



Université Mohamed Khider de Biskra
Faculté des sciences exactes et sciences de la nature et de la vie
Département de la biologie
Sciences biologique

Référence / 2021

MÉMOIRE DE MASTER

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté et soutenu par :

Guedouari Chaima

Le: samedi 3 juillet 2021

L'effet conservateur des huiles essentielles de *Nigella sativa*

Jury:

Mme. Guallati cherifa	MAA	Université de biskra	Président
Mme. Bouatrous Yamina	Pr	Université de Biskra	Rapporteur
Mme. Redouanesalah Sara	MCA	Université de biskra	Examineur

Année universitaire : 2020/2021

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

و ما توفيقى إلا بالله عليه توكلت و إليه أنيب

قال رسول الله صلى الله عليه و سلم: "إن هذه الحبة السوداء شفاء من كل داء إلا من السام، قيل: وما السام، قال: الموت". متفق عليه

Remerciements

Nous première pensées vont au bon dieu qui nous a donné la force pour pouvoir affronter cette épreuve.

À l'encadreur ...

Professeur Bouatrous Yamina.

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail avec beaucoup d'attention et de soin. Je vous remercie pour votre gentillesse, votre disponibilité, vos conseils et l'intérêt que vous avez porté à ce travail.

Je vous prie de trouver ici l'expression de ma respectueuse et profonde reconnaissance.

À mes juges...

Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de juger ce travail.

Soyez remerciés de votre présence dans ce jury et soyez assurés de tout mon respect et de ma profonde gratitude.

À tous les enseignants de département de la biologie de l'université Mohamed Khider Biskra...

Je tiens à exprimer mon sincère gratitude, pour vos efforts, l'aide, le soutien et les conseils que vous avez fournis durant ces cinq années de formation.

À tous ceux qui, d'une manière ou d'une autre, m'ont soutenu ou aidé durant la réalisation de ce travail...

Dédicace

Avec l'aide de Dieu, tout puissant j'ai pu réaliser ce modeste travail que je dédie :

À ma mère...

HEDJAZI MALIKA, qui a œuvré pour ma réussite, par son amour, son soutien, tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À mon père...

NOUREDDINE, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit, merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

À mes frères...

ABDELAZIZ, RAYANE, ADEM qui je leur souhaite une vie pleine de bonheur.

À ma sœur...

RANIME, qui je leur souhaite aussi une vie pleine de bonheur et de prospérité.

À toute ma famille, à mes chères amies sans exceptions...

À toute promo de Biochimie 2020/2021...

A tous les personnes que je n'ai pas citées mais que je porte dans mon cœur .

Table des matières

Liste des tableaux	I
Liste des figures	III
Liste des abréviations	IV
Introduction	1

PARTIE BIBLIOGRAPHIQUE

Chapitre 1. BOTANIQUE

1. Présentation de la nigelle	8
1.1 Classification botanique	8
1.2 Description botanique.....	8
2. Composition chimique des graines de <i>N. sativa</i>	9
2.1 Composition générale	9
2.1.1 Les protéines	9
2.1.2 Les sels minéraux	9
2.1.3 Les vitamines	9
2.2 Composition secondaire	10
2.2.1 Saponoside	10
2.2.2 Alcaloïdes	10
2.2.3 Flavonoïdes	10
2.2.4 Isobenzofuranone	10
2.2.5 Hydroxyacétophénone.....	10
2.3 L'huile fixe.....	10
2.4 Huiles essentiels	11
2.4.1 Définition	11
2.4.1 Extraction.....	11
2.4.2 Composition des huiles essentielles de la nigelle	11
2.4.3 Métabolisme.....	11
3. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles	12

3.1	Le pouvoir antimicrobien des huiles essentielles	12
3.2	Le mode d'action antimicrobienne des huiles essentielles	13
3.3	Les méthodes de la détermination de l'activité antimicrobienne.....	13
3.3.1	Méthode de diffusion (aromatogramme).....	13
3.3.2	Méthode de microdilution.....	13
4.	L'activité antioxydante des huiles essentielles	13
4.1	Définition d'un antioxydant.....	13
4.2	Méthodes d'évaluation in vitro des propriétés antioxydants	14
4.2.1	La méthode de DPPH.....	14
4.2.2	La méthode de FRAP	14

PARTIE EXPÉRIMENTALE

Chapitre 2. MATÉRIEL ET MÉTHODES

1.	La comparaison entre les méthodes utilisés par les auteurs	10
1.1	L'extraction des huiles essentielles	10
1.2	Teste antimicrobien	13
1.3	Teste d'activité antioxydante	15

Chapitre 3. RÉSULTATS ET DISCUSSIONS

1.	Les résultats obtenus et leurs interprétations	19
1.1	Les compositions chimiques des huiles essentielles de <i>N. sativa</i>	19
1.2	L'activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i>	21
1.3	Les testes d'activité antioxydante	33

Conclusion	42
-------------------------	----

Bibliographie	43
----------------------------	----

Résumé

Liste des tableaux

Tableau 1. Classification botanique de la nigelle (Andaloussi, 2009).	8
Tableau 2. La comparaison entre les méthodes utilisés pour extraite les huiles essentielles de la nigelle	10
Tableau 3. La comparaison entre les testes antimicrobiens réalisés.	13
Tableau 4. Les méthodes utilisées pour testé l'activité antioxydante	16
Tableau 5. Les compositions chimiques des huiles essentielles extraites par différentes méthodes	19
Tableau 6. L'activité antibactérienne de thymoquinone et les huiles essentielles extraites par différents méthodes (Kokoska <i>et al.</i> , 2008).	21
Tableau 7. Activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> (Kazemi, 2014). ..	22
Tableau 8. CMI des huiles essentielles, thymoquinone, carvacrol, p-cymène de <i>Nigella sativa</i> en (µg/ml) pour <i>L. monocytogenes</i> (Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018).	23
Tableau 9. CMI en (µg/ml) des % huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> et Mm de thymoquinone, carvacrol et p-cymène sur <i>Staphylococcus aureus</i> (ATCC 25923 et MRSA 272123) (Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018).	24
Tableau 10. L'activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> (Singh <i>et al.</i> , 2014).	24
Tableau 11. Enquête antifongique des huiles essentielles de la nigelle par la méthode plaque pétri (Singh <i>et al.</i> , 2014).	24
Tableau 12. Enquête antifongique des huiles essentielles de la nigelle par la méthode empoisonnée de nourriture (Singh <i>et al.</i> , 2014).	25
Tableau 13. Activité antifongique des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> contre la production du mycélium et aflatoxine (Khosravi <i>et al.</i> , 2011).	26
Tableau 14. L'effet de trois testes antibactériennes contre bactéries pathogéniques (Shaaban <i>et al.</i> , 2015).	26
Tableau 15. L'effet des certaines concentrations des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> sur les bactéries (Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011).	27
Tableau 16. Activité antibactérienne des huiles essentielles de <i>N. sativa</i> (Singh <i>et al.</i> , 2005). ..	27
Tableau 17. L'effet antifongique d'huile essentielle de <i>N. sativa</i> contre différentes champignons pathogéniques par l'utilisation de deux méthodes (Singh <i>et al.</i> , 2005).	28
Tableau 18. Effet des traitements et des périodes de stockage sur certaines propriétés microbiologiques des échantillons de beurre (log cfu/g) (Çakmakçi <i>et al.</i> , 2011).	29
Tableau 19. L'activité antimicrobienne des huiles volatiles de la nigelle contre les bactéries de gram négative et gram positive et tuberculose (CMI en µg/ml) (Piras <i>et al.</i> , 2013).	30
Tableau 20. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> contre les champignons (CMI en µg/ml) (Piras <i>et al.</i> , 2013)	31

Tableau 21. Les propriétés antimicrobienne de films (Ghamari <i>et al.</i> , 2020).	32
Tableau 22. L'activité DPPH des huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> et leurs composés bioactives (Kazemi, 2014).	33
Tableau 23. l'activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par la méthode DPPH (Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011).	35
Tableau 24. L'activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par méthode FRAP (Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011).	36
Tableau 25. Activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par la méthode TBARS (Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011).	36
Tableau 26. Activité de piégeage radical d'huile essentielle de <i>Nigella sativa</i> (Naciye, 2008)...	38

Liste des figures

Figure 1. La plante <i>Nigella sativa</i> (Hassanien <i>et al.</i> , 2015).....	9
Figure 2. La biosynthèse des huiles essentielles (Yann, 2015).....	12
Figure 3. Les principaux constituants des HE de <i>Nigella sativa</i> (Kourosh Hasanzadeh, 2017)..	21
Figure 4. Zone d'inhibition de film contre <i>E. coli</i> (Dilara Konuk Takma, 2018)	32
Figure 5. Zone d'inhibition de film contre <i>S. aureus</i> (Dilara Konuk Takma, 2018)	33
Figure 6. Effet chélatant d'huile essentielle de cumin noir (Sunita Singh, 2014).....	34
Figure 7. L'effet de la rapidité sur DPPH (Sunita Singh, 2014)	35
Figure 8. Résultat d'activité antioxydante par DPPH des huiles essentielles extraite par différentes méthodes (Abdol-Samad Abedi, 2017).....	37
Figure 9. Résultat d'activité antioxydante par la méthode FRAP des huiles essentielles extraite par différentes méthodes (Abdol-Samad Abedi, 2017).....	37
Figure 10. Stabilisation de l'huile de colza par l'huile essentielle de cumin noir et son extrait à 200 ppm avec des normes à 70°C dans les termes de la valeur du peroxyde (Gurdip Singh, 2005),	39
Figure 11. Effet oxydatif secondaire de l'huile essentielle de cumin noir et son extrait à 200 ppm avec des normes à 70°C dans les termes de la valeur TBA (Gurdip Singh, 2005),.....	39
Figure 12. Activité antioxydante de l'huile essentielle de cumin noir et son extrait par rapport aux antioxydants standard à 5×10^{-3} ppm dans le système linoléique	40

Liste des abréviations

HE: huile essentielle

N. sativa: *Nigella sativa*

DPPH : 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl

FRAP: la capacité de réduction ferrique du plasma (FRAP)

NSEO: *Nigella sativa* essential oil

PEF: polyethylene films

ALG: Alginate

CHI: Chitosane

BCO: Black cumin oil

Abs: absorbance

AF: aflatoxine

TBA: thiobarbiturique

TEAC: Trolox equivalent antioxidant capacity

ABTS⁺: ethylbenzothiazoline-6-sulfonic acid

SE-SD : steam distillation of crude oils obtained by solvent extraction

HD: Hydrodistillation

SD: steam distillation

SFE-SD: supercritical fluid extraction

TQ: thymoquinone

CIP: ciprofloxacin

CMI: concentration minimale inhibitrice

E. coli : *Escherichia coli*

S. aureus: *Staphylococcus aureus*

BS: *Bacillus subtilis*

BC: *Bacillus cereus*

SA : *Staphylococcus aureus*

EC: *Escherichia coli*

AN: *Aspergillus niger*

AF: *Aspergillus flavus*

FM: *Fusarium moniliforme*

FG: *Fusarium graminearum*

PV: peroxide value

PA: *Pseudomonas aeruginosa*

ST: *Salmonella typhi*

C: contrôle

TAMB: aerobic mesophilic bacteria

LAB: lactic acid bacteria

T1: Antalya

T2: Aydın

T3: Denizli

E1: Egyptian

AMP: ampicilline

LVX: levofloxacin

GN: gentamicine

KET: ketaconazole

FLU: fluconazole

IC₅₀: concentration de 50% d'inhibition

Introduction

Introduction

À notre époque, les huiles essentielles (HE) occupent une place importante dans la vie quotidienne des gens. Ils s'intéressent de plus en plus à l'aromathérapie. L'utilisation des huiles essentielles est vaste, cela concerne à la fois la santé, la nutrition et la beauté.

L'aromathérapie scientifique ou aromatologie est une étude particulière aux huiles essentielles. C'est une thérapie naturelle et efficace et complète toutes les autres approches alternatives ou allopathiques (Laurent, 2017).

À partir de la définition des huiles essentielles on peut déterminer leurs origines et leurs modalités d'obtention. Ainsi une huile essentielle est une substance odorante de composition complexe, on l'obtient à partir d'une matière première, par des différentes manières, soit par entraînement à la vapeur d'eau, distillation sèche, ou par un procédé mécanique approprié sans chauffage. Elle est le plus souvent séparée de la phase aqueuse par un procédé physique n'entraînant pas de changement significatif de sa composition. Cela exclut les extractions par enfleurage ou incision et surtout par macération dans l'alcool. Cette science utilise une méthodologie stricte et basée sur des données scientifiques très solides confirmées par des tests réalisés par les cliniques et les laboratoires (Bourrain, 2013).

Ce mode d'extraction isole les molécules volatiles et odorantes de la plante. Qui il est un mélange de substances chimiques s'oxydant simplement mais il est besoin des conditions strictes de stockage, parce que cette oxydation augmente le pouvoir allergénique des certaines molécules présentes, Leur composition est variable selon la partie concernée de la plante, et selon l'origine géographique des plantes utilisées (Toparlan, 2012)

Parmi les huiles essentielles les plus connues surtout chez les Arabes et le monde islamique est l'huile des graines de la plante *Nigella sativa*, cette dernière est bien utilisée traditionnellement dans l'alimentation. Elle entre dans la composition du pain, comme un agent de conservation. En plus des utilisations comme épice ou aromate, elle a des propriétés bénéfiques sur le système gastro-entéro-hépatique. Les graines, mélangées à une préparation à base de yaourt, se sont avérées être efficaces dans les nausées, les pertes d'appétit, dans les œdèmes et maladies liées au postpartum ainsi pour traiter l'obésité, l'asthme. La plante est aussi considérée comme un médicament des troubles digestifs et hépatiques, les céphalées chroniques et aussi les migraines (Toparlan, 2012).

De nombreuses études sur la phytochimie et les activités biologiques de *N. sativa* ont assurées ces propriétés qui sont dues en majorité aux huiles fixes et huiles essentielles extraites.

La plupart des ces propriétés biologiques d'huile essentielle sont dues à son constituant majeur: la thymoquinone. Les effets anti-inflammatoires, antioxydants et antinéoplasiques, antibactériennes, antifongiques, antidiabétiques lui sont dues.

Une question importante dans l'industrie alimentaire est comment préserver les aliments provenant de la dégradation principalement par des processus d'oxydation ou par un micro-organisme lors du stockage et du marketing de traitement ?

Pour répondre à cette problématique, nous vous invitons par ce travail à découvrir les huiles essentielles des graines de la plante *Nigella sativa* par l'étude de leur effet conservateur, qui est appliqué sur différents produits alimentaires, dans la première partie, nous avons présentés la plante *Nigella sativa* et leur compositions chimiques, et définis les activités antimicrobienne et l'activité antioxydante. Dans la deuxième partie, nous avons définis les applications des huiles essentielles de la nigelle pour la conservation des aliments par la réalisation des plusieurs testes, en suite on interprété et discuté les résultats obtenus par l'analyse des différents articles.

