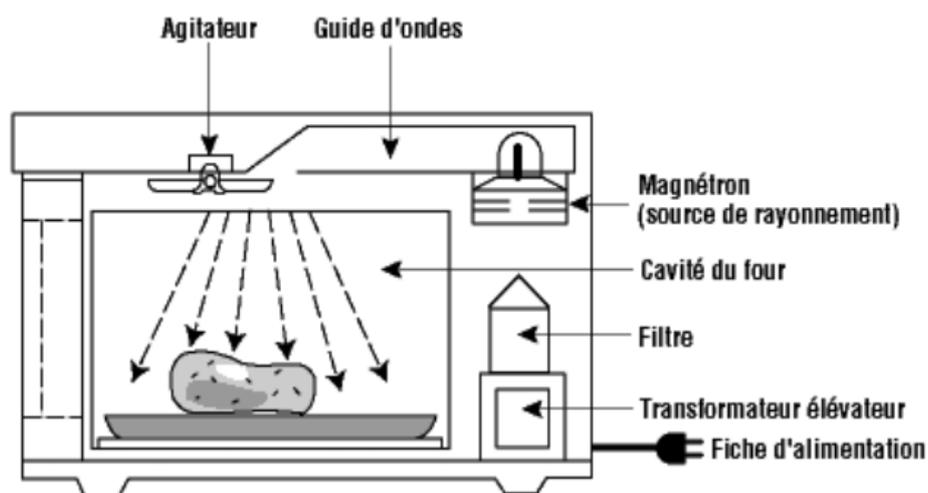


Figure 04 : schématisation du différent composant du four à micro-ondes (Sofiane, 2009).

II.2.3.2.3-Avantage des micro-ondes

Du point de vue chimique, les micro-ondes ne permettent pas d'affecter le matériel biologique, elles n'ont pas d'effet ionisant. Les micro-ondes ont une grande profondeur de pénétration ce qui entraîne une distribution de chaleur rapide et uniforme, principalement dans la partie humide du produit exposé, ce qui accélère le processus de séchage et limite la dégradation thermique. De plus, le séchage avec cette technologie présente un grand avantage en termes de cout et d'impact environnemental (Yilmaz, 2005).

II.2.3.3- Séchage par micro-ondes

Le séchage par micro-ondes est très efficace pour les produits ayant une teneur en eau inférieure à 20%. Il représente une alternative pour améliorer la qualité des produits déshydratés (Nieto Calvache 2015 ; Fissore et al, 2015).

Les micro-ondes peuvent être appliquées seules ou alors combinées avec d'autres procédés de séchage qui peuvent améliorer l'efficacité de séchage ainsi que la qualité organoleptique des produits alimentaires, qui est généralement meilleure que celle obtenue par séchage par micro-ondes seulement ou par d'autres techniques conventionnelles (Chandrasekaran et al, 2013).

II.2.3.4-Paramètres influençant le séchage microondes

II.2.3.4.1- Propriétés diélectriques des aliments

Dans le traitement microondes, seules les propriétés électriques du matériel à chauffer sont importantes pour la dissipation de l'énergie électrique en chaleur.

II. 2.3.4.2- Puissance microondes dissipée

La puissance microondes est en réalité une densité de puissance (ou puissance volumique) dissipée dans le produit. L'énergie microondes en elle-même n'est pas une énergie thermique. La chaleur provient plutôt de la conséquence de l'interaction entre l'énergie des microondes et le matériau (Copson, 1975).

II.2.3.4.3- Profondeur de pénétration des microondes

L'absorption progressive de la puissance est caractérisée par la profondeur de pénétration (dp). Elle est définie comme la profondeur dans le matériau pour laquelle le transfert de l'onde a été réduit de 37% par rapport à la puissance entrante (Buffler, 1993).

II.2.3.4.4- Effet du facteur de perte

Le facteur de perte ϵ'' d'un matériau varie avec sa température, sa teneur en eau et la fréquence du champ électrique qui lui est soumis (Sosa-Morales et al, 2010).

II.3-L'efficacité d'une technique de séchage

L'efficacité d'une technique de conservation se mesure à deux niveaux, à savoir la qualité du produit obtenu et la performance du procédé utilisé.

II.3.1-La qualité du produit séché

La qualité (hygiénique, nutritionnelle, praticité, sensorielle comme flaveur, couleur, texture...) du produit séché dépend du processus adopté, des prétraitements éventuels (il s'agit principalement de l'imprégnation pour les légumes et fruits), du taux d'élimination de l'eau, de l'état du fruit ou du légume impliquant le degré de maturité, mais également la taille des découpes (entiers, coupés, purée), ainsi que du matériau d'emballage utilisé (Poernomo, 1992; Yong et al, 2006).

II.3.2- La performance du procédé

L'objectif des recherches a toujours été de trouver des procédés simples, rapides et surtout aussi pratiques que possible. La performance d'un procédé de séchage est évaluée en termes de consommation d'énergie, cinétique, coût d'équipements et coût total ainsi qu'en termes de son impact sur l'environnement (Louka, 2002).

Chapitre III
Impact du Séchage
microondes sur l'activité
antioxydant des fruits de
Pistacia lentiscus

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

III.1- Impact du séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

L'étude s'est déroulée à l'université de Bejaïa par les étudiants GHANEMI Fares et HAGGANI Lamine, promotion de 2017, sur le thème : Effet de séchage aux micro-ondes et à l'étuve sur la composition phénolique et l'activité antioxydante de *Pistacia lentiscus* L.

III.2- Méthodologie

III.2.1- Collecte et séchage des fruits de *Pistacia lentiscus*

Les baies mures de *Pistacia lentiscus* ont été récoltées en décembre 2016 dans la région du village d'Alma Ougnane-Daira de Akbou, à une hauteur de 600 mètres d'altitude, distant de 75 km à l'ouest de Bejaïa (Algérie).

Après avoir nettoyé les fruits de *Pistacia lentiscus*, le matériel végétal récolté est divisé en deux parties : Une partie a été séchée à la micro-onde à différentes puissances (200W, 400W et 600W), et l'autre partie a été séchée à l'étuve à différentes températures (40°C, 60°C et 80°C).

Après le séchage, les différents échantillons ont été broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine, puis conservés dans des flacons en verre fermés et stockés à l'abri de la lumière.

III.2.2- Matériel et méthodes

III.2.2.1- Test d'humidité

La détermination de l'humidité est réalisée selon la méthode décrite par **Doymaz et al, (2004)**.

$$H(\%) = \frac{P_{\text{avant}} - P_{\text{après}}}{P_{\text{avant}}} \times 100$$

Où:

H (%) : Taux d'humidité en pourcentage.

P_{avant} : Poids de l'échantillon avant séchage.

P_{après} : Poids de l'échantillon après séchage.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

III.2.2.2-Extractions des composés phénoliques

Le matériel végétal broyé (1g) est soumis à une extraction par macération. La macération est réalisée dans 100 ml d'éthanol (50%). Après 3 heures d'agitation à température ambiante, le mélange est centrifugé pendant 15 min à 4000 tr/mn. Le surnageant (extrait brut) est conservé au frais (4°C).

III.2.2.3- Dosage des antioxydants

III.2.2.3.1- Polyphénols totaux

La fraction phénolique est déterminée par un dosage colorimétrique selon la méthode préconisée par **Maisuthisakul et al. (2007)**.

1 ml de folin ciocalteu (1/10) est ajouté à 1 ml de l'extrait. Après agitation, 0,8 ml de Na_2CO_3 (75 g.L^{-1}) ont été additionnés. Les tubes ont été incubés à l'obscurité pendant 90 minutes. L'absorbance est lue à 725 nm contre un blanc qui contient l'éthanol au lieu de l'extrait.

III.2.2.3.2- Flavonoïdes

Le protocole utilisé pour le dosage des flavonoïdes est celui décrit par **Verzelloni, (2007)**.

1ml d'extrait dilué sont placés dans un tube à essai en verre avec 0,3 ml de NaNO_2 à 5%. Après 5 minutes, 0,3 ml d' AlCl_3 à 10 % sont ajoutés, et la solution est mélangée à l'aide d'un vortex. Après 6 minutes, 2 ml de NaOH à 1 M et 10 ml de l'eau distillé sont ajoutés au milieu. Après 10 min à l'obscurité, l'absorbance est lue à 510 nm, et leurs concentrations sont exprimées en milligrammes d'équivalent quercétine par 100g de matière sèche (mg EQ/100g MS).