Etude Bibliographique

Chapitre 1

Botanique

1. Présentation de la nigelle

1.1. Classification botanique

Tableau 1. Classification botanique de la nigelle (Andaloussi, 2009).

Règne	<i>Plantae</i>
Classe	<i>Dicotylédones</i>
Ordre	<i>Ranales</i>
Famille	<i>Renonculacées</i>
Genre	<i>Nigella</i>
Espèce	<i>Nigella sativa L.</i>

1.2. Description botanique

D'après Abdesselam (2015), La nigelle est une plante annuelle, herbacée, elle est croît jusqu'à de 30- 60 cm comme une taille maximum, sa tige est dressée, côtelée, anguleuse et rameuse d'une hauteur d'environ 60 cm comme il est présenté dans la figure 1. Ces feuilles sont vertes et brillantes, elles sont basales et caulinaires, aussi sont alternes, il y a des feuilles bipennatiséquées et tripennatiséquées, elles sont composées de segments linéaires. Ses feuilles inférieures sont pétiolées et les feuilles supérieures sont sessiles comme il est montré chez Toparslan (2012). La floraison au début d'avril à juin. Sa fleurs sont très petites, diamètre de 2 à 2,5 cm d'environ l'absence d'involucre sous la fleur. Le calice comporte 5 sépales blancs ou bleus. Les fleurs de la nigelle sont de forme ovale, à la base sont rétrécis ; sur le dos il y a quelques poils épars. La corolle comporte 5 à 8 pétales, elle est bleu clair, et plus petits que les sépales. Les pétales ont la forme de cornet à deux lèvres contient chacun au sommet deux renflements arrondis, ne sont pas amincis à la base, elles ont un onglet nectarifère. Les étamines, sa longueur est 1,5 cm, de couleur jaune et sans pointe à leur sommet. Le gynécée comporte de 3 à 6 carpelles lisses, sont soudés entre eux jusqu'à la base des styles persistants (Orsi-Llinares, 2005).

Les fruits de *Nigella sativa* sont des follicules connés partiellement, renflés et sessiles, elles épanouissent entre avril et juin, la récolte de ces fruits est avant la maturité complète et cela pour conserver les graines à l'intérieur qui sont noires et dures (Orsi-Llinares, 2005).

A l'écrasement des graines, elles dégagent une odeur anisée. Le goût de ces graines est spécifique aussi. Elles sont noires ou noirâtres. Elles ont la forme de triangulés et une angle de longueur 2 à 3,5 mm (Abdesselam, 2015).



Figure 1. La plante *Nigella sativa* (Hassanien *et al.*, 2015).

2. Composition chimique des graines de *N. sativa*

2.1. Composition générale

2.1.1. Les protéines

L'analyse immédiate a montré qu'il y a de 20 à 21% de teneur totale de protéines dans les graines de la nigelle. À également confirmé qu'il y a des divers acides aminés essentiels et des acides aminés non essentiels en quantités variables. Parmi les principaux acides aminés des graines de *Nigella sativa* : acide glutamique, acide aspartique, arginine et glycine, ce sont des acides aminés non essentiels. Les principaux acides aminés essentiels sont la leucine, la valine, la lysine, la thréonine, la phénylalanine et l'isoleucine. Cette analyse a été montrée que la concentration d'acides aminés non essentiels trouvés dans les graines de la nigelle est plus grande que les acides aminés essentiels (Hamid *et al.*, 2021).

2.1.2. Les sels minéraux

Les graines de la nigelle comportaient des quantités importantes des sels minéraux, parmi lesquelles le potassium, calcium, magnésium, phosphore, sodium, fer, zinc, manganèse et le cuivre, ces constituants étaient trouvés en différentes quantités (Liu *et al.*, 2011).

2.1.3. Les vitamines

Les vitamines qui ont été détectés dans les graines de la nigelle sont des vitamines liposolubles et hydrosolubles, parmi ces vitamines B1, B2, B6 et PP (Cevdet et Smih, 1993).

2.2. Composition secondaire

2.2.1. Saponoside

Le saponoside ou saponine, est un hétéroside d'origine végétale formé d'une génine de type triterpène ou de type stéroïde appelée sapogénine, il possédant un ou des groupements osidiques (Betina-Bencharif, 2014).

L'intérêt de ce domaine aboutit à l'isolement et la caractérisation des saponines. La saponine principale présente dans les graines de nigelle est l'alpha-hédérine appelée aussi mélanthine. C'est une saponine triterpénique, lors de l'hydrolyse libre du sucre de rhamnose et mélanthigénine. La saponine a une activité anticancéreuse (Hamid *et al.*, 2021).

2.2.2. Alcaloïdes

Les alcaloïdes sont des composés organiques naturels d'origine végétale, ils sont hétérocycliques avec l'azote comme hétéroatome, ont une structure moléculaire complexe plus ou moins basique, ils ont de propriétés physiologiques prononcées même à faible dose (Dontian, 2009).

2.2.3. Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les pigments des plantes ; ils sont responsables de la coloration des fleurs et la coloration des fruits et parfois la coloration des feuilles. Ils sont présents dans la cuticule foliaire et dans les cellules épidermiques des feuilles. Les flavonoïdes assurant la protection des tissus contre les effets nocifs du rayonnement UV. Les flavonoïdes constituent composés polyphénols comprenant les flavones, les aurones, les flavonols, les chalcones et leurs hétérosides. Dans les graines de la nigelle on retrouve des flavonol triglycosides, et des flavonol monoglycosides (Orsi-Llinares, 2005).

2.2.4. Isobenzofuranone

Les graines de nigelle contiennent un nouveau composé de dérivé d'isobenzofuranone, obtenu à partir de l'extrait de chloroforme. Il a été mis en évidence en Inde en 2001 (Joshi *et al.*, 2001).

2.2.5. Hydroxyacétophénone

Un nouveau composé de dérivé para-hydroxyacétophénone, a été isolée de graines de *Nigella sativa* égyptienne en 2001 (Orsi-Llinares, 2005).

2.3. L'huile fixe

L'obtention de l'huile de graines de la nigelle ce fait après un broyage par pression à froid qui donné une huile de couleur jaune doré ou par les solvants organiques qui donne une huile de couleur jaune brunâtre. L'huile fixe représente 37,9 à 39,2% du poids de la graine de *Nigella sativa*. Elle est composée de triacylglycérols (57,5 à 63,2%) et d'une proportion d'acides gras libres : 8,3 à 14,2% principalement L'acide linoléique (acide gras insaturé) de 49 à 59%. Pendant que l'acide gras saturé majoritaire est l'acide palmitique. Cette huile comporte aussi des

Phospholipides, des glycolipides et des stérols. Comparé à d'autres huiles végétales, L'huile de Nigelle contient un peu de tocophérols, aussi la présence de quinones : thymoquinone et thymohydroquinone et le thymol (Abdeslam, 2016).

2.4. Huiles essentiels

2.4.1. Définition

L'essence ou l'huile essentiel est un terme utilisé pour désigner des produits odorants résultant de la dégradation d'un substrat de plante par une réaction enzymatique. Dans les fruits on parle d'arome (Véronique, 2001).

2.4.2. Extraction

On se retrouve les huiles essentielles au profond des plantes aromatiques, sous forme d'essence. Elles sont produites par les poils sécréteurs de la plante, les poches ou autres cellules sécrétrices. Il faut les chercher sans les dénaturer et sans en perdre, Pour cela, il a recours à (festy, 2014) :

1. L'expression : pour les agrumes. Il se fait par la pression sur la peau des fruits, pour récupérer l'essence. elle est pique les yeux et poisse les doigts lorsqu'on épluche ces fruits.
2. La distillation : pour l'autre partie de la plante. c'est-à-dire entraînement à la vapeur d'eau.

Elle contient 5 étapes (festy, 2014):

- met l'eau à chauffer, jusqu'à l'évaporation.
- La vapeur traverse les plantes qui sont au-dessus dans un gros récipient.
- La vapeur passe dans un tuyau.
- En suite, elle traverse un récipient rafraîchissant, Avec le choc de température, la vapeur chargée d'essence de plante redevient se forme liquide.
- L'extrait obtenu est recueilli dans l'essencier en deux couches. En haut, l'huile essentielle est plus légère que l'eau et fortement chargée en molécules actives, en bas l'hydrolat qui contient l'eau distillée de plante.

2.4.3. Composition des huiles essentielles de la nigelle

L'huile essentielle extrait à partir de graines de *N. sativa* a une signification médicinale bien établie grâce à des certains composants volatils, tell que le thymoquinone, thymol, dithymoquinone, α -Pinene, β -Pinene, ρ -Cymene, carvacrol, et thymohydroquinone (Benkaci–Ali *et al.*, 2006).

2.4.4. Métabolisme

Les huiles essentielles composées des substances organiques volatiles, ces différentes molécules sont des métabolites secondaires, résultants de deux voies principales de biosynthèse, la plus commune est les terpénoïdes et les phénylpropanoïdes. La première voie métabolique commencée par l'Iso-Pentényl-Pyrophosphate (IPP), c'est une molécule à 5 carbones dérivée de

botanique, la période de récolte ou l'étape du développement de la plante, la technique d'extraction, le matériel de la plante frais ou séché, les souches des microorganismes et la méthodologie du test antimicrobien sont tous autant des facteurs qui influencent la détermination de l'activité antimicrobienne des extraits (Roger, 2010).

3.2. Le mode d'action antimicrobienne des huiles essentielles

De nos jours, il n'y a pas des études claires sur les mécanismes d'action de l'activité antimicrobienne des huiles essentielles, à conséquence de la complexité de leur composition chimique, tout laisse à penser que se mode d'action est assez difficile à cerner du point de vue moléculaire. Il est très probable que chacun des composants des ces huiles a une mode d'action précise (Chouitah, 2012).

De façon générale, leur action se déroule en 3 étapes (Chouitah, 2012) :

- Attaque de la paroi bactérienne qui provoque une augmentation de perméabilité.
- Acidification d'intérieur de cellule qui bloque la production d'énergie.
- Destruction de matériel génétique qui conduise la mort de cellule.

3.3. Les méthodes de la détermination de l'activité antimicrobienne

3.3.1. Méthode de diffusion (aromatogramme)

L'aromatogramme est une méthode utilisée en bactériologie médicale, appelée aussi antibiogramme ou méthode par diffusion en milieu gélosé ou méthode des disques, Il s'agit d'une technique en milieu gélosé réalisée dans une boîte de Pétri, Le contact se fait par l'intermédiaire d'un disque de papier sur lequel on dispose une quantité d'huile essentielle (Roger, 2010).

3.3.2. Méthode de microdilution

Les méthodes de dilution sont effectuées en milieu liquide ou en milieu solide. Elles ont réalisé par l'ajoute d'un inoculum bactérien standardisé au contact de concentrations croissantes d'antibiotiques ou d'huiles essentielles (Roger, 2010).

En milieu liquide, l'inoculum bactérien est mettre dans une série de tubes ou en microplaques contenant l'agent antimicrobien (Roger, 2010).

En milieu solide, l'antibiotique est incorporé dans un milieu gélosé coulé en boîtes de Pétri (Roger, 2010).

4. L'activité antioxydante des huiles essentielles

4.1. Définition d'un antioxydant

Un antioxydant est une substance qui peut retarder ou empêcher l'oxydation des substrats biologiques, ce sont des composés qui réagissent avec les radicaux libres et les rendent ainsi

inoffensifs. La capacité antioxydante des huiles essentielles est étroitement liée à le contenu phénol (Bouhaddouda, 2016).

4.2. Méthodes d'évaluation in vitro des propriétés antioxydants

4.2.1. La méthode de DPPH

Le 1,1-diphényl-2-picrylhydrazyl est un radical libre, stable au cours du temps, il est utilisé pour évaluer l'activité antioxydante d'un composé. Dans une solution, le radical DPPH est coloré en violet. En présence d'antioxydant le radical DPPH est réduit en formant une liaison moléculaire stable. Le produit réduit présente une coloration jaune. On mesure à l'aide d'un spectromètre UV à 517 nm, la diminution de coloration de la solution qui est proportionnelle à la quantité d'antioxydant. L'activité antioxydante de l'extrait est comparée à celle d'un antioxydant de référence en termes d'équivalence ou en termes d'inhibition (Daouda, 2015).

4.2.2. La méthode de FRAP

Les métaux sont les meilleurs initiateurs de réactions en chaîne susceptibles de déséquilibrer la balance du stress oxydatif en faveur de prooxydants. Parmi ces métaux, le cation ferrique Fe^{3+} est le plus actif, on le retrouve dans les aliments d'origine végétale et animale. Le pouvoir réducteur d'un extrait vis-à-vis du cation ferrique peut être considéré comme un indicateur de son activité antioxydante. L'activité antioxydante, non enzymatique, d'inhibition de radicaux libres et de la peroxydation lipidique, est contrôlée par des réactions d'oxydoréduction, la méthode FRAP peut être une bonne méthode pour investiguer le pouvoir antioxydant d'un extrait en évaluant son pouvoir de réduction du cation ferrique (Daouda, 2015).

Partie expérimentale

Chapitre 2

Matériel et méthodes

1. La comparaison entre les méthodes utilisés par les auteurs

1.1. L'extraction des huiles essentielles

Tous les chercheurs ont été utilisés les graines de *Nigella sativa* pour extraire leurs huiles essentielles, ensuite été soumis à l'extraction en utilisant les méthodes cités dans (tab. 2).

Tableau 2. La comparaison entre les méthodes utilisés pour extraire les huiles essentielles de la nigelle.

N°	Thème	La méthode d'extraction	Références
01	Comparison of Chemical Composition and Antibacterial Activity of <i>Nigella sativa</i> Seed Essential Oils Obtained by Different Extraction Methods	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation Distillation à la vapeur des huiles brut obtenues par extraction de solvant. Extraction de fluide supercritique. distillation à la vapeur sèche. 	(Kokoska <i>et al.</i> , 2008)
02	Phytochemical Composition, Antioxidant, Antiinflammatory and Antimicrobial Activity of <i>Nigella sativa</i> L. Essential Oil	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation 	(Kazemi, 2014)
03	Antibacterial and Resistance Modifying Activities of <i>Nigella sativa</i> Essential Oil and its Active Compounds Against <i>Listeria monocytogenes</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation 	(Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018)
04	<i>Nigella sativa</i> essential oil and its bioactive compounds as resistance modifiers against <i>Staphylococcus aureus</i>	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation 	(Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018)
05	Composition, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Oleoresins Obtained from Black Cumin Seeds (<i>Nigella sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation 	(Singh <i>et al.</i> , 2014)
06	Inhibition of Aflatoxin Production and Growth of <i>Aspergillus parasiticus</i> by <i>Cuminum cyminum</i> , <i>Ziziphora clinopodioides</i> , and <i>Nigella sativa</i> Essential Oils	<ul style="list-style-type: none"> Macération 	(Khosravi <i>et al.</i> , 2011)
07	Analysis and antibacterial activity of <i>Nigella sativa</i> essential oil formulated in microemulsion system	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation (extraite à partir l'huile brute de <i>Nigella sativa</i>) 	(Shaaban <i>et al.</i> , 2015)
08	In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from	<ul style="list-style-type: none"> Hydrodistillation 	(Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011)

	Egyptian aromatic plants		
09	Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of <i>Nigella sativa</i> seeds	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrodistillation 	(Singh <i>et al.</i> , 2005)
10	Investigation of the Possible Use of Black Cumin (<i>Nigella sativa L.</i>) Essential Oil on Butter Stability	<ul style="list-style-type: none"> • distillation à la vapeur sèche 	(Çakmakçi <i>et al.</i> , 2011)
11	Microwave-assisted extraction of <i>Nigella sativa L.</i> essential oil and evaluation of its antioxidant activity	<ul style="list-style-type: none"> • extraction assistée par micro-ondes • Hydrodistillation 	(Abedi <i>et al.</i> , 2017)
12	Antioxidant activities of rosemary (<i>Rosmarinus Officinalis L.</i>) extract, blackseed (<i>Nigella sativa L.</i>) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol	<ul style="list-style-type: none"> • Extraction par l'éther de pétrole léger à l'aide d'un appareil du Soxhlet 	(Naciye, 2008)
13	Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of <i>Nigella sativa L.</i> extracted by supercritical carbon dioxide	<ul style="list-style-type: none"> • CO₂ supercritique à l'aide d'une vesel d'extraction 	(Piras <i>et al.</i> , 2013)
14	Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with <i>Nigella sativa</i> essential oil	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé des huiles déjà extrait 	(Ghamari <i>et al.</i> , 2020)
15	Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat	<ul style="list-style-type: none"> • Utilisé des huiles déjà extrait 	(Dilara et Figen , 2018)

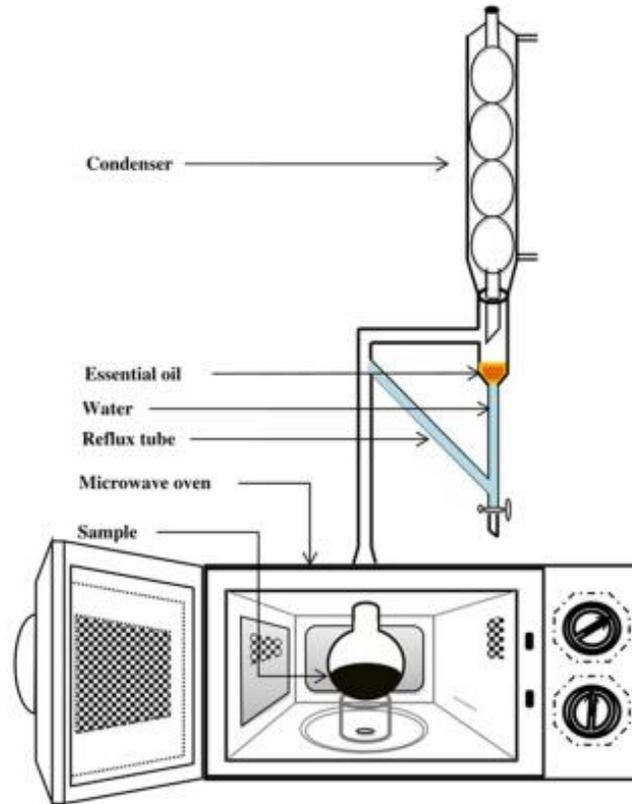


Figure3. Schéma d'extraction assisté par micro-ondes (Abedi *et al.*, 2017)

Pour Ghamari (2020) , Ont été préparé la solution de film selon la conception statistique à l'aide de glycérol, sorbitol et NSEO ainsi qu'une quantité de 8g de MPC (89% protéines totales dont 76.1% caséine, 12.9% de protéines lactosérum, 3.5% lactose, 1% graisse, 2.5%, 4% humidité) en phase aqueuse. Ils ont été placés sur un agitateur chauffé à 30°C et 500 tr/min et incubés à la température ambiante pour éliminé toutes les bulles d'air créés afin d'obtenir des solutions uniformes. Ensuite ils ont été centrifugés à 1000xg pendant 3 min pour éliminer les impuretés et atteindre des solutions complètement uniformes. Enfin, ils ont été versés dans des boîtes pétri (R= 6 cm) et séchées pendant 48h.

Par contre Takma (2018) a été préparé des films multicouches de chitosane/ alginate, la formation de multicouche sur PEF a été formée en utilisant la technique d'auto-assemblage couche par couche avec des biopolymères chargés positivement et négativement. L'alginate et le chitosane sont des biopolymères chargés négativement et positivement, ont été sélectionnées pour le dépôt de bicouches. Une solution de revêtement d'alginate (ALG) 1% a été préparée en dissolvant l'alginate dans l'eau distillée et agitée à 500 tr/min pendant 16h. Ensuite, 1% de NSEO a été ajouté dans une solution d'alginate par l'utilisation d'homogénéisateur (IKA ULTRATURRAX T25, Allemagne). Une solution de revêtement de chitosane (CHI) 1% a été préparé en dissolvant du chitosane dans une solution d'acide acétique 1% et agitée à 500 tr/min pendant 10 min. les films ont été rincés à l'eau distillée. Ce processus d'immersion a été répétée

jusqu'à l'obtention de 10 couches sur les films (PEF-CHI-ALG-CHI-ALG-CHI-ALG-CHI-ALG-CHI-ALG). La couche externe de PEF enduit était une solution d'ALG incorporant du BCO qui était en contact avec le produit alimentaire. Le nombre de couches sur le film a été décidé sur la base de la quantité de BCO chargé évaluée par l'activité antioxydant en tant que pourcentage d'inhibition dans des films multicouches ayant 5, 10, 15 couches. Tous les films préparés ont été séchés à température ambiante.

Après l'extraction, les chercheurs ont été utilisés la chromatographie des gaz et la spectrométrie de masse par chromatographie en phase aqueuse, pour analysé les huiles essentielles obtenues.

1.2. Teste antimicrobien

Le teste antimicrobien inclus l'activité antibactérienne et l'activité antifongique, les méthodes de ce teste sont beaucoup et variées, elles sont organisés dans (tab. 3):

Tableau 3. La comparaison entre les testes antimicrobiens réalisés.

N°	Thème	L'activité	Méthode de détermination	Références
01	Comparison of Chemical Composition and Antibacterial Activity of <i>Nigella sativa</i> Seed Essential Oils Obtained by Different Extraction Methods	• antibactérienne	• microdilution en bouillon : Ils ont été testé l'huiles essentielle et le thymoquinone par l'utilisation des plaques de microtitrage à 96 puits avec 5 µl de suspension bactérienne à une densité de 10 ⁷ CFU/ ml et de concentration 1.024 et 512 µg /ml des huiles essentielles et thymoquinone respectivement, après ils ont été déterminés les CMI.	(Kokoska <i>et al.</i> , 2008)
02	Phytochemical Composition, Antioxidant, Antiinflammatory and Antimicrobial Activity of <i>Nigella sativa</i> L. Essential Oil	• antibactérienne • antifongique	• microdilution en bouillon : dans des plaques de microtitration à 96 puits avec 1.0 × 10 ⁵ CFU de suspension bactérienne et 1.0 × 10 ⁴ CFU pour les champignons. La CMI a été définie comme la concentration la plus faible d'HE inhibant la différence de croissance visible de la souche d'essai.	(Kazemi, 2014)
03	Antibacterial and Resistance Modifying Activities of <i>Nigella sativa</i> Essential Oil and its Active Compounds Against <i>Listeria monocytogenes</i>	• antibactérienne	• microdilution en bouillon : avec concentration de 100 CFU/ml de la suspension bactérienne plus de 10 µl de réactif de résazurine ont été ajoutés à chaque puits, mesurée l'intensité de fluorescence à 550 nm et 959 nm, en utilisant un lecteur de microplaques.	(Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018)
04	<i>Nigella sativa</i> essential oil and its bioactive compounds as resistance	• antibactérienne	• microdilution en bouillon : Même méthode utilisé au précédent, Les puits témoins non traités ont été	(Mouwakeh <i>et al.</i> , 2018)

	modifiers against <i>Staphylococcus aureus</i>		préparés avec la suspension bactérienne uniquement.	
05	Composition, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Oleoresins Obtained from Black Cumin Seeds (<i>Nigella sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> • antifongique • antibactérienne 	<ul style="list-style-type: none"> • méthode de diffusion : ont été utilisés des plaques de pétri inversées et du milieu alimentaire empoisonné. La toxicité fongique a été mesurée en termes de pourcentage d'inhibition mycélienne calculé avec l'équation suivante : $\text{Inhibition mycélienne (\%)} = \frac{(dc-dt)}{dc} \times 100$ • méthode de diffusion par puits d'agar : La plaque témoin sans addition d'huile essentielle, toutes les plaques ont été examinées pour détecter les zones d'inhibition de croissance 	(Singh <i>et al.</i> , 2014)
06	Inhibition of Aflatoxin Production and Growth of <i>Aspergillus parasiticus</i> by <i>Cuminum cyminum</i> , <i>Ziziphora clinopodioides</i> , and <i>Nigella sativa</i> Essential Oils	<ul style="list-style-type: none"> • antifongique 	<ul style="list-style-type: none"> • micro et macro-dilution : Ont été utilisées 50µl de suspension de spores (spores à 10 par ml) ont été ajoutés à 25 ml de bouillon à 2% contenant différentes concentration d'HE. La détermination des aflatoxines (Afb1, AFB2 ; AFG1, AFG2) a été réalisée par extraction sur colonne d'immunoaffinité en utilisant une chromatographie liquide à haute performance en phase inverse. 	(Khosravi <i>et al.</i> , 2011)
07	Analysis and antibacterial activity of <i>Nigella sativa</i> essential oil formulated in microemulsion system	<ul style="list-style-type: none"> • antibactérienne 	<ul style="list-style-type: none"> • méthode de diffusion : Ils ont été remplir des puits avec 50µl de HE et 10⁷ CFU/ml d'inoculum dilué. L'activité antimicrobienne a été évaluée en mesurant la zone d'inhibition (mm) 	(Shaaban <i>et al.</i> , 2015)
08	In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants	<ul style="list-style-type: none"> • antibactérienne 	<ul style="list-style-type: none"> • méthode de diffusion : avec une suspension de 0.1 ml de 10⁶ CFU/ml et de 40 µl des huiles. Les diamètres des zones d'inhibition ont été mesurés en mm. 	(Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011)
09	Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and	<ul style="list-style-type: none"> • antibactérienne 	<ul style="list-style-type: none"> • méthode de diffusion : avec 0.1 ml d'une suspension du micro-organisme et 200 µl d'HE, L'activité antimicrobienne a été évaluée en mesurant la zone d'inhibition (mm) 	(Singh <i>et al.</i> , 2005)

	acetone extract of <i>Nigella sativa</i> seeds	• antifongique	• ont été testé par la méthode de la plaque de pétri inversé et du milieu alimentaire empoisonnée	
10	Investigation of the Possible Use of Black Cumin (<i>Nigella sativa</i> L.) Essential Oil on Butter Stability	• antibactérienne	• l'HE ont été ajoutées à 4 échantillons de beurre (n'a pas pasteurisée) et utilisées un 5 ^{ème} échantillon comme contrôle (ne contient pas l'HE. 10g de beurre ont été mélangé avec 0.1% de peptone et 0.85% de NaCl et faire l'homogénéisation. l'énumération de TAMB en 37°C pendant 72h, bactéries coliformes en 35°C pendant 24h, Moule de levure en 25°C pendant 5 jours, LAB en 30°C pendant 72h.	(Çakmakçi <i>et al.</i> , 2011)
11	Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of <i>Nigella sativa</i> L. extracted by supercritical carbon dioxide	• antibactérienne • antifongique	• méthode de microdilution : à l'aide des microplaques de 96 puits, remplir chaque puits par l'HE (512µg/ml) et la suspension de culture (10µl). des micro-organismes purs et des milieux purs ont été utilisés comme puits de contrôle, puis la détermination de CMI	(Piras <i>et al.</i> , 2013)
12	Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with <i>Nigella sativa</i> essential oil	• antibactérienne	• méthode de diffusion : Les échantillons de film ont été découpés en disques de diamètre 6 mm, et placés sur la surface de plaques de gélose Mueller-Hinton qui ont été inoculées avec 1×10^6 CFU/ml de chaque micro-organisme. (la préparation de film est présentée dans le titre précédent).	(Ghamari <i>et al.</i> , 2020)
13	Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat	• antibactérienne	• méthode de diffusion : les films ont été découpés en formes carrées et placés sur une boîte de pétri de contenant nutritif Agar inoculé avec 0.1 ml d'inoculum ayant 10 cfu/ ml de <i>S. aureus</i> et <i>E. coli</i> . (la préparation de film est présentée dans le titre précédent).	(Dilara et Figen, 2018)

1.3. Teste d'activité antioxydante

L'autre teste qui a été réalisé par quelques chercheurs est le teste d'activité antioxydante, il est dépend selon la méthode adoptées et le système lipidique utilisé comme substrat. Les méthodes utilisées sont résumés dans le tableau suivant (tab. 4) :