III.2.2.3.3- Flavonols

La méthode du trichlorure d'aluminium (AlCl_3) selon **Karunakaran et Kumaran, (2007)** est utilisée pour quantifier les flavonols dans les différents extraits de *Pistacia lentiscus* L. Un volume de 2 ml d'échantillon sont ajoutés à 2 ml AlCl_3 à 2%, puis 3 ml d'acétate de sodium (50g / l) sont ajoutés au mélange. L'absorption à 440 nm a été lue après 40 mn à une température ambiante.

La teneur en flavonols est exprimée en milligramme d'équivalent Quercétine par 100gramme de matière sèche (mg EQ/100g MS).

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de Pistacia lentiscus

III.2.2.3.4-Tanins condensés

Les tannins condensés sont déterminés en utilisant la vanilline en milieu acide (Mélo et al, 2006). Cette méthode est basée sur la capacité de vanilline à réagir avec les unités des tanins en présence d'acide pour produire un complexe coloré mesuré à 500 nm (Mélo et al. 2006).

3 ml de vanilline (4%) sont ajoutés à 0.35 de l'extrait. Après une agitation rigoureuse, 0.25 ml de HCl concentré (36%) sont additionnés. Incubation à l'obscurité pendant 20 minutes et lecture de l'absorbance UV à 500 nm.

Les concentrations en tanins condensés sont exprimées en mg d'équivalent catéchine par 100g de matière sèche (MS) à partir de la droite d'étalonnage.

III.2.2.4- Activité antioxydant

III.2.2.4.1- Pouvoir réducteur

III.2.2.4.1.1- Réduction du ferricyanure de potassium

Le pouvoir réducteur des extraits est déterminé selon la méthode de Gulçin et al. (2002).

Un volume de 1 ml d'extrait est additionné à 2,5 ml de tampon phosphate (0,2M à pH 6,6) et 2,5 de ferricyanure de potassium (1%). Le mélange est incubé à 50° C pendant 20 min.

Un volume de 2,5 ml de TCA (10%) sont ajoutés dans un tube à essai, puis 1 ml de l'eau distillée sont ajoutés et puis, 0,2 ml de chlorure ferrique à 0,1% sont additionnés. L'absorbance est mesurée à 700 nm (Gulçin et al, 2002).

Une augmentation de l'absorbance du mélange réactionnel indique une augmentation du pouvoir réducteur.

III.2.2.4.2- Activité antiradicalaire

III.2.2.4.2.1- Activité antiradicalaire au DPPH

L'activité antiradicalaire des extraits est déterminée en utilisant le radical stable DPPH (Harris et al. 2009).

Le Principe est l'addition du radical libre stable DPPH ou 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyle à une solution éthanolique contenant un composé antioxydant et qui peut céder un atome hydrogène et entraîne un changement de la coloration violette, l'apparition de la forme réduite de DPPH nous donne une couleur jaune (Ammar et Mohcen, 2009).

Le pourcentage de réduction est donné selon formule suivante : (Harris et al., 2009).

$$\text{Pourcentage d'inhibition} = (A_0 - A_1) / A_0 \times 100$$

Où :

A₀: Absorbance du control.

A₁ : Absorbance de l'échantillon.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

Un volume de 0,1 ml d'extrait dilué sont ajoutés à 0,9 ml de DPPH [DPPH]=60 μ mol/l. Après une incubation à l'obscurité, l'absorbance est lu à 517 nm (Harris et al, 2009).

III.2.3- Analyse statistique

Une étude statistique des résultats obtenus a été faite dans le but de mise en évidence des différences significative entre les extraits à l'aide du logiciel JMP.7, pour l'analyse de la variance a un seul critère de classification (ANOVA) dont le degré de signification des donnés est pris à la probabilité de $P < 0.05$.

III.3- Résultats et discussion

III.3.1- Taux d'humidité

Le test d'humidité permet de connaitre la teneur en eau des échantillons.

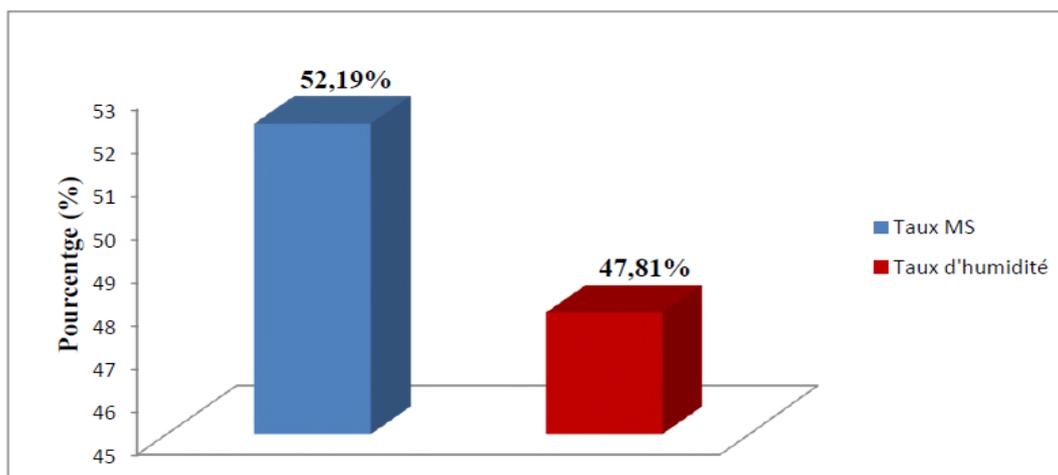


Figure 05: Taux d'humidité et de matière sèche de fruit étudié.

Les résultats obtenus sur la figure 05 montrent que les fruits de *Pistacia lentiscus* ont un taux d'humidité de 47,81% et de matière sèche de 52,19%.

Les cellules végétales possèdent de l'eau qui est une source de dégradation de polyphénol par oxydation (Ribereau-gayon, 1982).

Pour éviter cette dégradation, on procède à un séchage pour éliminer l'eau, tout en préservant la composition chimique des cellules. Le séchage inhibe aussi les enzymes existantes dans le matériel végétal frais (le polyphénol oxydase) (Espin et Tomas-Babera, 2001).

III.3.2- Antioxydants

III.3.2.1- Polyphénols totaux

Les teneurs en polyphénols totaux des fruits séchés à l'étuve et à la micro-onde sont présentées sur la figure 06.

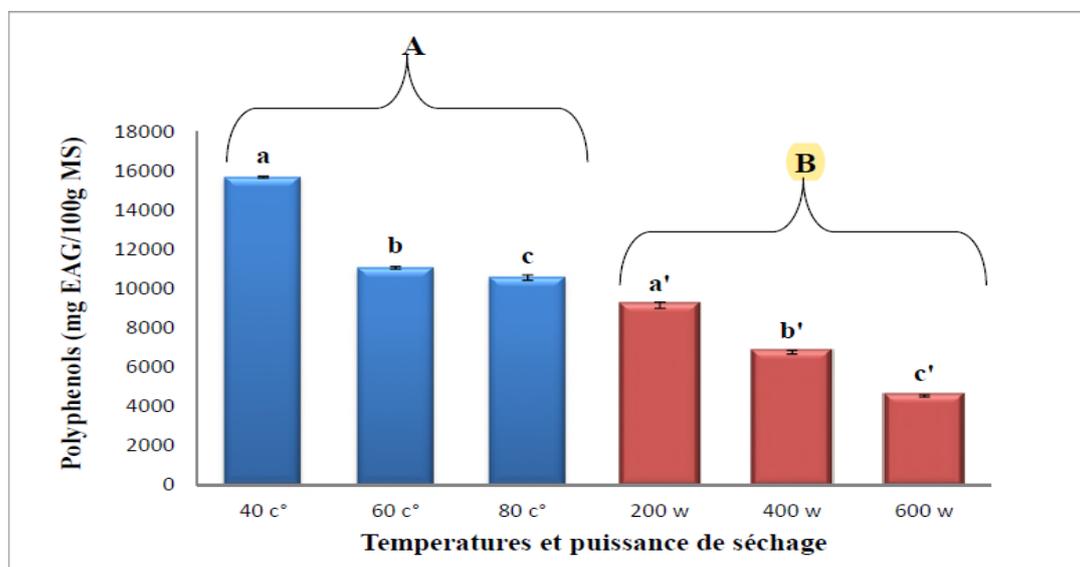


Figure 06 : Teneur en composés phénoliques des extraits séchés de *Pistacia lentiscus* L.

Les valeurs représentent la moyenne des trois mesures.

A, B : effet de la méthode du séchage (A>B).

a, b, c : effet du séchage à l'étuve ; a', b', c' : effet du séchage au micro-onde.