Tableau 4. Les méthodes utilisées pour testé l'activité antioxydante

N°	Thème	méthode	Explication	Références
01	Phytochemical Composition, Antioxidant, Antiinflammatory and Antimicrobial Activity of <i>Nigella sativa</i> L. Essential Oil	<ul style="list-style-type: none"> • Activité de piégeage radical de DPPH 	<ul style="list-style-type: none"> • L'activité antioxydante a été évaluée par une méthode de spectrophotométrie. 50 µl d'échantillon (HE) a été mélangé avec 5 ml de méthanol à 0.004% de DPPH. L'absorbance de l'échantillon a été enregistrée par rapport au témoin à 517 nm. • Pourcentage d'inhibition = $\frac{\text{Abs}_{\text{contrôle}} - \text{Abs}_{\text{échantillon}}}{\text{Abs}_{\text{contrôle}}} \times 100$ • L'acide ascorbique a été utilisé comme témoin positif 	(Kazemi, 2014)
02	Composition, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Oleoresins Obtained from Black Cumin Seeds (<i>Nigella sativa</i> L.)	<ul style="list-style-type: none"> • Activité chélatante sur les ions ferreux • Activité de piégeage radical de DPPH 	<ul style="list-style-type: none"> • l'échantillon a été incubé avec FeCl (2Mm, 0.1 ml). La réaction a été initiée par addition de ferrozine (5 Mm, 0.2 ml). L'absorbance a été mesurée à 562 nm. L'activité chélatante a été calculée à l'aide de la formule suivante : $[1 - (\text{Absorbance}_{\text{échantillon}} - \text{Absorbance}_{\text{contrôle}})] \times 100$ • une solution de 5, 10, 15, et 20 µl d'échantillon ont été ajoutés à 5 ml de méthanol de DPPH. L'absorbance a été mesurée en 515 nm. 	(Singh <i>et al.</i> , 2014)
03	In vitro antioxidant and antibacterial activities of essentials oils obtained from Egyptian aromatic plants	<ul style="list-style-type: none"> • Activité de piégeage radical de DPPH • capacité d'antioxydante réduisant ferrique • inhibition de la peroxydation des lipides d'un jaune d'œuf tamponnée par les huiles essentielles 	<ul style="list-style-type: none"> • L'activité antioxydante de 4 concentrations différentes (50, 20, 10 et 5 g/l) des HE a été mesurée en terme d'agrandir l'hydrogène ou de capacité de récupération radicale, en utilisant le DPPH radical stable . • la capacité de réducteur ferrique de 4 concentrations différentes (50, 20, 10 et 5g/l) d'HE a été déterminée en utilisant la méthode de chlorure de ferrique- ferrique de potassium. • ont été utilisés la méthode de (Daker <i>et al.</i>, 2008) 	(Viuda-Martos <i>et al.</i> , 2011)
04	Active packaging films as a carrier of	<ul style="list-style-type: none"> • piégeage de radicaux ABTS⁺ 	<ul style="list-style-type: none"> • Une solution ABTS⁺ (1 ml) a été mélangée avec 10 µl d'échantillon. 	(Dilara <i>et</i>

	black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat		L'absorbance a été mesurée à 734 nm. L'activité antioxydante des films a été exprimée en pourcentage d'inhibition de l'absorbance calculé en suivant : inhibition % = (A _{ABTS} - A _{échantillon})/A _{ABTS}	Figen , 2018)
05	Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of <i>Nigella sativa</i> seeds	<ul style="list-style-type: none"> • mesure l'indice de peroxyde par le teste au four de Schaal. • valeur de l'acide thiobarbiturique • détermination de l'activité antioxydante dans la système d'acide linoléique • le teste DPPH 	<ul style="list-style-type: none"> • l'échantillon a été dissous dans l'acide acétique (30 ml) et du chloroforme (20ml) et ajouté (1 ml) de solution KI. Le mélange a été titré en thiosulfate de sodium (0.02N) en utilisant l'amidon comme indicateur. Un titrage blanc a été réalisé en parallèle avec l'échantillon traité et mesuré l'indice de peroxyde. • un mélange de 10 g d'échantillon, 0.67% de TBA aqueuse (20 ml) et de benzène (25 ml), l'absorbance du surnageant a été mesurée à 540 nm. Une valeur inférieure de TBA indique une activité antioxydante supérieure. TBA= (3.2 × OD) / (0.15 × W) OD : absorbance de la solution surnageant W : quantité d'échantillon en gramme. • les échantillons ont été ajoutés à une solution d'acide linoléique (20µl), de 99.8 % d'éthanol (2ml) et de tampon de phosphate de 0.2 M, tous a été ajusté à 6ml d'eau distillé, l'absorbance de mélange a été mesurée à 500 nm. Le contrôle et standards a été soumis à la même procédure, à l'exception du contrôle où il n'y avait pas d'ajout d'échantillon. Une absorbance plus faible indique une capacité antioxydante supérieure. • comme la méthode expliquée au précédent (même principe) 	(Singh <i>et al.</i> , 2005)

06	<p>Antioxydant activities of rosemary (<i>Rosmarinus Officinalis L.</i>) extract, blackseed (<i>Nigella sativa L.</i>) essential oil, carnosic acid, rosmarinic acid and sesamol</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Activité de piégeage radical : DPPH et ABTS⁺ 	<ul style="list-style-type: none"> • 1.5 ml de huile essentielle a été mélangé avec 1.5 ml de 0.2 mM de solution DPPH méthanolique, après mesuré l'absorbance, le pourcentage d'inhibition était calculé par l'équation suivante : $\% \text{inhibition} = \frac{100(A_{\text{blanc}} - A_{\text{échantillon}})}{A_{\text{blanc}}}$ • Pour la méthode ABTS⁺, une solution contient les huiles essentielles (HE +éthanol) soumis aux mesures d'absorbance. Les résultats ont été exprimés en capacité antioxydante équivalente trolox (TEAC) à 1-6 min 	(Naciye, 2008)
----	--	---	---	----------------

Chapitre 3

Résultats et discussions

1. Les résultats obtenus et leurs interprétations

1.1. Les compositions chimiques des huiles essentielles de *N. sativa*

Tableau 5. Les compositions chimiques des huiles essentielles extraites par différentes méthodes

Composant	Les méthodes d'extraction/ zone de pic (%) (Kokoska <i>et al.</i> , 2008)				(Kaz emi, 2014)	(Singh <i>et al.</i> , 2014)	(Khosr avi <i>et</i> <i>al.</i> , 2011)	(Shaaban <i>et al.</i> , 2015)	(Viu da- Mart os <i>et</i> <i>al.</i> , 2011)	(Singh <i>et al.</i> , 2005)	(Çakm akçi <i>et</i> <i>al.</i> , 2011)
	HD	SD	SE- SD	SF E- SD	HD	HD	Macér- ation	HD	HD	HD	SD
α -Thujène	15.1	17.5	4.1	0.3	6.00	5.6	2.8	10.50±0.7	13.1	10.03	0.56
α -Pinène	3.3	3.8	0.9	T	1.11	1.4	1.5	2.8± 0.2	/	3.33	/
Sabinene	2	1.9	0.9	T	1.00	0.8	1.7	0.5 ±0.07	1.65	1.34	/
β -Pinène	4	4.2	1.8	T	7.00	1.7	/	3.0 ±0.3	2.54	3.78	/
η -Décane	/	/	0.3	/	/	/	0.4	/	/	/	/
α - Phellandrène	T	T	/	/	0.45	0.1	/	/	/	/	/
α - Terpinène	0.7	0.6	0.3	T	/	0.2	/	/	/	0.47	/
ρ -Cymène	56.2	52.0	42.4	8.6	32.0	31.4	17	0.1±0.002	33.0	/	17.40
Limonène	2.9	2.9	2.1	/	0.13	1.0	4.8	1.1±0.1	2.16	/	/
γ - Terpinène	1.2	0.7	1	T	5.12	0.2	/	/	/	/	/
Linalol	T	T	T	0.1	/	/	/	0.5± 0.05	/	/	5.21
Terpinen-4- ol	0.6	0.6	0.8	1.4	/	1.0	0.8	/	/	/	/
Carvone	1.1	1	1.3	0.8	12.4		4.4	/	/	0.16	/

Thymoquinone	0.5	4.3	30.7	76.7	20.3	37.6	0.7	52.6 ± 1.9	32.1	11.27	12.33
Thymol	/	T	/	T	10.1	0.2	/	/	/	0.13	6.61
Carvacrol	0.8	0.6	1	2.5	1.00	1.4	1.8	/	1.68	2.12	16.94
α-Longipinene	0.7	0.6	0.6	0.9	/	0.5	/	0.3 ± 3.0	/	1.54	/
Longifolene	2.6	2.2	1.8	2.6	/	2.0	/	1.5 ± 0.1	/	6.32	/
β-Caryophyllene	0.1	0.4	/	0.3	/	/	/	/	/	0.07	3.02
γ-Cadinene	T	/	0.3	0.9	/	/	/	/	/	/	/
Thymohydroquinone	T	/	T	/	/	3.4	/	/	/	/	/

D'après les résultats présentés dans (tab. 5), les compositions chimiques des huiles essentielles sont variées selon la méthode et le protocole d'extraction utilisé, même chez les méthodes d'extraction similaires, ils ont été trouvés des teneurs différents du chaque composé, comme chez Kazemi (2014) et Singh *et al.* (2014) qui ont été utilisés l'extraction par l'hydrodistillation, les pourcentages ont été totalement différents (dans le cas de thymoquinone par exemple leur pourcentage est 20.32% et 37.6% chez les deux auteurs respectivement).

On a remarqué aussi l'absence des certains composés chez Khosravi *et al.* (2011), qui ont été utilisés la macération, ils ont été trouvé le carvone (4.4%), le carvacrol (1.8%), le terpinène-4-ol (0.8%), ces composés n'apparaît pas chez Shaaban *et al.* (2015) qui a utilisé l'hydrodistillation.

Cette différence de teneur, l'apparence et l'absence des certains composés à cause de plusieurs facteurs telle que la distribution mondiale de la plante *N. sativa*, les conditions géographiques, le climat et les méthodes d'extraction utilisés par les chercheurs (Liu *et al.*, 2011).

l'efficacité de techniques d'extraction déterminé selon le rendement obtenue pour les principaux constituants qui ont été présentés dans la figure 3, et sur cette base et selon les résultats illustrés dans (tab. 5), les méthodes les plus efficaces sont la distillation à la vapeur des huiles brut obtenues par extraction de solvant et l'extraction de fluide supercritique parce qu'ils ont été noté 30.7 % , 76.7% respectivement dans le cas de thymoquinone, 42.4%, 8.6% respectivement dans le cas de p-Cymène et 1% , 2.5% respectivement dans le cas de carvacrol.

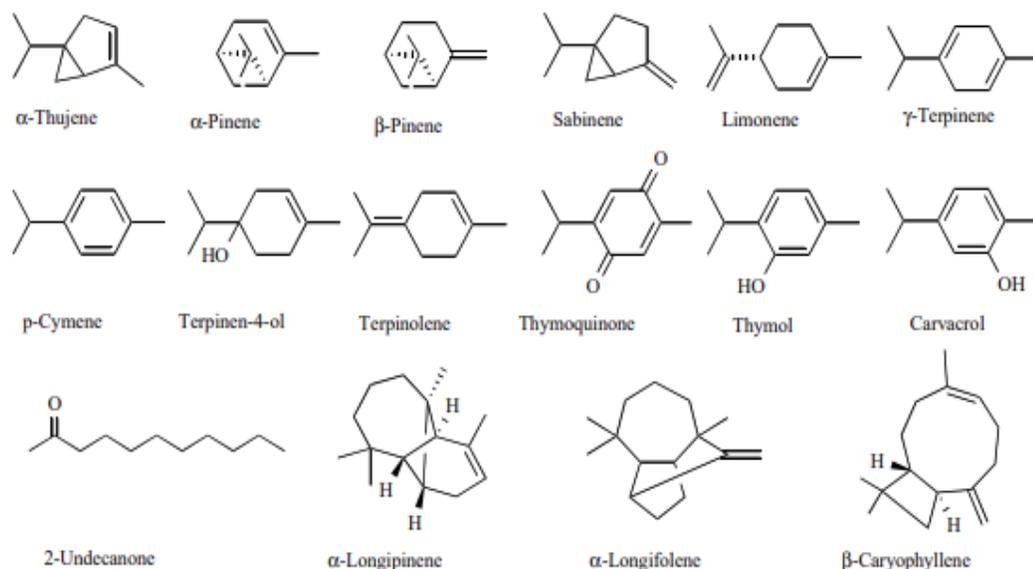


Figure 3. Les principaux constituants des HE de *Nigella sativa* (Liu *et al.*, 2011).

1.2. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Nigella sativa*

Tableau 6. L'activité antibactérienne de thymoquinone et les huiles essentielles extraites par différentes méthodes (Kokoska *et al.*, 2008).

Bactéries	CMI ($\mu\text{g/ml}$)					
	HD	SD	SE-SD	SFE-SD	TQ	CIP
<i>Bacillus cereus</i>	512	32	8	4	8	1
<i>B. subtilis</i>	512	64	8	8	64	2
<i>Enterococcus faecalis</i>	>1024	128	16	16	32	1
<i>Staphylococcus aureus</i>	512	32	4	4	8	1
<i>S. epidermidis</i>	256	32	4	4	8	1
<i>Streptococcus pyogenes</i>	512	256	64	32	8	0.5
<i>Bacteroides fragilis</i>	>1024	>1024	64	32	64	2
<i>Escherichia coli</i>	>1024	>1024	512	256	512	0.03
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	>1024	>1024	>1024	>1024	512	0.5

Les résultats de teste d'activité antimicrobienne des huiles essentielles obtenues par différentes méthodes d'extraction sont présentés dans (tab. 6), Kokoska *et al.* (2008) ont été trouvés que tous les échantillons obtenues ont une activité antibactérienne contre les bactéries de gram positive (*Bacillus cereus*, *B. subtilis*, *Enterococcus faecalis*, *Staphylococcus aureus*, *S.*

epidermidis, *Streptococcus pyogenes*) et gram négative (*Bacteroides fragilis*, *Escherichia coli*, *Pseudomonas aeruginosa*).

Les huiles essentielles les plus actives contre toutes les souches testées sont les huiles qui ont été extraites par SFE-SD, suivi par les huiles obtenues par SE-SD. La plus basse activité antimicrobienne a été notée dans les huiles volatiles obtenues par SD, mais ils sont efficaces que l'hydrodistillation, c'est à cause de composés chimiques obtenues par chaque méthode car tout les activités biologiques des huiles essentielles est lié à leur composition chimique (Bourgou *et al.*, 2010).

La plus forte activité était observée contre *S. epidermidis* avec CMI 4 - 256 µg/ml, et la plus basse activité contre *Pseudomonas aeruginosa* avec CMI >1,024 µg/ml, et cela signifie que les huiles essentielles de *Nigella sativa* sont plus actives contre les bactéries de gram positive que les bactéries de gram négative comme indiqué dans le tableau ci-dessous (tab. 6).

Dans le cas de thymoquinone, les chercheurs ont été observés qu'il a une activité antimicrobienne presque similaire et proche à celle dans les huiles essentielles extraites par SFE-SD et SE-SD parce qu'il est le plus active entre la totalité des composés (Bourgou *et al.*, 2010).

Tableau 7. Activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Nigella sativa* (Kazemi, 2014).