➤ Séchage à l'étuve

La figure06montre une différence significative ($p<0.05$) entre les teneurs en polyphénols totaux en fonction de la température de séchage.

Les teneurs en polyphénols totaux des différents extraits étudiées varient de 15680,78mgEAG/100 g MS (40°C) à 9526,77 mgEAG/100g MS (80°C). **Vanzani et al. (2005)**, ont déduit que le taux des polyphénols totaux augmente à des températures de 25°C à 55°C. L'augmentation de la température au-delà de ces valeurs induit à la dégradation des polyphénols qui sont déjà conservés à des basses températures.

Les teneurs en composés phénoliques totaux obtenues à partir des fruits de *Pistacia lentiscus* séchés à l'étuve sont les plus importantes par rapport à celles des feuilles de cette dernière (13765 mgEAG/100gMS à 40°C) (**Arabi et Boucharguine, 2013**). Cette variation est due à la différence de partie étudiée.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de Pistacia lentiscus

➤ Séchage aux micro-ondes

La figure 06 montre une différence significative ($p < 0.05$) des teneurs en polyphénols totaux en fonction de puissance de séchage.

La teneur optimale en composés phénoliques issue du séchage à la micro-onde est obtenue avec 200W (9308,84 mg EAG/100g MS) est la plus faible avec 600W (4701,12 mgEAG/100g MS).

Dans le cas des fruits de *Pistacia lentiscus* séchés à la micro-onde, on remarque la diminution de la teneur en composés phénoliques à partir de 200W jusqu'à 600W. Cette diminution est due à la dégradation de ces dernières par les puissantes radiations lors du séchage et le temps de séjour dans le four micro-onde qui influence sur la composition phénolique (Akyildiz et al, 2004).

Une précédente étude sur les feuilles de *Pistacia lentiscus* séchées a montré que les composés phénoliques sont conservés à des puissances inférieures à 300W (Arabi et Boucharguine, 2013).

Les résultats obtenues, indiquent une différence significative $P < 0.05$ selon la méthode de séchage (étuve et micro-onde), dont la teneur élevée est obtenus avec le séchage à l'étuve (12090,1 mgEAG/100g MS), et la plus faible avec la micro-onde (7081,1 mgEAG/100g MS).

III.3.2.2- Flavonoïdes

Les teneurs en flavonoïdes totaux des fruits séchés à l'étuve et à la micro-onde sont présentées sur la figure 07.

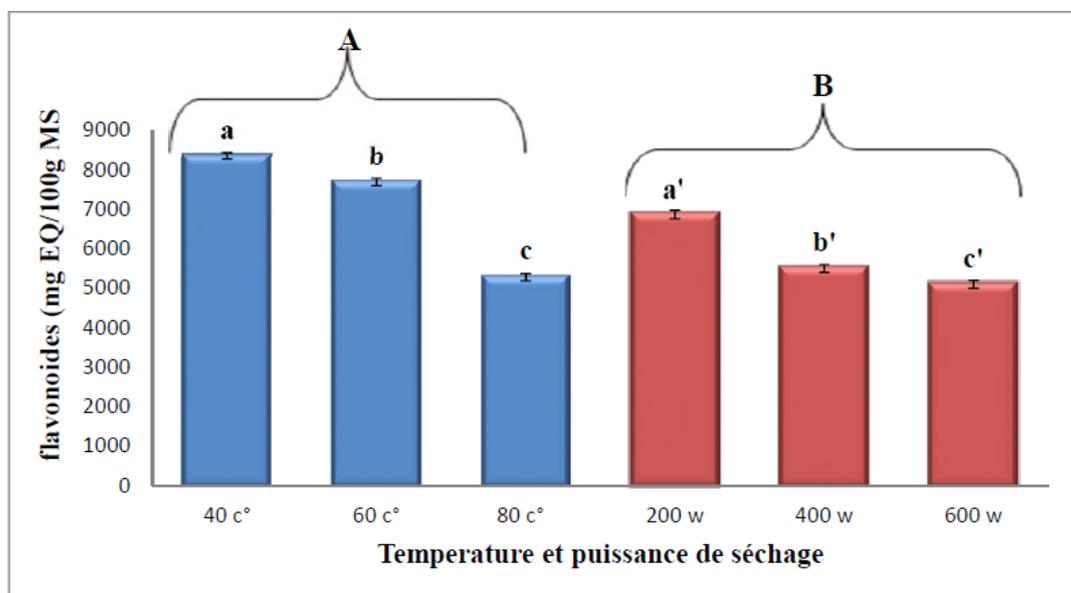


Figure07: Teneur en flavonoïdes des extraits séchés de *Pistacia lentiscus* L.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

➤ Séchage à l'étuve

Les résultats montrent une différence significative ($p < 0.05$) des teneurs en flavonoïdes en fonction de la température de séchage. La teneur optimale en flavonoïdes est de 8367,13 mg EQ/100g MS (40°C), et la plus faible est de 7290,73 mg EQ/100g MS (80°C). Selon **Chan et al. (2009)**, la température élevée provoque la dégradation des flavonoïdes, ce qui confirme nos résultats.

Les teneurs en flavonoïdes des fruits de *Pistacia lentiscus* sont les plus importantes par rapport aux teneurs enregistrés par **Arabi et Boucharguine, (2013)** sur feuilles de cette dernière (699 mg EQ/100g MS).

➤ Séchage aux micro-ondes

Les résultats montrent une différence significative ($p < 0.05$) des teneurs en flavonoïdes en fonction de la puissance de séchage.

Cette présente étude montre que les teneurs en flavonoïdes varient de 6862,74 mgEQ/100g MS (200W) à 5096,34 mg EQ/100g MS (600W).

Arabi et Boucharguine, (2013) ont montré que la teneur en flavonoïdes des feuilles de *Pistacia lentiscus* est conservée à une puissance de 400W (837 mg EQ/100g MS). Par contre, dans notre étude sur les fruits de la même espèce, la teneur optimale en flavonoïdes est observée à la puissance de 200W.

Jaiswal et al. (2013) ont confirmé que la teneur en flavonoïdes est considérablement réduite après leurs traitements aux micro-ondes.

III.3.2.3- Flavonols

Les teneurs en flavonols des fruits séchés à l'étuve et aux micro-ondes sont présentées sur la figure 08.

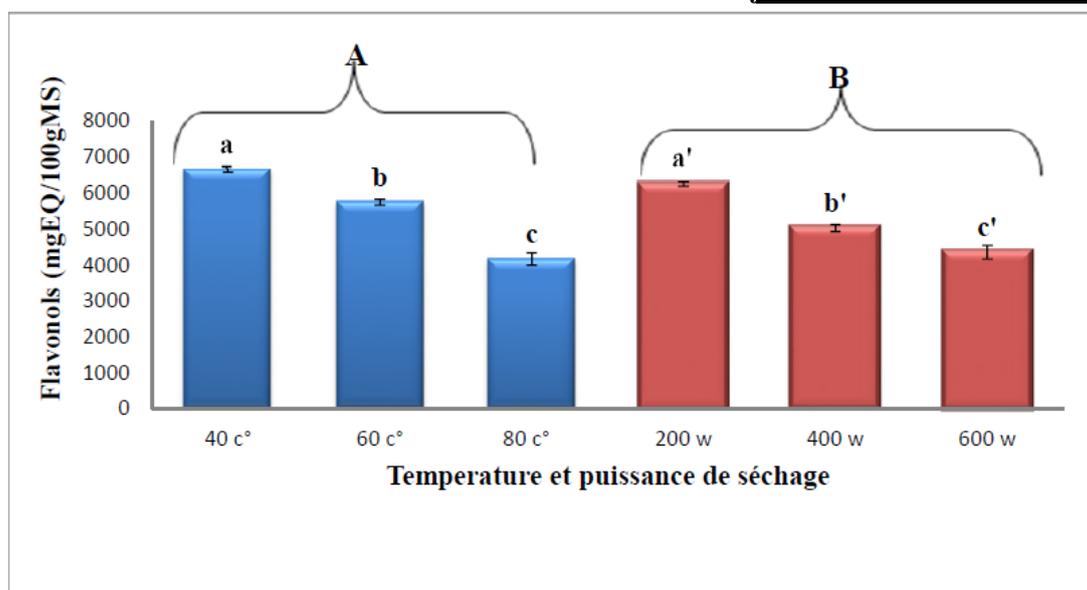


Figure 08: Teneur en flavonols des extraits séchés de *Pistacia lentiscus* L.

➤ **Séchage à l'étuve**

Les teneurs en flavonols présentent une différence significative ($p < 0.05$) selon la température de séchage.