Micro-organismes	Huiles essentielles		Micro-organisme	Huiles essentielles	
	CMI (µg/ml)	Antibiotique Streptomycin CMI (µg/ml)		CMI (µg/ml)	Antibiotique Fluconazole CMI (µg/ml)
<i>Bacillus cereus</i>	2.5±0.78	20±0.8	<i>Candida albicans</i>	2±0.6	6±0.3
	2.5±0.40	40±0.86		1±0.7	4±0.3
<i>Enterobacter cloacae</i>	5±0.52	20±0.12	<i>Candida tropicalis</i>	5±0.1	6±0.1
	5±0.11	20±0.86		2±0.2	4±0.1
<i>Enterococcus faecalis</i>	5±0.17	20±0.1	<i>Candida parapsilosis</i>	5±0.2	5±0.5
	5±0.64	40±0.86		2±0.3	4±0.2
<i>Listeria monocytogenes</i>	5±0.12	15±0.71	<i>Aspergillus niger</i>	5±0.4	6±0.2
	5±0.00	20±0.86		2±0.6	4±0.6
<i>Staphylococcus aureus</i>	8±0.65	100±0.34	<i>Aspergillus fumigatus</i>	5±0.2	5±0.8
	10±0.87	200±0.86		2±0.7	4±0.3
<i>Acinetobacter baumannii</i>	5±0.89	25±0.45			
	5±0.9	20±0.36			

<i>Escherichia coli</i>	2.5±0.3 2.5±0.0	20±0.59 40±08
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	3±0.3 5±0.6	20±0.59 20±45
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	8±0.54 10.96±00	60±0.7 250±0.1
<i>Proteus mirabilis</i>	5±0.21 5±0.38	20±0.54 20±45
<i>Salmonella typhimurium</i>	5±0.6 5±0.54	20±0.39 20±05
<i>Citrobacter freundii</i>	5±0.89 5±0.6	20±0.98 40±0.00

Ce tableau est présenté les résultats obtenues par Kazemi (2014), où ils ont été trouvés que les huiles essentielles de la nigelle ont une activité antimicrobienne contre tous les souches testés. Comparé à les antibiotiques standards (Streptomycine et Fluconazole), les huiles essentielles sont plus actives que ces antibiotiques, spécialement contre *E. coli* comme il est indiqué dans (tab. 7). cette activité la plus active est facilement attribué à la thymoquinone et au thymol présente dans un pourcentage élevé dans les compositions des huiles essentielles de *N. sativa* (Kazemi, 2014).

Tableau 8. CMI des huiles essentielles, thymoquinone, carvacrol, p-cymène de *Nigella sativa* en (µg/ml) pour *L. monocytogenes* (Mouwakeh *et al.*, 2018).

<i>L. monocytogenes</i>	Huiles essentielles	Thymoquinone	Carvacrol	p-cymene
L2	116	40	150	>2144
L6	116	40	150	>2144
L14	116	40	150	>2144
L7	233	40	150	>2144
L4	233	40	150	>2144
L1	233	40	150	>2144
L9	233	40	150	>2144
LI	466	40	150	>2144
LA	233	40	300	>2144

Les résultats présentés dans (tab. 8), montrés que les huiles essentielles de la nigelle et leurs molécules bioactives (thymoquinone, carvacrol et p-cymène) ont une activité antimicrobienne contre les souches de *Listeria monocytogenes* c'est-à-dire cette espèce est sensible à huile essentielle de la nigelle. La molécule la plus active est le thymoquinone (CMI= 40µg/ml), et la

plus basse est le ρ -cymène (CMI >2144 $\mu\text{g/ml}$), pour les huiles essentielles sont entre 116 et 466 $\mu\text{g/ml}$, cela indique que les composés chimiques sont les responsables de cette activité, principalement le thymoquinone (Mouwakeh *et al.*, 2018).

Tableau 9. CMI en ($\mu\text{g/ml}$) des % huiles essentielles de *Nigella sativa* et Mm de thymoquinone, carvacrol et ρ -cymène sur *Staphylococcus aureus* (ATCC 25923 et MRSA 272123) (Mouwakeh *et al.*, 2018).

Composés bioactives	<i>S. aureus</i> ATCC	<i>S. aureus</i> MRSA
HE de <i>N. sativa</i> %	0.003125	0.003125
Thymoquinone	0.0625	0.0625
Carvacrol	1	0.5
Cymène	>16	>16

Les résultats illustrés dans (tab. 9) sont indiqués que le teste est positive contre *Staphylococcus aureus*, où la CMI des huiles essentielles est 0.003125 $\mu\text{g/ml}$, la CMI de thymoquinone est 0.0625 $\mu\text{g/ml}$, pour le carvacrol est 1 $\mu\text{g/ml}$ chez *S. aureus* ATCC et 0.5 $\mu\text{g/ml}$ chez *S. aureus* MRSA, et >16 $\mu\text{g/ml}$ pour le ρ -cymène.

Comme les interprétations des résultats précédents, et d'après les résultats du (tab. 9), l'huile essentielle de la nigelle possède une activité antibactérienne grâce à sa composition chimique contre ces bactéries, la plus forte activité antibactérienne est notée chez le thymoquinone et la plus basse chez le ρ -cymène (Mouwakeh *et al.*, 2018).

Tableau 10. L'activité antibactérienne des huiles essentielles de *Nigella sativa* (Singh *et al.*, 2014).

Echantillon	Dose (ppm)	Zone d'inhibition de différentes doses (mm)				PA
		BS	BC	SA	EC	
huiles essentielle de <i>Nigella</i> <i>sativa</i>	1000	++	25.3 \pm 1.4	++	-	18.9 \pm 0.17
	3000	++	++	++	20.3 \pm 0.14	27.9 \pm 0.15

(+) : il y a une inhibition complet (-): pas d'inhibition

Tableau 11. Enquête antifongique des huiles essentielles de la nigelle par la méthode plaque pétri (Singh *et al.*, 2014).

Echantillon	Dose (μl)	Zone d'inhibition de différentes doses (%)				PV
		AN	AF	FM	FG	
	5	43.6 \pm 0.30	45.7 \pm 1.3	71.2 \pm 0.50	39.7 \pm 0.14	34.7 \pm 0.6

huiles essentielle de <i>Nigella sativa</i>	10	80.9 ± 0.36	70.3 ± 1.8	89.7 ± 0.20	65.7 ± 0.17	87.6 ± 0.7
---	----	-------------	------------	-------------	-------------	------------

Tableau 12. Enquête antifongique des huiles essentielles de la nigelle par la méthode empoisonnée de nourriture (Singh *et al.*, 2014).

Echantillon	Dose (µl)	Zone d'inhibition de différentes doses (%)				PV
		AN	AF	FM	FG	
huiles essentielle de <i>Nigella sativa</i>	5	65.9 ± 0.9	60.3 ± 0.1	42.2 ± 1.8	93.2 ± 1.2	50.8 ± 1.5
	10	81.2 ± 1.3	77.8 ± 0.2	61.7 ± 0.7	100 ± 0.8	55.4 ± 0.3

Les résultats présentés dans (tab. 11), montrés que, dans la dose 1000 ppm, les huiles essentielles de *Nigella sativa* inhibe la croissance de tous les souches testés, sauf *E. coli* il n'y a pas d'inhibition. Chez *Staphylococcus aureus* et *Bacillus subtilis*, l'inhibition est complète.

Par contre, en dose 3000 ppm l'huile volatile a été jugé très efficace contre *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Bacillus cereus* par une inhibition complet.

À travers les résultats de (tab. 11), les chercheurs trouvés que les huiles volatiles exposées plus de 90% de zone d'inhibition contre *Fusarium moniliforme* et *Penicillium viridicatum*, il a également été jugé très efficace de contrôler la croissance des espèces *Aspergillus* et *Fusarium graminearum*

Dans l'autre technique de empoisonnée de nourriture les résultats sont présentés dans (tab. 12), ils indiqué que les huiles volatiles ont une zone d'inhibition très claire contre *Fusarium graminearum* en 10 µl, aussi elles ont montré une forte activité antifongique contre tous les *Aspergillus* testés.

À partir de ces résultats, nous conclurons que les huiles essentielles de *Nigella sativa* ont une activité antibactérienne et antifongique contre les espèces mentionnés en haut, Le responsable de ces activités est principalement le thymoquinone, p-cymène, longifolène, thymohydroquinone (Singh *et al.*, 2014).

Tableau 13. Activité antifongique des huiles essentielles de *Nigella sativa* contre la production du mycélium et aflatoxine (Khosravi *et al.*, 2011).

échantillon	Poids séché de mycélium (mg)	Aflatoxines ($\mu\text{g}/\text{kg}$)					totale
		B1	B2	G1	G2		
HE de <i>N. sativa</i> (1.5 mg/ml)	1109.4 \pm 12.8	4.6 \pm 0.07	0.001 \pm 0.0005	1.7 \pm 0.02	0.4 \pm 0.03		6.4 \pm 0.04
Contrôle positive	3406.1 \pm 25.5	9.3 \pm 0.02	2.9 \pm 0.4	110 \pm 0.04	3.4 \pm 0.05		165 \pm 0.04

Ces résultats indiqués que les huiles essentielles de *Nigella sativa* exposées une inhibition de production du mycélium par *A. parasiticus* comme il est indiqué dans (tab. 13), le même discours pour la production d'aflatoxine.

Cette activité antifongique peut être atténuée vers les compositions d'huile et leur efficacité pour inhibé la production des aflatoxines et mycélium (Khosravi *et al.*, 2011).

Tableau 14. L'effet de trois testes antibactériennes contre bactéries pathogéniques (Shaaban *et al.*, 2015).

Concentration	Formules Antimicrobiennes	<i>S. aureus</i>	<i>E. coli</i>	<i>I. monocytogenes</i>	<i>P. aeruginosa</i>	<i>B.cereus</i>	<i>S. typhimurium</i>
		Zone d'inhibition (mm)					
100 $\mu\text{g}/\text{puits}$	HE	15.7 \pm 0.6	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	14.7 \pm 0.6	8.0 \pm 1.7
	ceftriaxone	39.67 \pm 0.6	24.0 \pm 1.0	16.7 \pm 1.5	34.0 \pm 1.7	27.0 \pm 1.7	16.7 \pm 1.5
200 $\mu\text{g}/\text{puits}$	HE	17.9 \pm 2.1	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	16.3 \pm 1.5	16.0 \pm 1.0
	ceftriaxone	41.7 \pm 0.6	25.7 \pm 1.2	17.7 \pm 1.5	36.0 \pm 1.0	28.3 \pm 1.5	18.0 \pm 1.0
300 $\mu\text{g}/\text{puits}$	HE	25.3 \pm 2.3	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	18.0 \pm 1.0	18.0 \pm 1.7
	ceftriaxone	43.3 \pm 0.6	27.3 \pm 0.6	18.7 \pm 1.5	37.3 \pm 0.6	29.7 \pm 1.2	19.3 \pm 1.2
400 $\mu\text{g}/\text{puits}$	HE	33.0 \pm 1.0	25.3 \pm 1.5	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	19.6 \pm 1.5	22.3 \pm 0.6
	ceftriaxone	44.7 \pm 0.6	29.0 \pm 1.0	20.0 \pm 1.0	39.3 \pm 0.6	32.0 \pm 1.0	21.7 \pm 1.2
500 $\mu\text{g}/\text{puits}$	HE	33.7 \pm 1.5	30.3 \pm 1.5	0.0 \pm 0.0	0.0 \pm 0.0	21.3 \pm 1.5	26.5 \pm 0.7
	ceftriaxone	46.0 \pm 1.0	31.3 \pm 1.6	21.0 \pm 2.0	0.6 \pm 23.7	34.7 \pm 0.6	23.7 \pm 2.1

Les résultats de (tab.14) montrés que les formules antimicrobiennes (HE) ont une activité antimicrobienne contre les bactéries testées. En 100, 200 et 300 µg/puits, les HE sont actives contre *S.aureus*, *B. cereus* et *S. typhimurium*, aucune inhibition contre les autres espèces testées. En 400 et 500 µg/puits, elles sont actives contre tous les bactéries sauf *l. monocytogenes* *P. aeruginosa*. Et cela grâce à le thymoquinone qui occupe 52.6% de composition des huiles essentielles, l'un des caractéristiques antimicrobiennes les plus importantes de TQ est sa capacité à modifier la résistance bactérienne aux antibiotiques (Shaaban *et al.*, 2015).

Tableau 15. L'effet des certaines concentrations des huiles essentielles de *Nigella sativa* sur les bactéries (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

	Dose (µl)	Diamètre de zone d'inhibition (mm)		
		<i>Listeria innocua</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
Huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i>	2	18.00 ± 0.00	N.A	N.A
	5	18.00 ± 0.00	N.A	N.A
	10	19.00 ± 0.00	N.A	N.A
	20	19.00 ± 0.00	N.A	N.A
	40	31.00±1.40	N.A	N.A

N.A : ne sont pas active

Les résultats de teste antibactérien sont classés dans (tab. 15), ils ont trouvés que les huiles essentielles actives seulement contre *Listeria innocua*, et aucune inhibition pour *Serratia marcescens* et *Pseudomonas fluorescens*, Viuda-Martos *et al.* (2011) ont été montrés la présence d'inhibition par le contenu des huiles essentielles qui est le responsable de l'activité antimicrobienne, et l'absence de l'inhibition par la résistance des bactéries contre les huiles essentielles.

Tableau 16. Activité antibactérienne des huiles essentielles de *N. sativa* (Singh *et al.*, 2005).

Teste	Concentration (ppm)	Zone d'inhibition (mm)					
		Bactérie de gram positive			Bactérie de gram négative		
		BS	SA	BC	EC	ST	PA
HE de la nigelle	1000	+	+	70.4±1.9	-	-	60.7±0.7
	2000	+	+	+	-	-	+
	3000	+	+	+	-	-	+

+ : inhibition complet - : pas d'inhibition

Tableau 17. L'effet antifongique d'huile essentielle de *N. sativa* contre différents champignons pathogéniques par l'utilisation de deux méthodes (Singh *et al.*, 2005).

	La zone d'inhibition de mycélium en différent dose d'échantillon (%)					
	Huiles essentielles de <i>Nigella sativa</i> (μ l)					
	Méthode plaque pétri			Méthode empoisonnée la nourriture		
	2	4	6	2	4	6
<i>Aspergillus ochraceus</i>	62.4 \pm 0.2	72.9 \pm 0.8	82.4 \pm 0.2	18.8 \pm 0.2	31.3 \pm 1.3	75.0 \pm 0.1
<i>Aspergillus niger</i>	37.5 \pm 0.1	58.8 \pm 0.5	68.8 \pm 0.9	5.0 \pm 2.0	8.8 \pm 1.1	12.5 \pm 0.3
<i>Aspergillus flavus</i>	33.5 \pm 1.2	53.3 \pm 1.1	73.3 \pm 1.5	37.5 \pm 2.1	62.5 \pm 0.6	87.3 \pm 0.7
<i>Aspergillus terreus</i>	46.6 \pm 1.3	73.3 \pm 1.1	85.3 \pm 0.4	18.8 \pm 0.8	27.5 \pm 1.8	43.8 \pm 1.3
<i>Fusarium graminearum</i>	85.7 \pm 1.2	91.4 \pm 0.6	100 \pm 0.7	25.0 \pm 0.6	56.3 \pm 0.9	62.5 \pm 1.7
<i>Fusarium moniliforme</i>	25.0 \pm 0.5	37.5 \pm 0.2	50.0 \pm 0.6	75.6 \pm 0.3	85.5 \pm 1.5	93 \pm 1.6
<i>Penicillium citrium</i>	25.0 \pm 1.8	37.5 \pm 1.4	50.0 \pm 1.5	31.3 \pm 1.4	50.0 \pm 0.4	100
<i>Penicillium viridicatum</i>	23.5 \pm 1.3	49.4 \pm 2.1	67.0 \pm 0.1	32.0 \pm 0.3	65.7 \pm 0.7	90.4 \pm 1.8

Les huiles essentielles de la nigelle possèdent une zone d'inhibition complète contre *Bacillus cereus*, *Bacillus subtilis*, *Staphylococcus aureus* et *Pseudomonas aeruginosa* en 2000 et 3000 ppm, et une zone d'inhibition complète contre *Bacillus subtilis* et *Staphylococcus aureus* en 1000 ppm. Elles ne sont pas efficaces contre *Escherichia coli* et *Salmonella typhi* en toutes les concentrations testées comme il est indiqué dans (tab. 16).