D'après les résultats obtenus sur la figure 08, on déduit que la teneur la plus élevée est de 6660,74 mgEQ/100g MS (40°C), et la plus faible est de 4164,19 mgEQ/100g MS (80°C).

Cette diminution est due à la dégradation des flavonols par des températures élevées, ce qui a été confirmé lors de dosage des flavonoïdes.

➤ **Séchage aux micro-ondes**

Les teneurs en flavonols présentent une différence significative ($p < 0.05$) selon la puissance de séchage.

La présente étude nous a montré que à la puissance 200W présente la teneur la plus élevée en flavonols (6246,29 mgEQ/100g MS), alors que la teneur la plus faible (4253 mgEQ/100g MS) est obtenue à 600W.

Cette diminution est expliquée par la dégradation des flavonols à des radiations supérieures à 200W dans la matrice végétale, ce qui a été confirmé lors de dosage des flavonoïdes.

L'analyse de l'ensemble des résultats montre que les teneurs en flavonols des extraits séchés à l'étuve et à la micro-onde ne présentent pas une différence significative ($P < 0.05$) selon la méthode de séchage (5522,66 ; 5206,89 mgEQ/100g MS).

III.3.2.4- Tanins condensés

Les teneurs en tanins condensés des fruits séchés de *Pistacia lentiscus* à l'étuve et aux micro-ondes sont présentées sur la figure 09.

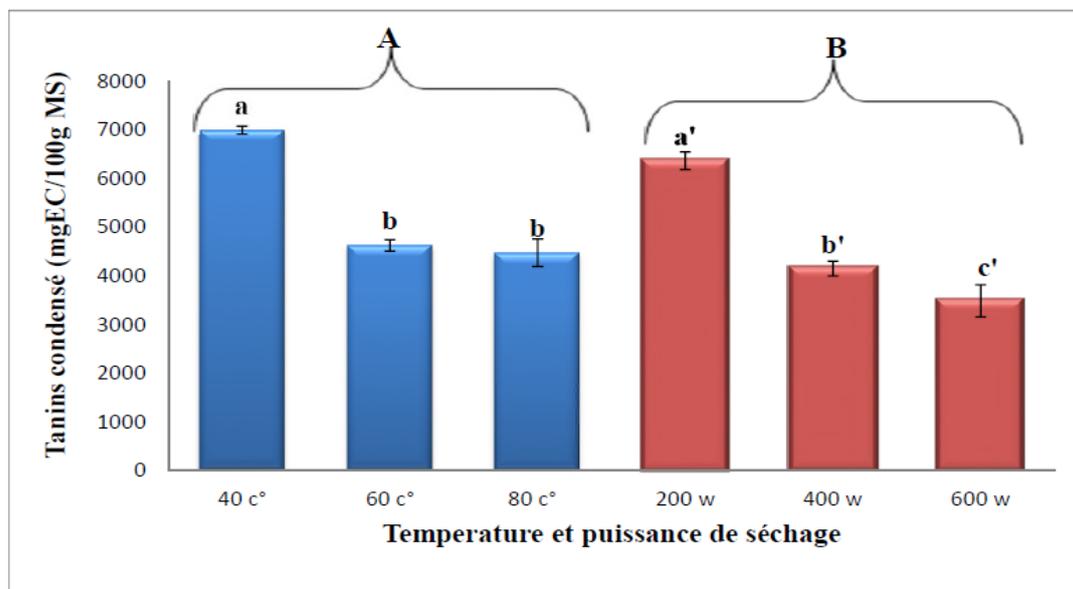


Figure 09 : Teneur en tanins condensés des extraits séchés de *Pistacia lentiscus* L.

➤ Séchage à l'étuve

Les résultats montrent une différence significative ($p < 0.05$) des teneurs en tanins condensés de l'extrait séché à 40°C et celles séchées à 60 et 80°C, alors que, les extraits séchés à 60°C et 80°C ne présentent pas une différence significative ($p < 0.05$) en fonction de température de séchage.

Les résultats obtenus, révèlent que c'est à 40°C qu'on obtient la teneur la plus élevée en tanins condensés qui est de 7007,7 mgEC/100g MS, par contre la teneur la plus faible est observée avec l'extrait séché à 80°C (4477,44 mgEC/100g MS).

À des températures supérieures à 40°C, les tanins condensés sont dégradés. **Azaizeh et al. (2013)**, ont rapportés qu'à des températures élevées, les polyphénols et les tanins condensés en particulier sont affectés.

Ces teneurs sont inférieures par rapport à une étude précédente sur les feuilles de la même espèce avec les mêmes températures de séchage (7622 ; 7526 mgEC/100g MS) (**Arabi et Boucharguine, 2013**). Cette variation est due à la différence des parties étudiées (fruits, feuilles).

➤ Séchage aux micro-ondes

La figure 09 montre que les teneurs en tanins condensés présentent une différence significative ($p < 0.05$) selon la puissance de séchage.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

La teneur la plus élevée (6369 ,63 mgEC/100g MS) est obtenue avec l'extrait séché à 200W, alors que la teneur la plus faible (3487,34 mgEC/100g MS) est celle de l'extrait séché à 600W.

Cette diminution peut être expliquée par le pouvoir de pénétration des radiations supérieur à 200W dans la matrice végétale, qui dégradent les tanins.

Jean et al. (2009) ont démontré que la puissance des radiations et la durée de séchage aux micro-ondes influencent sur la composition phénolique des matrices végétales.

D'après l'analyse statistique, les teneurs moyennes en tanins condensés des extraits séchés à l'étuve (5309,86 mgEC/100g MS) et à la micro-onde (4671,80 mgEC/100g MS) ne présentent pas de différence significative ($p < 0.05$).

III.3.3- Activité antioxydante

III.3.3.1- Pouvoir réducteur

III.3.3.1.1-Réduction du ferricyanure de potassium

Le pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium des fruits séchés de *Pistacia lentiscus* à l'étuve et aux micro-ondes sont présentées sur la figure 10.

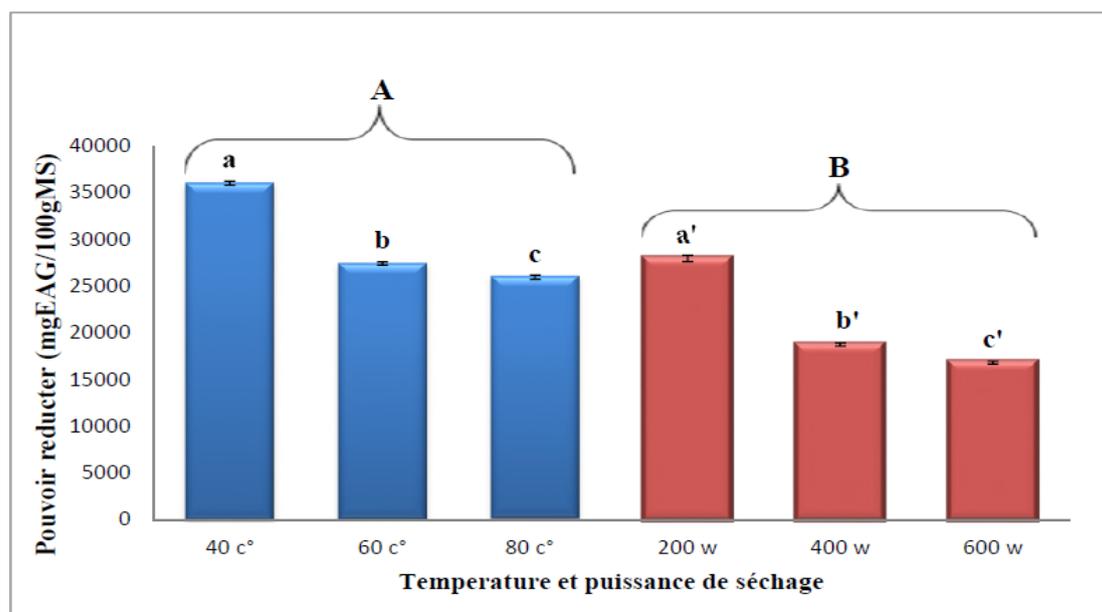


Figure 10: Pouvoir réducteur au ferricyanure de potassium des extraits séchés.

Cette présente étude montre une différence significative ($p < 0.05$) des pouvoirs réducteurs en fonction de la température de séchage.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

L'extrait séché à la température 40°C manifeste un pouvoir réducteur plus élevé (36220,82 mgEAG/100g MS) que celui de 60 et 80°C (27558,34 ; 25942,54 mgEAG/100gMS), Cette variation est due à la différence des teneurs en tanins condensés dans les différents extraits.

Pistacia lentiscus est connue pour sa richesse en gallotannins, ce dernier ayant un grand nombre de groupements hydroxyyles incluant le groupe o-dihydroxyle qui lui confère une forte activité réductrice des ions ferriques en ions ferreux (Mansouri et al, 2005).

À partir des études précédentes sur les feuilles de même espèce réalisée par Cherift(2011), on déduit que les fruits de *Pistacia lentiscus* ont une capacité réductrice inférieure à celle des feuilles.

➤ Séchage aux micro-ondes

La figure11 montre des différences significatives ($p < 0.05$) des pouvoir réducteurs selon la puissance de séchage.

Le pouvoir réducteur le plus élevé (27947,33 mgEAG/100g MS) apparaît à 200W, et le plus faible (16831,42 mg EAG/100g MS) à 600W.

Ces résultats peuvent être expliqués par la présence des composés donneurs d'électrons qui entraînent la réduction de Fe^{3+} en Fe^{2+} . Plus la teneur des extraits en composés phénoliques augmente, plus il y a apport d'antioxydant et plus le pouvoir réducteur augmente (Amessis, 2007).

Les pouvoirs réducteurs des extraits séchés à l'étuve et aux micro-ondes sont significativement différents ($P < 0,05$), avec des pouvoir réducteurs de 29792,5 ; 21120,1 mg EAG/100g MS respectivement.

III.3.3.2- Activité antiradicalaire

III.3.3.2.1- Activité antiradicalaire au DPPH

Les pourcentages d'inhibition du radical DPPH des fruits séchés de *Pistacia lentiscus* à l'étuve et aux micro-ondes sont présentés sur la figure12.

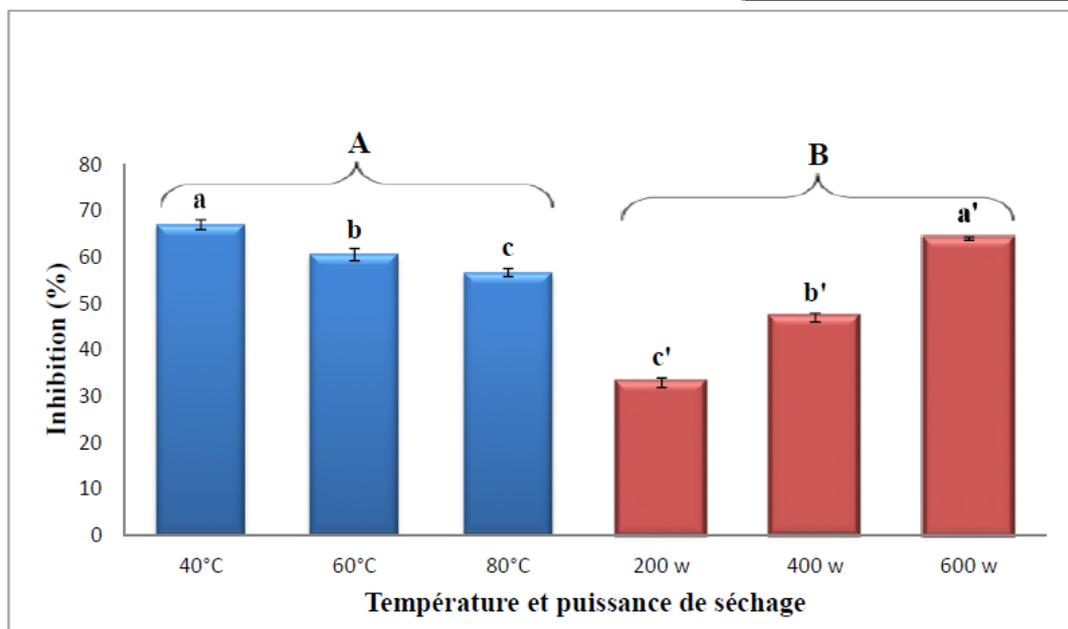


Figure 11 : Activité antiradicalaire (DPPH) des extraits séchés.

➤ **Séchage à l'étuve**

Cette présente étude illustre bien une différence significative ($p < 0.05$) des activités antiradicalaires au DPPH selon la température de séchage. Avec la température 40°C, les fruits de *Pistacia lentiscus* séchés possèdent un pouvoir antiradicalaire (67.04 %) plus important que celui de 60°C (60.54 %) et de 80°C (56.69 %).

Cette différence de l'activité antiradicalaire (DPPH) peut être expliquée par la différence des teneurs en composés phénoliques et en flavonoïdes qui ont un pouvoir d'agir comme des agents réducteurs en donnant plus d'atomes pour stabiliser les radicaux libres (**Pietta, 2000**).

Selon **Atmani et al. (2009)**, les feuilles de *Pistacia lentiscus* ont une activité antiradicalaire (DPPH) de 93%. Ce résultat est supérieur à celui de la présente étude.

➤ **Séchage aux micro-ondes**

L'activité antiradicalaire (DPPH) des fruits de *Pistacia lentiscus* séché aux micro-ondes montre une différence significative ($p < 0.05$) selon la puissance de séchage, elles varient entre 64.01% (600W) et 32,95 % (200W).

L'augmentation de pourcentage d'inhibition des radicaux DPPH est due au clivage et libération des composés phénoliques à des puissances plus élevées, ce qui induit à une forte activité anti radicalaire, ce qui a été confirmé par **Hayat et al. (2010)**.

Chapitre III : Impact du Séchage microondes sur l'activité antioxydant des fruits de *Pistacia lentiscus*

L'activité inhibitrice du radical DPPH ne dépend pas uniquement de la teneur en antioxydants y compris les polyphénols, mais aussi de la structure et les interactions existantes entre les différentes formes (**Turkmen et al., 2006**).

L'activité antiradicalaire des extraits séchés à l'étuve et à la micro-onde présentent une différence significative ($P < 0,05$), avec des pouvoirs inhibiteurs de 61,42 ; 47,95 % respectivement.

Conclusion

Dans cette étude, on s'est intéressé aux effets de deux modes de séchage (micro-onde et étuve) sur la teneur en composés phénoliques et l'activité antioxydant de *Pistacia lentiscus*, plante largement utilisée en médecine traditionnelle, grâce à ses différentes activités biologique (anticancéreuses, anti inflammatoire, antioxydant et antibactérienne).

L'évaluation quantitative des polyphénols totaux, indique que la teneur optimale est attribuée au séchage à l'étuve à 40°C (15680 mgEGA/100gMS), et aux micro-ondes à 200W (9308,84 mgEGA/100g MS).

D'autre part, le dosage des flavonoïdes et flavonols indique que la teneur optimale en flavonoïdes est de 8367,13 mgEGA/100g MS pour le séchage à l'étuve (40°C), et de 6862,74 mgEGA/100g MS pour les fruits séchés aux micro-ondes à 200W. Pour les flavonols la valeur optimale est de 6660,74 mgEGA/100g MS à l'étuve (40°C), et de 6246,29 mgEGA/100g MS aux micro-ondes (200W).

Par ailleurs les résultats de dosage des tannins condensés montrent que la teneur optimale est de 7007,7 mgEGA/100g MS pour le séchage à l'étuve (40°C), et de 6369,63 mgEGA/100g MS pour le séchage aux micro-ondes (200W).

Concernant la réduction du fer ferrique, les résultats montrent que l'extrait issu de séchage à l'étuve (40°C) a un pouvoir de 36220,82, et de 27947,33 pour les fruits séchés au MO (200W).

Les extraits présentent une activité antiradicalaire très importante contre le radical DPPH, le pourcentage le plus élevé est observé avec les fruits séchés à l'étuve (40°C) avec 67,04 % et de 64,01 % pour celle séchés aux micro-ondes (600W).

Vue les résultats obtenues, il existe une relation entre les activités antioxydants et les composés phénoliques, cela estime que les composés phénoliques seraient probablement responsable de ces activités.

L'évaluation des effets du séchage par les deux méthodes sur l'activité antioxydant des composés phénoliques révèle que le séchage à l'étuve est plus conservable des composés phénoliques, mais la micro-onde est plus avantageux du point de vue de temps.