Les données de (tab. 17) représenté les résultats de teste antifongique par deux méthodes : méthode plaque pétri et méthode d'empoisonnée la nourriture.

Dans la méthode de plaque pétri, les huiles essentielles possèdent une zone d'inhibition très claire contre *Aspergillus flavus*, *Fusarium graminearum*, *Fusarium moniliforme* et *Penicillium viridicatum* en toutes les doses de concentrations, et inhibition complète de croissance contre *Penicillium citrinum* en 6 μ l.

Dans la deuxième méthode (empoisonnée la nourriture), les huiles essentielles possèdent une activité antifongique contre tous les *Aspergillus* testé, en 6 μ l, elles possèdent une inhibition complète contre *Fusarium graminearum*.

La majeure partie de l'activité antimicrobienne dans les huiles essentielles résultant de composés phénoliques (thymol, carvacrol et p-cymène) (Singh *et al.*, 2005).

Tableau 18. Effet des traitements et des périodes de stockage sur certaines propriétés microbiologiques des échantillons de beurre (log cfu/g) (Çakmakçi *et al.*, 2011).

Variantes	Période de Stockage (jour)	Beures (log cfu/g)			
		C	NS1	NS2	NS3
TAMB	2	6.83±0.21	6.84±0.07	6.80±0.15	6.84±0.14
	30	6.70±0.18	6.72±0.06	6.65±0.08	6.71±0.29
	60	6.60±0.04	6.36±0.09	6.17±0.00	6.13±0.01
	90	6.32±0.12	5.88±0.02	5.71±0.16	5.81±0.04
LAB	2	6.47±0.12	6.40±0.39	6.62±0.17	6.66±0.26
	30	6.22±0.25	6.62±0.09	6.31±0.33	6.62±0.09
	60	6.32±0.32	6.26±0.31	5.97±0.01	5.79±0.03
	90	6.20±0.14	5.75±0.02	5.69±0.00	5.65±0.07
Bactéries coliformes	2	4.83±0.09	4.54±0.10	4.48±0.12	4.45±0.13
	30	4.67±0.06	4.42±0.03	3.78±0.16	3.26±0.18
	60	4.64±0.18	4.04±0.17	3.05±0.90	2.95±0.41
	90	3.55±0.12	2.25±0.07	<1	<1
Moule de levure	2	4.03±0.91	3.30±0.89	3.57±0.27	3.20±1.03
	30	4.61±0.07	4.27±0.21	4.18±0.14	3.64±0.29

60	5.37±0.33	4.69±0.26	4.69±0.36	3.74±0.94
90	4.69±0.34	4.68±0.30	4.43±0.11	4.52±0.31

NS1, NS2 et NS3 sont 0.05, 0.1 et 0.2 % d'huile essentielle respectivement.

Ce tableau présente les résultats d'effet des traitements et des périodes de stockage sur certaines propriétés microbiologiques des échantillons de beurre. Chez les bactéries TAMB, une diminution noté dans les trois concentrations de HE à partir de 60 jours par rapport au contrôle, chez les bactéries LAB, une diminution noté à partir de 90 jours par rapport le contrôle pour les concentrations NS1 et NS2. Les comptes de moule levure ont été augmentés jusqu'aux 60 jours de la période de stockage, mais une diminution a été perçue pour les 90 jours, à l'exception de l'échantillon NS3 comme il est illustré dans (tab. 18), les bactéries coliformes comptent des échantillons de beurre était généralement inférieurs par rapports aux échantillons de contrôle.

Ces résultats indiqués que l'activité antibactérienne des huiles essentielles de *N. sativa* peut être lié à leur pourcentage élevé de thymoquinone, p-cymène et carvacrol qui ont un effet antibactérien (Çakmakçi *et al.*, 2011).

Tableau 19. L'activité antimicrobienne des huiles volatiles de la nigelle contre les bactéries de gram négative et gram positive et tuberculose (CMI en µg/ml) (Piras *et al.*, 2013).

Extrait	Bactéries de gram négative					
	<i>E. coli</i>		<i>P. aeruginosa</i>		<i>A. baumannii</i>	
	ATCC 35218	Souche	ATCC 10145	Souche	RSKK 02026	Souche
T1	128	>256	128	>256	128	>256
T2	128	>256	128	>256	128	>256
T3	128	>256	128	>256	128	>256
E1	16	>256	16	>256	32	>256
AMP	<0.12	>128	0.5	>128	0.12	0.5
LVX	0.25	128	0.5	32	-	-
GN	-	-	0.5	2	-	-
KET						
FLU						
	Bactéries de gram positive					
	<i>S. aureus</i>		<i>E. faecalis</i>		<i>B. subtilis</i>	
	ATCC 25923	Souche	ATCC 29212	souche	ATCC 6633	Souche
T1	64	>256	64	>256	64	>256
T2	64	>256	64	>256	64	>256
T3	64	>256	64	>256	64	>256
E1	32	>256	32	>256	32	>256
AMP	<0.12	>128	0.5	>128	0.12	0.5
LVX	0.25	128	0.5	32	-	-
GN						
KET						

	<i>Tuberculose</i> ATCC 27294
FLU	
T1	8
T2	8
T3	8
E1	8
AMP	
LVX	
GN	0.125
KET	2
FLU	1

Tableau 20. L'activité antimicrobienne des huiles essentielles de *Nigella sativa* contre les champignons (CMI en µg/ml) (Piras *et al.*, 2013)

Extrait	Champignons	
	<i>C. albicans/C. tropicalis</i> ATCC 10231/ATCC 13803	<i>C. krusei</i> ATCC 6258
	32/16	64
T1		
T2	32/16	64
T3	32/16	64
E1	32/16	64
AMP		
GN		
LVX		
KET	0.5/2	64
FLU	2/4	64

Les résultats de teste antibactérien sont présentés dans (tab. 20), le teste a été réalisé contre des bactéries de gram positive et gram négative, où les valeurs CMI les plus efficaces de 16 et 32 µg/ml contre les bactéries de gram négative ont été observées avec les huiles essentielles de E1 Contre *E. coli* et *P. aeruginosa*, de même, E1 a montré une activité modérée contre *A. baumannii* en CMI de 32 et 64 µg/ml. Pour les bactéries de gram positive (*S. aureus*, *E. faecalis*, *B. subtilis*), E1 sont les huiles qui ont la meilleure activité contre toutes les souches testées en 32 et 64 µg/ml.

Alors les huiles essentielles possèdent une activité antifongique contre *C. krusei* en 64 µg/ml, la plus basse concentration notée contre *C. albicans* et *C. tropicalis* en 16 et 32 µg/ml. Pour *M. tuberculosis*, les huiles volatiles on une activité contre les tuberculoses.

la fraction phénolique ou les extraits de solvants différents de *N. sativa* a montré leur activité antimicrobienne (Piras *et al.*, 2013).

Tableau 21. Les propriétés antimicrobienne de films (Ghamari *et al.*, 2020).

	(%) HE	Zone d'inhibition (mm)	
		<i>Staphylococcus aureus</i> PTCC 29213	<i>Escherichia coli</i> PTCC 1338
Contrôle	0.00	-	-
optimale	1.27	8.31±0.21	7.51±0.20

L'activité antimicrobienne des films incorporés avec NSEO contre *E. coli* et *Staphylococcus aureus* est démontré dans (tab. 21), contrôle signifie un film sans huile essentielle pour enquêter l'activité antimicrobienne, ce contrôle n'a aucun effet inhibiteur sur les deux bactéries, par contre le film qui contient NSEO (optimale) a un effet antibactérien contre ces deux bactéries.

L'activité antimicrobienne d'huile essentielle contenant des films comestibles dans l'huile dépend de certains facteurs, y compris le composé phénolique de l'huile essentielle, le type de bactérie pathogène et les propriétés structurelles des films comestibles (Ghamari *et al.*, 2020).



Figure 4. Zone d'inhibition de film contre *E. coli* (Dilara et Figen , 2018)



Figure 5. Zone d'inhibition de film contre *S. aureus* (Dilara et Figen , 2018)

Ces deux figures sont présentés les résultats de teste antimicrobien qui était réalisé par Dilara et Figen (2018) contre *E. coli* et *S. aureus* qui sont des bactéries pathogènes portées à la nourriture. BCO en tant que composé actif a été chargé dans un film d'emballage pour une protection antimicrobienne de la viande de poulet, les films actifs montrés un effet inhibiteur considérable contre *E. coli* comme il est indiqué dans la figure 4, zone d'inhibition : 18.20×20.84 mm, 16.80× 17.61mm et 19.02× 16.33 mm, mais il y avait une légère zone inhibitrice entourant les films contre *S. aureus* comme il est présenté dans la figure 5, par une zone d'inhibition de 14.30× 11.92 mm, 13.49× 11.26mm et 11.04× 12.01mm.

Dans cette recherche, les films basés sur le chitosane et l'alginate qui contient le BCO ont une activité antibactérienne contre les bactéries de gram négative (*E. coli*) et les bactéries de gram positive (*S. aureus*), cette efficacité d'activité dû à la structure des bactéries et leurs sensibilités aux huiles essentielles de la nigelle (Dilara et Figen , 2018).

1.3. Les testes d'activité antioxydante

Tableau 22. L'activité DPPH des huiles essentielles de *Nigella sativa* et leurs composés bioactives (Kazemi, 2014).

Les composés testés	IC ₅₀ (µg/ml)
Huile essentielle de <i>N. sativa</i>	19±0.7
α-Thujene	25±0.3
β-pinène	25
p-cymene	24±1.6
γ-terpinene	25±1.0
Thymoquinone	14±0.7

Thymol	18±0.5
--------	--------

Les résultats de l'activité antioxydante sont présentés dans (tab. 22), où il a été observé la plus forte activité noté chez le thymoquinone IC_{50} ($14 \pm 0.7 \mu\text{g/ml}$) suivi par l'huile essentielle ($19 \pm 0.7 \mu\text{g/ml}$) et le thymol ($18 \pm 0.5 \mu\text{g/ml}$).

Kazemi (2014), a été montré que cette activité dû aux monoterpènes oxygénés (thymol et thymoquinone), et les hydrocarbures monocarbures monoterpènes (p -cymène et β -pinène), qui sont les principaux constituants des huiles essentielles de *N. sativa*.

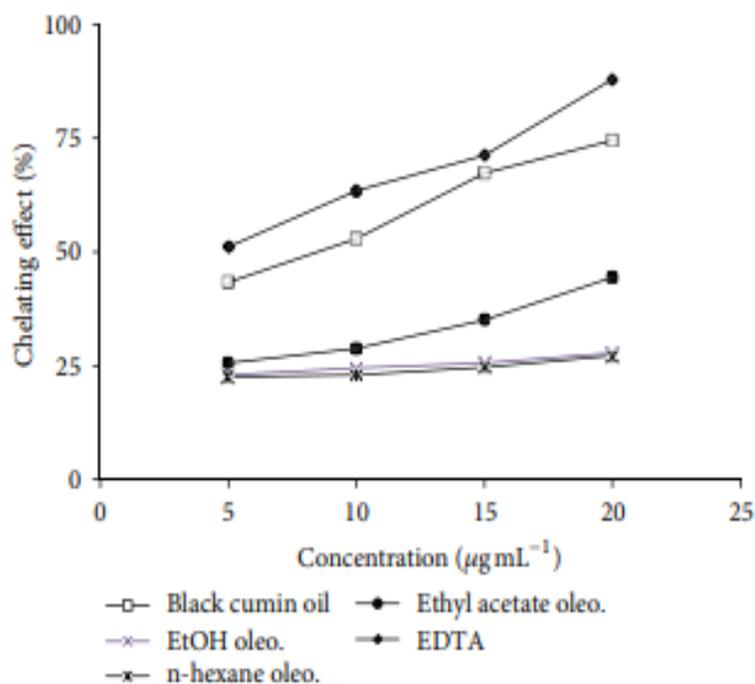


Figure 6. Effet chélatant d'huile essentielle de *Nigella sativa* (Singh *et al.*, 2014)

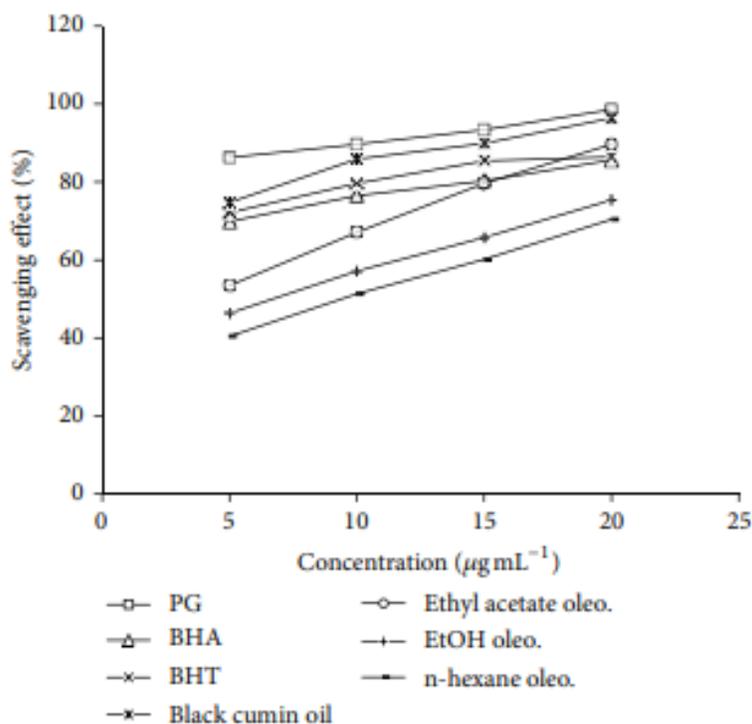


Figure 7. L'effet de la rapidité sur DPPH (Singh *et al.*, 2014).

Les résultats d'activité chélatante sur les ions ferreux sont présentés dans la figure 6, où elle est égale à 74.56% en concentration 20 µg/ml, elle presque similaire au l'EDTA qui est utilisé comme contrôle.