Références bibliographiques

A

- **Akyildiz A., Aksay S., benli H., Kiroglu F., Fenercioglu H. (2004).** Determination of changes in some characteristics of persimmon during dehydration at different temperatures. *Journal of food Engineering*, 65(1): 95-99.
- **Alibas I (2007):** Microwave, air and combined microwave– air - drying parameters of pumpkin slices. *LWT- Food Science and Technology*, 40 (8):1445-1451.
- **AL-said M.S., Ageel A.M., Parmar N.S., Tariq M. (1986).** Evaluation of mastic, a Crude Drug obtained from *Pistacia lentiscus* for Gastric and Duodenal Anti-ulcer Activity, *Ethnopharmacol.* 15(3), 271-8.
- **Ammar A.S.M., Mohcen, S.M., (2009).** Total phenolic contents and antioxidant activity of corn tassel extracts. *Food chemistry*, 112: 595-598.
- **Amessis N. (2007).** Etudes du pouvoir antioxydant des extraits phénoliques des plantes médicinales de la région de basse kabylie. Université Abderahmane Mira (Bejaia). Thèse de magistère. P 70.
- **Arab K., Bouchenak O. Yahiaoui K., (2014).** Phytochemical Study and Evaluation of the Antimicrobial and Antioxidant Activity of Essential Oils and Phenolic Compounds of *Pistacia Lentiscus*. *Journal of Fundamental and Applied Sciences*, 6:77-91.
- **Arabi T. et boucherguine Y. (2013).** Etudes coarative de séchage en terme de cinétique et de qualité phénolique étude phénoménologique. *Mémoire de fin de cycle* pp : 40.
- Atmani, D., - Chaher, N., Berboucha, M., Ayouni, K., Lounis, H., Boudaoud, H., Debbache, N and - Atmani, N. (2009).** Antioxidantcapacity and phenol content of selected Algerian medicinal plants. *Food Chemistry*, 112:303-309.
- **Azaizeh H., Halehle F., Abbas N., Markovics A., -Muklada H., Ungar ED., Landau SY.(2013).** Polyphenols from *Pistacia lentiscus* and Phillyrealatif impair the exshearthemement of gastro-intestinal nematode larvae. *Veterinary parasitology*, 191(1-2):44-50.

B

- **Balan K. V., Prince J., Han Z., Dimas K., Cladaras M., Wyche J. H., 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.
- **Bahorun T. (1997).** Substances naturelles actives. La flore Mauricienne .une source d'approvisionnement potentielle. *Food and Agricultural Research council Mauritius*. pp 83-94.
- **Baytop, T. (1999).** Therapy with medicinal plants in turkey- Past and Present, Second ed. Nobel Publishers, Istanbul.
- **Ben Douissa F., Hayder N., Chekir-Ghedira L., Hammami M., Ghedira K., Mariotte A.M. and Dijoux-Franca M.G. (2005).** New study of the essential oil from leaves of *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae) from Tunisia. *Flavour and fragrance journal*, 20: 410-414.
- Bensalem (2015),** L'huile de lentisque (*Pistacia Lentia*s.L) dans l'est Algérien : caractéristique physico-chimique et composition en acide gras, Magister, université Constantine 1, France.
- Benkhniq L., lahcen Z., mohamed F., houda E., atmane R., allal d. (2011).** Etude ethnobotanique des plantes médicinales dans la région de Mechraâ Bel Ksiri (Région du Gharb du Maroc).Barcelona. *Acta Bot. Borc* , 53 :pp191-216.
- Belfadel F.Z. (2009).** Huile de fruits de *Pistacia lentiscus*- Caractéristiques physicochimiques et effets biologiques (Effet cicatrisant chez le rat). Mémoire Magistère en chimie organique, p19, p139).
- **Beloued A. (1998).** Plantes médicinales d'Algérie. Département De Botanique A L'institut National agronomique d'El-Harrch-Algérie.P:277.
- **Bozorgi M., Memariani Z., Mobli M., Hossein M., Surmaghi S., Shams-ardekanim.R., Rahimi r. (2013).** Five *Pistacia* species (*P. vera*, *P. atlantica*, *P. terebinthus*, *P. khinjuk*, and *P. lentiscus*): a review of their traditional uses, phytochemistry and pharmacology, *The ScientificWorldJournal*1-33.
- Boukeloua A. (2009).** Caractérisation botanique et chimique et évaluation pharmacotoxicologique d'une préparation topique à base de l'huile de *Pistacia lentiscus* L. (Anacardiaceae), Mémoire de magister en biotechnologie végétale.
- Boullard B. (2001).** Dictionnaire des plantes médicinales du monde: Réalités et Croyance, Ed: Estem, p414, 415.

-**Buffler, C. R., (1993).** Microwave Cooking and Processing: Engineering Fundamentals for the Food Scientist. Aspen Publishers. New York, 220.

C

- **Castola V. Bighelli A Casanova J (2000):** Intraspecific chemical variability of the essential oil of *Pistacia lentiscus* L. from Corsica. *Biochemical Systematics and Ecology*, 28(1) :79-88.

- **Catherine, B., Jean-Jacques, B., (2008).** Séchage des produits alimentaires Appareils et applications. Techniques de l'ingénieur Opérations unitaires du génie industriel alimentaire, base documentaire : TIB430DUO (ref. article : f3002).

- **Charef M., Yousfi M. & M. Saidi , (2008).** -Determination of fatty acid composition of acorn (*Quercus*), *Pistacia Lentiscus* seeds growing in Algeria. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 85: 921–924.

-**Chakraverty, A.(2003).** Conversion and utilization of biomass. In: *Handbook of postharvest technology: cereals, fruits, vegetables, tea, and spices*, (Eds.) H.S. Ramaswamy, G.S.V. Raghavan, A. Chakraverty, A.S. Mujumdar, Marcel Dekker. New York, 797-819.

- **Chan EWC., Lim Y.Y., Wong S.K., Tan S.P., Lianto F.S., Yong M.Y.(2009).** Effects of different drying methods on the antioxidant properties of leaves and tea of ginger species. *Food chemistry*, 112(1): 166-172.

- **Chandrasekaran, S., Ramanathan S., (2013).** "Microwave food processing—A review." *Food Research International* 52(1): 243-261.

-**Cherif (2016).** Effet cicatrisants de produits à base d'huile de lentisque (*Pistacia lentiscus*. L) sur les brûlures expérimentales chez le rat, Doctorat, université constantine 1.

- **Cheraft, N. (2011).** Activité biologique *in vitro* des extraits de *Pistacia lentiscus* contre les radicaux ABTS^{•+}, O₂^{•-} et •NO et caractérisation des fractions actives. Thèse magister. 53

- **Copson, D. A., (1975).** Microwave Heating. *AVI Publ.Co., Westport, Connecticut*, 285p.

- **Coste H., (1937).** Flore descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes, Second Tirage, Paris - Librairie des Sciences et des Arts.

-**Cowan, M., (1999).** Plant Products as Antimicrobial Agents. *Clinical Microbiology Reviews* 12:564-582.

D

- **Delazar, A. ;Reid, R.G (2004).** Sarker, S.D. GC-MS analysis of the essential oil from the oleoresin of *Pistacia atlantica* var. *Mutica*. *Chemistry of Natural Compounds*, Vol.40, No. 1.

-**Djerrou Z. (2011)**. Etude des effets pharmaco-toxicologique de plante médicinales d'Algérie: l'activité cicatrisante et innocuité de l'huile végétale de Pistacia lentiscus L. Thèse de Doctorat en sciences. Université Mentouri, Faculté des sciences de la nature et de la vie, Constantine, 156 p.

- **Doymaz I., Gorel O., Akgun N.A. (2004)**. Drying characteristics of the solid by product of olive oil extraction. *Biosystems Engineering*, 88: 213-219 D103.

E

- **Espin J.C, Tomas-Babera F.A (2001)**. Phenolic compounds and related enzyme as determinants of quality in fruits and vegetables. *Journal of the science of food and agriculture* 81: 853-876.

F

- **Feidemann J., (2005)**. World Spices Plants: Economic Usage, Botany, Taxonomy Springer Verlag, Berlin Heidelberg, European Union, p 196.

-**Fissore, D. (2015)**. On the design of a fuzzy logic-based control system for freeze- drying processes. *J.Pharm.Sci.* 105, 3562–3572. doi:10.1016/j.xphs.2016.08.018

- **Fournier, V. (2003)**. *Conservation des aliments*. Université Laval, Canada; 16 p.

G

- **Grossin D., (2006)**, Développement du procédé de chauffage micro-ondes en vue de l'élaboration de céramiques à propriétés électriques particulières. Université de Caen.

- **Gulcin I., Oktay M., Kufrevioglu O. I., Aslan A. (2002)**. Determination of antioxidant activity of lichen *Cetrariais landica*(L) Ach. *Journal of Ethnopharmacology*.79: 325–329.

H

- **Halliwel B. (1994)**. Free radicals and antioxidants: a personal view. *Nutrition reviews*. **52 (8)**, 253-265.

- **Hans W. Koth. (2007)**. 1000 plantes aromatiques et médicinales. Ed: Terre. p 242.

- Harris G.G., Brannan R.G. (2009).** A preliminary evaluation of antioxidant compounds, reducing potential, and radical scavenging of pawpaw (*Asimina triloba*) fruit pulp from different stages of ripeness. *LWT - Food Science and Technology*, 42: 275–279.
- **Hayat, K., Zhang, X., Chen, H., Xia, S., Jia, C., Zhong, F. (2010).** Liberation and separation of phenolic compounds from citrus mandarin peels by microwave heating and its effect on antioxidant activity. *Separation and Purification Technology*,
- Hossain MA, Bala BK, Satter MA (2003):** Simulation of natural air drying of maize incrisbs. *Simulation Modelling Practice and Theory* 2003,11(7–8):571-583.
- **Hyldgaard M., Mygind T., Meyer R. L. (2012).** Essential oils in food preservation: mode of action, synergies, and interactions with food matrix components. *Frontiers in Microbiology Antimicrobials, Resistance and Chemotherapy*. 3(12), 1-24.

I

- **Iauk L., Ragusa S., Rapisarda A., Franco S., Nicolosi V M. (1996).** In vitro Antimicrobial Activity of *Pistacia lentiscus* L. Extracts: Preliminary Report, *Chemother.* 8(3), 207-9. PubMed PMID: 8808717.

J

- **Janakat S and Al-Merie H., (2002).** Evaluation of hepatoprotective effect of *Pistacia lentiscus*, *Phillyrealatifolia* and *Nicotianaglauca*. *J Ethnopharmacol*, 83, 135-138.
- **Jaiswal A.K., Abu-Ghannam N. (2013).** Degradation Kinetic Modelling of colour, Texture, Polyphenols and Antioxidant Capacity of York Cabbage after Microwave Processing. *Food Research International* (0).
- **Jean V. (2009):** Séchage: principes et calcul d'appareils Séchage convectif par air chaud (partie1). *Techniques de l'ingénieur Opérations unitaires : évaporation et séchage*, base documentaire : TIB316DUO(ref.articlé : j2451)
- Jean V (2011):** Séchage industriel: principes et calcul d'appareils Autres modes de séchage que l'air chaud (partie 1). *Techniques de l'ingénieur Opérations unitaires : évaporation et séchage*, base documentaire : TIB430DUO. (ref. article :j2451).
- Jean-Jacques B, Catherine B. (2003):**Séchage des produits alimentaires Principes. *Techniques de l'ingénieur Opérations unitaires du génie industriel alimentaire*, base documentaire : TIB430DUO(ref. article : f3000).

K

- **Karim A., Sabah M., Tamara A. (2012)** ,Swell-drying , Séchage et texturation par DIC des végétaux. Technique de l'ingénieur opération unitaires du génie industriel alimentaire, base documentaire : TIB430DUO (ref. article : f 3005)
- **Karunakaran R.J., et Kumaran A. (2007)**. In vitro antioxidant activities of phenolic phytochemicals from five phyllanthus species from India. LWT. 81: 321-326.
- **Kordali S, Cakir A, Zengin H and Duru M (2003)**. Antifungal activities of the leaves of three *Pistacia* species grown in turkey. *Fitoterapia*, 74, 164-167.

L

- **Lahsissene, H., Kahouadji, A., Tijane, M., & Hseini, S. (2009)**. Catalogue des plantes médicinales utilisées dans la région de Zaër (Maroc Occidental) – *Lejeunia*, 186, 1-27.
- **Leprieur, M., (1860)**. Journal de médecine, chirurgie et de pharmacie, 3ème volume, Publié par la société de science médicale et naturelle de bruxelles, p. 614-615 .
- **Lewicki PP:DRYING, (2004)** : In: Encyclopedia of Meat Sciences. Edited by Editor -in-Chief: Werner Klith J. Oxford: Elsevier; 2004: 402-411.
- **Lhuillier, (2007)**. Contribution a l'étude phytochimique de quatre plantes malgaches : *Agauriasalicifolia* Hook.f ex Oliver, *Agauriapolyphylla* Baker (*Ericaceae*),
- **Ljubuncic P, Song H, Cogan U, Azaizeh H Bomzon A (2005)** : The effects of aqueous extra prepared from the leaves of *Pistacia lentiscus* in experimental liver disease. *Journal of Ethnopharmacology*, 100(1-2) :198-204.
- **Lin Y. T., Vattam D., Labbe R. G., Shetty K. (2005)**. Enhancement of antioxidant activity and inhibition of *Helicobacter pylori* by phenolic phytochemical enriched alcoholic beverages. *Process Biochemistry*. **40(6)**, 2059-2065.
- **Louka N, A. K. (2002)**: "New process for texturizing partially dehydrated biological products using controlled sudden decompression to the vacuum: application on potatoes." *Journal of Food Science* 67(0): 3033–3038.
- **Lucchesi M-E (2005)**: Extraction Sans Solvant Assistée par Micro-ondes Conception et Application à l'extraction des huiles essentielles. Université de la Réunion.

M

- **Maameri S. (2014)**. *Pistacia lentiscus* L.:Evaluation pharmaco toxicologique. Thèse en vue de l'obtention du diplôme de Doctorat en Sciences, Option pharmacologie Toxicologie, Université constantine 1, p.4-90
- **Maisuthisakul P., Suttajit M., Pongsawatmanit R. (2007)**. Assessment of phenolic content and free radical-scavenging capacity of some Thai indigenous plants.*Food Chemistry* 100 : 1409–1418.
- Magiatis P, Melliou E, Skaltsounis A, Chinou I B and Mitaku S. (1999)**. Chemical Composition and antimicrobial activity of the essential oils of *Pistacia lentiscus* var.chia.*Planta Med*, 65, 749-751.
- Manthey J. A. (2000)**. Biological properties of flavonoids pertaining to inflammation. *Microcirculation*, 7(S1).medicinalesutiliseesdans la region de Zaër (Maroc Occidental). *Lejeunia*, Revue de botanique.
- Mansouri A., Guendez E., Kokkalou E. and Kefalas P. (2005)**. Phenolic profile and antioxidant activity of Algerian ripe date palm (*Phoenix dactylifera*).*Food.Chem.* 89:411-420.
- Maskan, M. (2001)**: "Drying, shrinkage and rehydration characteristics of kiwifruits during hot air and microwave drying." *Journal of Food Engineering* 48(2): 177-182
- **Mélo E. A., Lima V. L. A. G., Maciel M. I. S. (2006)**. Polyphenol, Ascorbic Acid and Total Carotenoid Contents in Common Fruits and Vegetables Teores de Polifenóis, ÁcidoAscórbico e Carotenóides Totaism Frutase Hortaliças Usualmente Consumidas. *Braz. J. Food Technol.* 9, 2, p. 89-94.

N

- **Nieto Calvache, J. E., E. N. Fissore, et al. (2015)**: "Obtention of dietary fibre enriched fractions from peach bagasse using ethanol pre-treatment and microwave drying." *LWT - Food Science and Technology* 62(2): 1169-1176.

O

- **Ouelmouhoub S. (2005)**. Gestion multi-usage et conservation du patrimoine forestier: cas des subéraies du Parc National d'El Kala (Algérie).

P

- **Pietta, P.G., (2000)**. Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*, 63 :1035-1042.

- Poernomo A., G. Y. N., Fawzya, Ariyani F (1992):** "Salting and drying of Mackerel (Rastrelligerkanagurta)." ASEAN Food Journal 7(3): 141-146.
- **Polese, J.M. (2010).** Arbres & Arbustes de Méditerranée. Ed :Edisud, 85 p.
- **Ait Saïd S. (2011).** Stratégies adaptatives de deux espèces du genre *Pistacia* (*P. Lentiscus* L. et *P. Atlantica* Desf) Aux conditions d'altitude, de salinité et d'aridité : approches morpho anatomiques, phytochimiques et ecophysiologiques. Doctorat en sciences biologiques, Université Mouloud Mammeri deTiziOuzou, Algérie.160p.
- **Palevitch D., Yaniv Z., (2000).** Medicinal plants of the Holy Land. ModanPublishing House, Tel Aviv, Israel.

Q

- Quezel P.et Santa S. (1962).** Nouvelle Flore d'Algérie et des Régions Désertiques Méridionales, Tome I, Centre Nationale de la Recherche Scientifique, p 611.
- Quezel P. et Santa S. (1963).** Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques méridionales (No. 581.965 Q8).