L'effet de la rapidité sur DPPH est augmenté à partir de concentration 5 µg/ml jusqu'à 20 µg/ml, en 20 µg/ml l'activité est 95.4 % comme il est indiqué dans la figure 7.

L'activité antioxydante des huiles essentielles peut être liée aux divers composés phénoliques (thymoquinone (37.6%) et p-cymène (31.4%)), cette activité est due à leurs potentiels redox élevés, ce qui leur permet d'agir en tant qu'agents réducteurs, des donateurs à hydrogène (Singh *et al.*, 2014).

Tableau 23. l'activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par la méthode DPPH (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

	% d'inhibition de DPPH			
	A	B	C	D
HE de <i>N. sativa</i>	52.74 ± 0.97	75.34 ± 0.00	95.21±0.00	95.89±0.00

A = 5 g/L, B = 10 g/L, C = 20 g/L, D = 50 g/L

Tableau 24. L'activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par méthode FRAP (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

		FRAP TEAC(mmol/LTrolox)			
		A	B	C	D
HE de N. sativa		0.45 ± 0.03	0.65±0.01	1.93±0.13	3.33 ± 0.03

A = 5 g/L, B = 10 g/L, C = 20 g/L, D = 50 g/L

Tableau 25. Activité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle par la méthode TBARS (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

		% d'inhibition par TBARS			
		A	B	C	D
HE de la nigelle		26.03 ± 1.56aB	36.91 ±0.89bB	55.21 ±0.89cB	70.35 ± 0.00d

A = 5 g/L, B = 10 g/L, C = 20 g/L, D = 50 g/L

Dans le teste DPPH, la valeur minimale de IC₅₀ signifie une forte activité antioxydante.

Les résultats présentés dans (tab. 23) sont les résultats de teste DPPH, où la plus forte activité noté en concentration 50 g/l (95.89%), dans la méthode de FRAP (tab. 24), la capacité de réduction ferrique des huiles essentielles dans les termes de concentration trolox est 3.33 mmol/L Trolox. Pour la méthode de TBARS, la plus forte activité est 70.35% en concentration 50 g/l.

Ces trois tableaux montrés que les huiles essentielles de *Nigella sativa* ont une activité antioxydante, cette activité dû à leurs compositions, ces compositions possèdent une activité antioxydante par l'inhibition de peroxydation lipidique (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

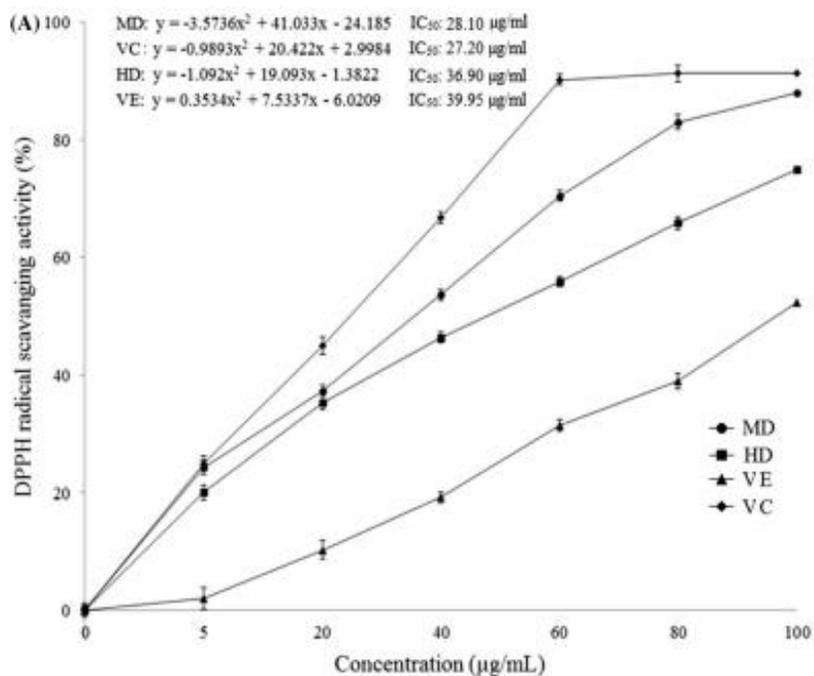


Figure 8. Résultat d'activité antioxydante par DPPH des huiles essentielles extraite par différentes méthodes (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

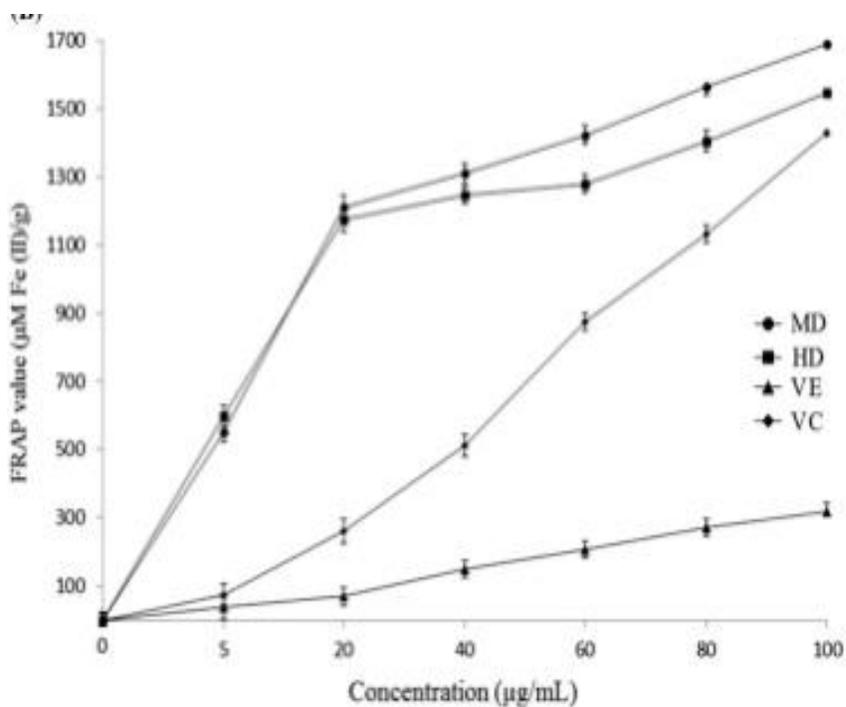


Figure 9. Résultat d'activité antioxydante par la méthode FRAP des huiles essentielles extraite par différentes méthodes (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

Comme il est indiqué sur la figure 8, l'activité de balayage radical DPPH a augmenté lorsque la concentration en huile a augmenté. Une valeur IC_{50} faible indique une forte activité antioxydante dans un échantillon. La valeur IC_{50} d'huile essentielle extraite par MAE et HD était de 28.10 et 36.90 $\mu\text{g/ml}$.

Dans la méthode FRAP, une absorbance plus élevée indiquait une puissance de réduction ferrique plus élevée. Comme il est montré dans la figure 9, toutes les huiles essentielles ont montrés une puissance de réduction ferrique augmenté avec l'augmentation de la concentration.

L'activité des huiles essentielles de *Nigella sativa* pourraient être principalement dues à l'action de la thymoquinone existant dans l'huile (Viuda-Martos *et al.*, 2011).

Tableau 26. Activité de piégeage radical d'huile essentielle de *Nigella sativa* (Naciye, 2008).

	Activité de piégeage radical			
	DPPH IC_{50} (μM)	1 min	ABTS ⁺ (TEAC, mM Trolox) 4 min	6 min
Huile essentielle de cumin noir	515 \pm 20.1	2.0 \pm 0.7	2.4 \pm 0.3	2.5 \pm 0.6

Ce tableau présenté les résultats d'activité de piégeage radical d'huile essentielle de *Nigella sativa*, la capacité de ce huile à nettoyer DPPH a été évaluée sur les bases de leurs valeurs IC_{50} qui sont présentés dans (tab. 26), l'activité antioxydante selon le DPPH était presque 515 μM pour la ABTS⁺ déterminé selon les valeur TEAC, où les valeurs très élevés démontrent une activité antioxydante plus élevé comme il est indiqué dans (tab. 26), la réaction entre ABTS⁺ et l'inhibiteur (HE) est augmenté de 1 min jusqu'à 6 min. cette activité attribué à la teneur en phénolique de graine de nigelle (Naciye, 2008).

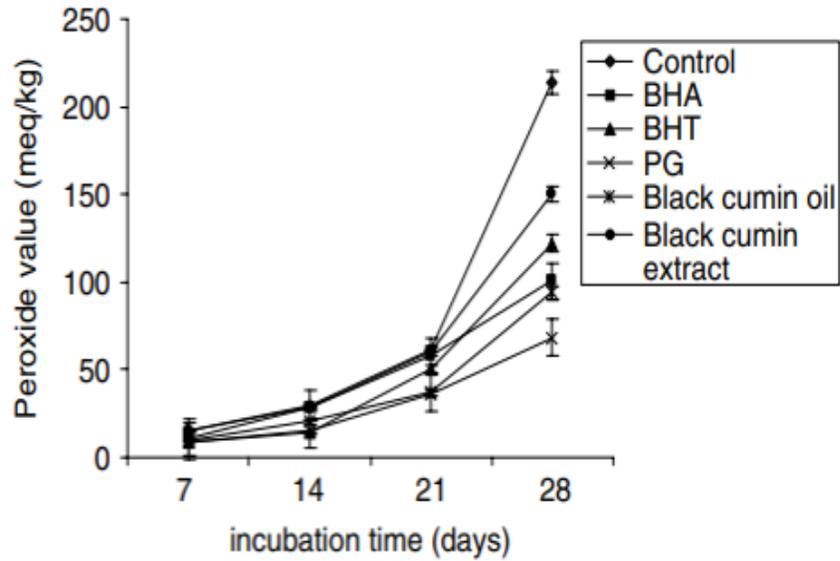


Figure 10. Stabilisation de l'huile de colza par l'huile essentielle de *Nigella sativa* à 200 ppm avec des normes à 70°C dans les termes de la valeur du peroxyde (Singh *et al.*, 2005).

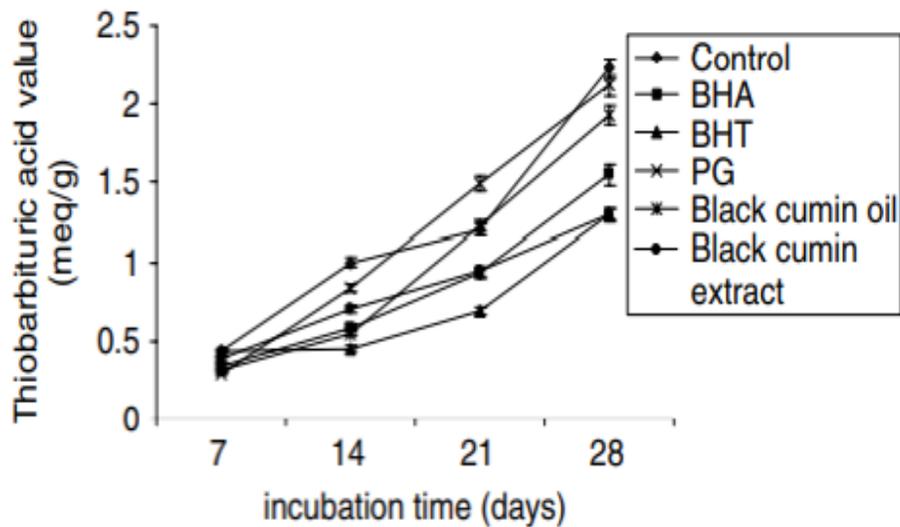


Figure 11. Effet oxydatif secondaire de l'huile essentielle de *Nigella sativa* à 200 ppm avec des normes à 70°C dans les termes de la valeur TBA (Singh *et al.*, 2005).

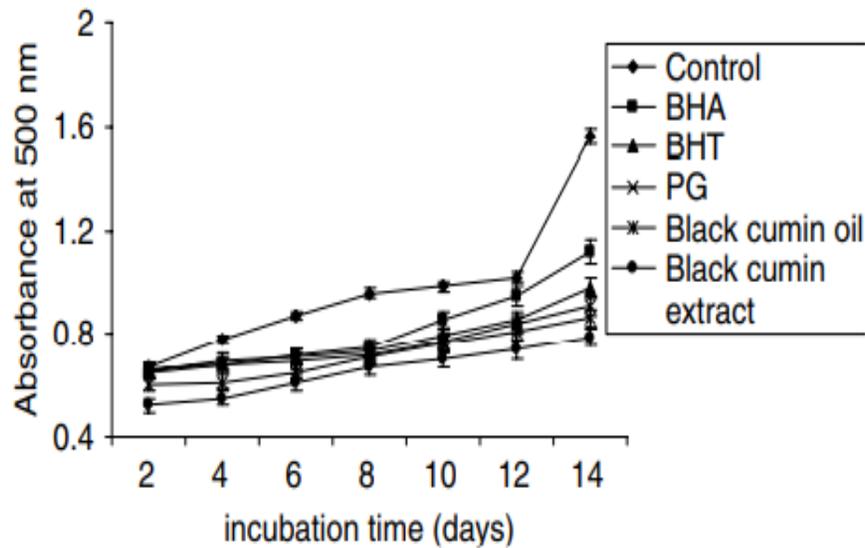


Figure 12. Activité antioxydante de l'huile essentielle de *Nigella sativa* par rapport aux antioxydants standard à 5×10^{-3} ppm dans le système linoléique (Singh *et al.*, 2005).

La figure 10 affiché les changements de la valeur de peroxyde dans l'huile de colza , l'oxydation de ce huile a été mesurée avec un stockage pendant 28 jours, la valeur de peroxyde de l'échantillon de contrôle a augmenté à 213.6 meq/kg au cours de dernière journée, ce qui est nettement plus élevé que les échantillons contenant de l'huile essentielle , alors cette effet dû à la capacité antioxydante des huiles essentielles de la nigelle.

Au cours du processus d'oxydation, les peroxydes sont progressivement convertis en composés de poids moléculaire inférieur tels que Aldéhyde, a été mesuré par la méthode TBA , l'huile essentielle a pu contrôler le processus d'oxydation secondaire, la résultat est présenté dans la figure 11.

L'augmentation de l'absorbance signifie l'augmentation de la formation de peroxyde, la figure 12 montré que l'huile essentielle capable de réduire la formation de peroxyde car l'absorbance était inférieur à 0.8 en 500 nm.

Les groupes phénoliques jouent un rôle important dans l'activité antioxydante comme carvacrol et thymol qui sont les responsables de cette activité (Singh *et al.*, 2005).