R

- Romani A., Pinelli P., Galardi C., Mulinacci N. and Tattini M., (2002).** Identification and quantification of galloyls derivatives, flavonoid glycosides and anthocyanins in leaves of *Pistacia lentiscus* L. *Phytochemical Analysis*, 13: 79-86.
- Rougier, C., (2003) :** Etude des interactions entre la bactérie *Escherichia coli* et les microondes appliquées en mode discontinu dans des conditions faiblement thermiques. Thèse de l'Université de Limoges.
- Ribereau-Gayon, (1982).** Incidences oenologiques de la pourriture du raisin1. EPPO Bulletin, 12(2) : 201-214.

S

- Saadoune N. Smail. (2005).** Types stomatiques du genre *Pistacia*: *Pistacia atlantica* Desf. *ssp. Atlantica et Pistacia lentiscus* L. *Options Méditerranéennes, Serie A, Numero63*.
- Said O., Khalil K., Fluder S., Azaizeh H., (2002).** Ethnopharmacological survey of medicinal herbs in Israel, the Golan Heights and the West Bank region. *Journal of Ethnopharmacology*. 83:251.

-Singh, R. P., &Heldman, D. R, (2001). *Introduction to Food Engineering, Third Edition.*
London UK: AcademicPress

-Sofiane, Z. (2009). Valorisation des pelures de tomates séchées en vue de leur incorporation dans la margarine. Département de Technologie Alimentaire, Option : Technologie Alimentaire université m'Hamed bougara-boumerdes.

-Sosa-Morales, M. E., Valerio-Junco, L., Lopez-Malo, A., & Garcia, H. S., (2010) Dielectric properties of foods: Reported data in the 21st Century and their potential Applications. *LWT - Food Science and Technology*, 43(8), 1169-1179.

-Starliper C. E., Ketola H. G., Noyes A. D., Schill W. B., Henson F. G., Chalupnicki m. A., Dittman D. E. (2015). An investigation of the bactericidal activity of selected essential oils to *Aeromonas* spp. *Journal of Advanced Research*. 6(1), 89-97.

- Svoboda T.G., Syred A., Syred P. (2000). Secretary structures of aromatic and medicalplants: a review and atlas of micrographs microscopix publications.

T

- Tchamdja K. M, 1995, Etude de performance d'un extracteur artisanal pour la production d'essence de citronnelle. Mémoire d'ingénieur des travaux biologique, ESTBA, UB, p 95 .

- Torkelson A. R., (1996). -The Cross Name Index to Medicinal Plants, CRC Press, p 1160.

-Trabelsi H., Cherif O. A., Sakouhi F., Villeneuve P., Renaud J., Barouh N., Boukhchina S. et Mayer P. (2012). Total lipid content, fatty acids and 4-desmethylsterols accumulation indeveloping fruit of *Pistacia lentiscus* L. growing wild in Tunisia. *Journal of Food Chemistry*, 131 : 434-440.

-Turkmen, N.; Sari, F.; Velioglu, Y.S. (2006).Effects of extraction solvents on concentration and antioxidant activity of black and black mate tea polyphenols determined by ferrous tartrate and Folin–Ciocalteu methods. *Food Chemistry* 99: 835–841.

V

-Van den Berg K.J., Van der Horst J., Boon J.J. and Sudmeijer O. (1998). Cis-1,4- poly- β -myrcene; the structure of the polymeric fraction of mastic resin (*Pistacia lentiscus* L.) Elucidated.*Tetrahedron letters*, 39: 2645-2648.

-Vanzani P., Rossette M., Rigo A., Vrhovsek U., Mattivi F., D'Amato E., Scarpa M. (2005). Major phytochemicals in apple cultivars :construbution to peroxy radical trapping effeciency. *Journal of agriculture and food chemistry*, 53(9): 3377-3382.

- Vaya J. and Mahmood S., (2006).**Flavonoid content in leaf extracts of the fig (*Ficus carica*L.), carob (*Ceratonia siliqua*L.) and pistachio (*Pistacia lentiscus* L.). *Biofactors*, **28**: 169-175.
- Verzelloni E., Tagliacruzchi D., Conte A., (2007).** Relationship between the antioxidant properties and the phenolic and flavonoid content in traditional balsamic vinegar. *Food Chemistry* 105: 64–571.
- Villar A, Sanz M J and Payo M., (1987).**Hypotensive effect of *Pistacia lentiscus* L. *IntJCrude Drug Res*, 25, 1.

W

- **Walsh S. E., Maillard J. Y., Russell A. D., Catrenich C. E., Charbonneau D. L., Bartolo R. G. (2003)** Activity and mechanisms of action of selected biocidal agents on Gram-positive and negative bacteria. *Journal of Applied Microbiology*.**94(2)**, 240-247.

Y

- Yilmaz, I., Arici, M. et Gumus, T (2005) :** "Changes of microbiological quality in meatballs after heat treatment." 221(3-4): 281-283.
- Yong C. K., I. M. R., Mujumdar A.S (2006):** "Mechanical Means of Enhancing Drying Rates: Effect on Drying Kinetics and Quality." 24(0): 397

Résumé

Le travail réalisé est un résumé d'un travail déjà effectué sur l'impact du séchage des fruits de *Pistacia lentiscus* L. par la méthode innovante à micro-onde (de 200 à 600W) et à l'étuve (40 à 80°C). Les deux méthodes ont un impact sur les teneurs totales des polyphénols totaux, flavonoides, flavonols, tanins condensés et sur l'activité antioxydant. Le séchage à l'étuve a donné les teneurs les plus élevés en polyphénols totaux, flavonoides, flavonols et tanins condensés qui sont respectivement de 15680,78 mgEAG/100gMS (40°C), 8367,13 mg EQ/100g MS (40°C), 6660,74 mgEQ/100gMS (40°C) et 7007,7mgEC/100gMS (40°C). Par contre, les faibles teneurs sont enregistrés dans le séchage au micro-onde. L'évaluation des propriétés antioxydants par le pouvoir réducteur, ainsi que l'activité antiradicalaire a révélé que les extraits séchés à l'étuve (40°C) possèdent le plus grand pouvoir réducteur et le meilleur pouvoir antiradicalaire.

Mots clés : *Pistacia lentiscus* L., séchage (étuve, micro-onde), composés phénoliques, activité Antioxydant.

Abstract:

The work carried out is a summary of work already done on the impact of drying the fruits of *Pistacia lentiscus* L. by the innovative method in microwave (from 200 to 600W) and in the oven (40 to 80oC). Both methods have an impact on the total levels of total polyphenols, flavonoides, flavonols, condensed tannins and on antioxidant activity. Drying in the oven yielded the highest levels of all-a-purpose polyphenols, flavonoides, condensed flavonols and tannins, which are 15680.78 mgEAG/100gMS (40oC), 8367.13 mg EQ/100g respectively MS (40oC), 6660.74 mgEQ/100gMS (40oC) and 7007.7mgEC/100gMS (40oC). On the other hand, low levels are recorded in microwave drying. The evaluation of antioxidant properties by reducing power, as well as antiradical activity revealed that dried extracts in the oven (40oC) have the greatest reducing power and the best antiradical power.

Keywords: *Pistacia lentiscus* L., drying (boil, microwave), phenolic compounds, activityAntioxydant

ملخص:

العمل الذي تم القيام به هو ملخص للعمل الذي تم القيام به بالفعل على أثر تجفيف ثمار الزهد فيتاسيا L. عن طريق طريقة مبتكرة في الميكروويف (من 200 إلى 600W) وفي الفرن (40 إلى 80°C). كلا الأسلوبين لها تأثير على المستويات الإجمالية للبوليفينولات الكلية، الفلافونويدات، الفلافونول، العفص المكثف وعلى النشاط المضاد للأكسدة. التجفيف في الفرن أسفرت عن أعلى مستويات من البوليفينول لجميع الأغراض، الفلافونويدات، الفلافونول المكثف والعفص، وهي 15680.78 mgEAG/100gMS (40oC)، 8367.13 ملغ EQ/100g MS على التوالي (40°C)، 6660.74 mgEQ/100gMS (40oC) و 7007.7 (40oC) و 7007.7 (40oC) mg/100gMS. من ناحية أخرى، يتم تسجيل مستويات منخفضة في التجفيف بالموجات الدقيقة. تقييم خصائص مضادات الأكسدة عن طريق الحد من الطاقة، فضلا عن النشاط المضاد للراديكال كشفت أن مقتطفات المجففة في الفرن (40°C) لديها أكبر خفض السلطة وأفضل قوة مكافحة التطرف.

الكلمات المفتاحية: *Pistacia lentiscus* L., التجفيف (الغليان, الميكروويف), مركبات الفينولية, نشاط مضادات الأكسدة.