À partir l'analyse de ces articles qui tournent autour les huiles essentielles de *Nigella sativa*, premièrement, je trouve que l'efficacité des méthodes d'extraction est selon le rendement de composés phénoliques des huiles essentielles donné, la méthode plus efficace est la distillation à micro-ondes à la vapeur car il extraite des huiles volatiles plus précieuses, permettent des économies d'énergie substantielles et offrent des avantages importants par rapport

aux techniques conventionnelles, tous ces facteurs font de la MSD une bonne technique pour l'isolement des huiles volatiles provenant de plantes aromatiques, ces composés phénoliques ont des activités biologiques différentes, parmi eux l'activité antimicrobienne qui inhibe la croissance des bactéries et champignons pathogènes sur les produits alimentaires, cette activité est influencé par le type de bactérie pathogène et les propriétés structurelles de membrane des bactéries, aussi l'activité antioxydante qui empêcher l'oxydation des substrats. Le principal composé qui est responsable à ces deux activités est le thymoquinone qui est le composé le plus actif dans l'huile essentielle de *N. sativa*.

Conclusion

Conclusion

Tout au long de ce travail, nous avons pu découvrir la plante *Nigella sativa*, cette plante utilisée depuis des millénaires dans plusieurs cultures, à différentes périodes et à différents endroits du monde. Depuis quelques dizaines d'années jusqu'à maintenant, la recherche scientifique a porté son regard sur cette plante.

L'intérêt de l'utilisation des huiles essentielles de graines de Nigelle (*Nigella sativa*) dans la conservation des produits alimentaires contre la dégradation par les micro-organismes et les réaction d'oxydation durant la production, stockage et marketing dû à une gamme extraordinaire de molécule bioactive qui lui confère plusieurs activités biologiques telle que le thymoquinone, ρ -cymène, carvacrol, thymol, α -thujène, longifolène, β -pinène, α -pinène...etc

L'huile essentielle de la nigelle possède une propriété antimicrobienne contre les bactéries (gram positive et gram négative) et les champignons, par l'inhibition de leur croissance, cette activité est influencée principalement par la sensibilité des agents pathogène et leur structure, aussi par la méthode d'extraction des huiles qui était utilisé. L'autre activité qui permette la protection des aliment contre l'oxydation des substances chimiques comme les radicaux libre est : l'activité antioxydante.

Le thymoquinone est le composés le plus actif, et le responsable de ces deux activités à cause de leur propriété antimicrobienne et antioxydante.

Finalement, nous espérons qu'il y aura des études pour développer les méthodes d'extraction des huiles essentielles au moindre coût et énergie, aussi pour détecter des nouvelles méthodes thérapeutiques et d'autres utilisations de ces huiles.

Références

Bibliographie

1. Piras A., Rosa A., Marongiu B., Porcedda S., Falconieri D., Dessì M.A., Ozcelik B., Koca U. 2013. Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of *Nigella sativa* L. extracted by supercritical carbon dioxide. *Industrial Crops and Products* 46:317-323.
2. Andaloussi A. 2009. Étude des propriétés antidiabétiques de *Nigella sativa* : sites d'action cellulaires et moléculaires. Thèse de doctorat, Université de Montréal, Canada, 41p.
3. Karrandou A. 2016. La Nigelle, une panacée peu connue en Occident. thèse de doctorat, Université de Bourgogne, France, 55p.
4. Abedi A., Rismanchi M., Shahdoostkhany M., Mohammadi A., Mortazavian A. 2017. Microwave-assisted extraction of *Nigella sativa* L. essential oil and evaluation of its antioxidant activity. *J Food Sci Technol* 54(12): 3779–3790.
5. Mouwakeh A., Kincses A., Nové M., Mosolygó T., Mohácsi-Farkas C., Kiskó G., Spengler G. 2018. *Nigella sativa* essential oil and its bioactive compounds as resistance modifiers against *Staphylococcus aureus*. *Phytotherapy Research*: 1-9.
6. Mouwakeh A., Telbisz A., Spengler G., Mohácsi-farkas G., Kiskó G. 2018. Antibacterial and Resistance Modifying Activities of *Nigella sativa* Essential Oil and its Active Compounds Against *Listeria monocytogenes*. *in vivo* 32:737-743.
7. Al-Jassir M. S. 1992. Chemical composition and microflora of black cumin (*Nigella sativa* L.) seeds growing in Saudi Arabia. *Food Chemistry* 45: 239-242.
8. Khosravi A. R., Shokri H., Minoeianhaghighi M. 2011. Inhibition of Aflatoxin Production and Growth of *Aspergillus parasiticus* by *Cuminum cyminum*, *Ziziphora clinopodioides*, and *Nigella sativa* Essential Oils. *foodborne pathogens and disease* 8(12): 1276-1280.
9. Meziti A. 2009. Activité antioxydante des extraits des graines de *Nigella sativa* L Étude in vitro et in vivo. Thèse de doctorat, Université el-haj lakhdar, Algérie, 105p.
10. Abdesselam B. 2015. Approche ethnopharmacologique de *Nigella sativa* : de ses utilisations traditionnelles ancestrales aux études cliniques actuelles de ses principes actifs. Thèse de doctorat, Université de Picardie Jules Verne, France, 159p.
11. Betina-Bencharif S. 2014. Isolement et caractérisation de saponosides extraits de deux plantes médicinales : *Cyclamen africanum*, *Zygophyllum cornutum* et évaluation de leur activité anti-inflammatoire. thèse de doctorat, Université Constantine, Algérie, 218p.

12. Bourrain J.-L. 2013. Allergies aux huiles essentielles : aspects pratiques. revue française d'allergologie 53: 30-32.
13. Cevdet N., Otles S. 1993. Chemical composition of *Nigella sativa* L. seeds. Food Chemistry 48: 259-261.
14. Cherif M. 2018. Potentiel d'utilisation de la Nigelle (*Nigella sativa*) dans l'alimentation des ovins. effet sur la digestion les performances de croissance et la qualité de viandes et du lait . thèse de doctorat, Université de Carthage, tunisie, 175p.
15. Toparslan C. 2012. À propos de *Nigella sativa* L. À propos de *Nigella sativa* L. lorraine. thèse de doctorat, Université de lorraine, France, 136p.
16. Daouda M. T. 2015. études chimiques et biologiques des huiles essentielles de quatre plantes aromatiques médicinales de Cote d'Ivoire. thèse de doctorat, université Felix Houphouët- Biogny, cote d'ivoire, 153p.
17. Takma D. K. , Korel F. 2018. Active packaging films as a carrier of black cumin essential oil: Development and effect on quality and shelf-life of chicken breast meat. Food Packaging and Shelf Life: 1-8.
18. festy D. 2014. Huiles essentielles/ le guide visuel. Quotidien malin .
19. Ghedira K. 2006. La nigelle cultivée : *Nigella sativa* L. (*Ranunculaceae*). Phytotherapie 5: 220-226.
20. Gurdip S., Palanisamy M., Carola S., Cesar C. 2005. Chemical constituents and antimicrobial and antioxidant potentials of essential oil and acetone extract of *Nigella sativa* seeds. Journal of the Science of Food and Agriculture 85: 2297–2306.
21. Shaaban A., Sadek Z., Edris A., Saad-hussein A. 2015. Analysis and antibacterial activity of *Nigella sativa* essential oil formulated in microemulsion system. journal of Oleo Science 64(2): 223-232.
22. Hamid M. 2019. *Nigella sativa* L. seed and seed oil: potential sources of high-value components for development of functional foods and nutraceuticals/pharmaceuticals. Journal of Essential Oil Research: 2163-8152.
23. Ramdan M. 2021. Black Cumin (*Nigella sativa*) Seeds: Chemistry, Technology, Functionality, and Applications. *Egypt*. p59
24. Yann-olivier M. 2015. La complexité des simples - caractérisations chimique et biologique de combinaisons hydrolats-huiles essentielles et huiles essentielles-huiles essentielles pour l'objectivation d'effets conservateurs de produits

- phytotherapeutiques. Thèse de doctorat, Institut National Polytechnique de Toulouse (INP Toulouse), France, 196p.
25. Laurent J. 2017. Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine . Conseils et utilisations des huiles essentielles les plus courantes en officine . Thèse de doctorat, université toulouse 3 - paul sabatier, 225p
 26. Kazemi M. 2014. Phytochemical Composition, Antioxidant, Antiinflammatory and Antimicrobial Activity of *Nigella sativa L.* Essential Oil. Journal of Essential Oil Bearing Plants 17(5): 1002 - 1011.
 27. Khan M. A. 1999. Chemical composition and medicinal properties of *Nigella sativa Linn.* Inflammopharmacology 7(1): 15-35.
 28. Donatien K. 2009. Enquête ethnobotanique de six plantes médicinales maliennes - extraction, identification d'alcaloïdes - caractérisation, quantification de polyphénols : étude de leur activité antioxydante. Thèse de doctorat, Université paul verlaine de metz – UPV- M, France, 189p
 29. Kouros H. G., Behnam K., Akbari J., Riyanto T., Keivan M., Mohamed I. 2017. Comparative analysis of essential oil composition of Iranian and Indian *Nigella sativa L.* extracted using supercritical fluid extraction and solvent extraction. Drug Design, Development and Therapy 2221-2226.
 30. Kokoska L., Havlik J., Valterova I., Sovova H., Sajfirtova M., Jankovska I. 2008. Comparison of Chemical Composition and Antibacterial Activity of *Nigella sativa* Seed Essential Oils Obtained by Different Extraction Methods. Journal of Food Protection 71(12): 2475–2480.
 31. Viuda-Martos M. , Mohamady M.A., Fernández-López J., Abd ElRazik K.A., Omer E.A., Pérez-Alvarez J.A. , Sendra E. 2011. In vitro antioxidant and antibacterial activities of essential oils obtained from Egyptian aromatic plants. Food Control 22:1715-1722.
 32. Mir Ata G., Amiri S., Rezazadeh-Bari M., Rezazad-Bari L. 2020. Physical, mechanical, and antimicrobial properties of active edible film based on milk proteins incorporated with *Nigella sativa* essential oil. Polymer Bulletin .
 33. Hassanien M., Assiri A., Alzohairy A., Oraby H. 2015. Health-promoting value and food applications of black cumin essential oil. Food Sci Technol 52(10): 6136–6142.
 34. Naciye E., Guler A.i, Erol A. 2008. Antioxidant activities of rosemary (*Rosmarinus Officinalis L.*) extract blackseed (*Nigella sativa L.*) essential oil, carnosic acid rosmarinic acid and sesamol. Food Chemistry 110: 76-82.

35. Orsi-Llinares F. 2005. La nigelle, une épice d'intérêt médicinal. thèse de doctorat, Université Joseph Fourier, France, 175p
36. Bourgou S., Pichette A., Marzouk B., Legault J. 2010. Bioactivities of black cumin essential oil and its main terpenes from Tunisia. *South African Journal of Botany* 76: 210–216.
37. Çakmakçı S., Engin G., Elif D., Ümmügülsüm E., 2011. Investigation of the Possible Use of Black Cumin (*Nigella sativa* L.) Essential Oil on Butter Stability . *Research article* 20(4): 534-539.
38. Singh S., Das S. S., Singh G., Schuff C., Marina P., César A. 2014. Composition, In Vitro Antioxidant and Antimicrobial Activities of Essential Oil and Oleoresins Obtained from Black Cumin Seeds (*Nigella sativa* L.). *Hindawi Publishing Corporation* : 1-10.
39. véronique I. c. 2001. toxicité des huiles essentielles. thèse de doctorat, université Paul Sabatier de Toulouse, France, 84p.
40. Liu X., Abd El-Aty A.M., Shim J.H. 2011. Various Extraction and Analytical Techniques for Isolation and Identification of Secondary Metabolites from *Nigella sativa* Seeds . *Mini-Reviews in Medicinal Chemistry* 11: 947-955.
41. Chouitah O. 2012. Composition chimique et activité antibactérienne des huiles essentielles des feuilles de *Glycyrrhiza glabra*. laboratoire de recherche sur le système biologiques et géomatiques. Thèse de doctorat, université d'Oran1, Algérie, 130p
42. Roger R. 2010. Etude de l'activité antimicrobienne d'une plante endémique de Madagascar « *Cinnamosma fragrans* », alternative aux antibiotiques en crevetticulture. Thèse de doctorat, université d'Antananarivo, Madagascar, 179p
43. Bouhaddouda N. 2016. activités antioxydante et antimicrobienne de deux plantes du sol local: *origanum vulgare* et *Mentha pulegium*. faculté des sciences : université Badji Mokhtar - Annaba , Algérie, 205p.
44. Benkaci-Ali F., Baaliouamer A., Y. Meklati B., Chemat F. 2007. Chemical composition of seed essential oils from Algerian *Nigella sativa* extracted by microwave and hydrodistillation. *Flavour and fragrance journal* 22: 148–153

خلاصة القول :

حبة البركة أو (نجيلا ساتيفا) هي نبات عشبي من الفصيلة الحوذانية , استعملت لعدة قرون في الطب التقليدي. الهدف من هذه الدراسة هو تقييم القدرة المحافظة للزيوت الأساسية المتحصل عليها من بذور نبات حبة البركة هذه القدرة يكشف عنها عن طريق النشاط المضاد للميكروبات و النشاط المضاد للأكسدة . نتائج الاختبارات المحققة تظهر انه يوجد تأثير مثبت لهذه الزيوت ضد البكتيريا و الفطريات الخطيرة , أيضا ضد الشوارد الحرة. هذه النشاطات راجعة إلى المكونات الكيميائية خاصة التيموكينون الذي يوجد في الزيوت الأساسية.

الكلمات المفتاحية: نجيلا ساتيفا, الزيوت الأساسية, النشاط المضاد للميكروبات, النشاط المضاد للأكسدة, تيموكينون

Résumé :

La Nigelle ou *Nigella sativa*, est une plante herbacée de la famille des Renonculacées, était utilisée depuis des siècles au médecine traditionnelle. L'objectif de cette étude est l'évaluation de pouvoir conservateur des huiles essentielles obtenues à partir de graines de la nigelle, cet pouvoir est déterminé par l'évaluation de l'activité antimicrobienne et antioxydante. Les résultats des testes qui était réalisés montrés que il y a un effet inhibiteur des ces huiles contre les bactéries et les champignons pathogènes, aussi contre les radicaux libres, ces activités dû à certaines compositions chimiques principalement le thymoquinone qui trouvé dans les huiles essentielles.

Mots clés : Nigella sativa, huile essentielle, activité antimicrobienne, activité antioxydante, thymoquinone

Abstract :

The Nigelle or *Nigella sativa*, is a herbaceous plant of the ranunculus family, was used for centuries to traditional medicine, the objective of this study is the evaluation of the conservative effect of essential oil obtained from the seeds of *N. sativa*, this effect is determinate by the evaluation of the antimicrobial and antioxidant activity. The results of the test who was realized shown that there is an inhibitor effect of this oils against fungi and pathogenic bacteria, also against free radicals, this activities due to certain chemical composition mainly thymoquinone who finds essential oils

Keywords: Nigella sativa, essential oil, antimicrobial activity, antioxidant activity, thymoquinone