

Étude de la composition chimique, l'activité antioxydante et anti-inflammatoire de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* sauvage de parties aériennes (tiges, fleurs, feuilles et graines)

Chemical Composition, Antioxidant, and Anti-Inflammatory Activities of Wild *Anethum graveolens* Essential Oil Aerial Parts (Stems, Flowers, Leaves, and Seeds)

A. Ksouri · S. Krimat · C. Tigrine · D. Dahmane · A. Belkebir · T. Dob

© Lavoisier SAS 2019

Résumé La diversité du monde végétal et sa richesse moléculaire constituent une source importante de molécules bioactives d'origine naturelle. Dans le but de rechercher de nouveaux composés biologiquement actifs, la composition chimique de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* a été étudiée ainsi que ses activités antioxydante et anti-inflammatoire. Une caractérisation chimique par CPG et CPG/SM a montré que cette huile essentielle est composée principalement de monoterpènes oxygénés (42,1 %) de sesquiterpènes oxygénés (46,7 %). Le pouvoir antioxydant a été évalué par deux méthodes, le test de DPPH et le test de blanchiment des caroténoïdes, les résultats ont révélé que cette huile essentielle présente un effet scavenger assez élevé avec un $IC_{50} = 14,25$ mg/ml. Par ailleurs, l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* a montré une excellente activité anti-inflammatoire testée in vivo avec une inhibition de 50 %.

Mots clés Huile essentielle · *Anethum graveolens* · Activité antioxydante · Activité anti-inflammatoire

Abstract The diversity of the plant world and its molecular richness are important sources of bioactive molecules of natural origin. In order to search for new biologically active compounds, chemical composition, antioxidant, and anti-

inflammatory activities of *Anethum graveolens* essential oil have been studied. Chemical characterization by GC and GC/MS showed that this essential oil is composed mainly of oxygenated monoterpene (42.1%) and oxygenated sesquiterpene (46.7%). Antioxidant power was evaluated by two methods, the DPPH test and β -carotene bleaching assay; the results revealed that this essential oil has a good antioxidant activity with an $IC_{50} = 14.25$ mg/ml. In addition, the essential oil of *Anethum graveolens* showed excellent anti-inflammatory activity tested in vivo with a 50% inhibition.

Keywords Essential oil · *Anethum graveolens* · Antioxidant activity · Anti-inflammatory activity

Introduction

La famille des Apiaceae (Umbelliferae) est composée de près de 3 000 espèces réparties en 420 genres environ, répandues dans toutes les régions tempérées principalement dans l'hémisphère Nord. Avec 55 genres, cette famille est bien représentée dans la flore algérienne. Parmi les plantes appartenant à la famille des Apiaceae, on peut citer des plantes alimentaires (la carotte, *Daucus carota*), des plantes médicinales riches en huile essentielle (*Anethum graveolens*) [aneth], *Angelica archangelica* (angélique officinale), *Carum carvi* (carvi) [1,2].

Anethum graveolens L. est originaire de la région méditerranéenne, de la Russie et de l'Inde. En Algérie, *Anethum graveolens* se développe spontanément dans les rocaillles du Sahara central et même au niveau de l'Atlas saharien, et dans tout le Tell Constantinois [3].

L'utilisation de l'aneth (*Anethum graveolens*) est connue depuis plus de 2 000 ans. Elle a été utilisée comme herbe aromatique et en épices [4]. Connue sous le nom de *schibiit*, elle a été utilisée dans le traitement symptomatique des

A. Ksouri (✉) · S. Krimat · D. Dahmane · T. Dob
Laboratoire de molécules bioactives et valorisation de biomasse,
ENS-kouba, Alger, Algérie
e-mail : ksouri_aicha@hotmail.com

C. Tigrine
Laboratoire d'ethnobotanique et de substances naturelles,
ENS-kouba, Alger, Algérie

A. Ksouri · A. Belkebir
Laboratoire de physiologie végétale,
faculté des sciences biologiques,
université des sciences et technologies Houari-Boumedienne
(USTHB), Alger, Algérie

troubles digestifs tels que le ballonnement épigastrique, la lenteur à la digestion, les éructations et les flatulences. Cette plante peut être utilisée comme un agent régulateur du cycle menstruel chez les femmes qui ont un cycle irrégulier. L'infusion d'aneth favorise la lactation (galactagogue) et soulage les coliques et problèmes d'indigestion des nourrissons [5].

Peu de travaux scientifiques ont été effectués sur la valorisation et l'évaluation du potentiel biologique de l'huile essentielle de l'espèce sauvage d'*Anethum graveolens*. Le but de cette étude est d'identifier la composition chimique de l'huile essentielle de cette espèce et d'évaluer son potentiel antioxydant et anti-inflammatoire afin de valoriser et de développer les espèces végétales spontanées (Tableau 1).

Matériel et méthodes

Matériel végétal

La partie aérienne de la plante *Anethum graveolens* L. a été récoltée au cours du mois de mai 2012 dans la région d'El M'Ghiar wilaya d'Oued-Souf située au Nord-Est du Sahara algérien. L'identification botanique de cette plante a été faite par Mme Hadj-Arab (maître de conférences à l'USTHB, faculté des sciences biologiques).

La partie aérienne de cette plante (tiges, feuilles, fleurs et graines) a été séchée à l'ombre dans un endroit aéré pendant deux à trois semaines puis broyée et conservée dans des flacons en verre.

Extraction de l'huile essentielle

L'extraction de l'huile essentielle a été réalisée à l'aide d'un dispositif de type Clevenger. Une quantité de 100 g de matière végétale sèche est introduite dans un ballon de 2 l contenant 1 l d'eau distillée. L'ensemble est hydrodistillé pendant trois heures. Afin d'éliminer toute trace d'eau, l'huile essentielle est séchée sur sulfate de sodium anhydre (Na_2SO_4). Pour éviter toute dégradation de l'huile essentielle due à l'action de l'air et de la lumière, l'échantillon a été conservé au réfrigérateur (4 °C) dans un pilulier bien fermé.

Analyse chromatographique de l'huile essentielle

Analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à un détecteur ionisation de flamme (CPG-DIF)

L'analyse de l'huile essentielle a été réalisée sur un appareil Shimadzu GC17A, à détection par FID équipé d'une colonne capillaire DB-5 (30 m 0,32 mm i.d., épaisseur de film : 0,25 μm). Les conditions opératoires sont une température de 250 °C pour l'injecteur split et le détecteur FID.

Le profil de température du four est de 30 minutes à 60 °C après l'injection puis augmentation de 3 °C/min jusqu'à 240 °C. La température est maintenue à 240 °C pendant trois minutes. Le gaz vecteur utilisé est l'azote (1 ml/min), et le volume d'injection est de 0,2 ml avec un ratio de split de 1:50.

Analyse par chromatographie en phase gazeuse couplée à la spectrométrie de masse (CPG-SM)

L'analyse de notre échantillon a été effectuée sur un appareil Finnigan couplé à un détecteur de masse de type Thermo trace GC 2000, équipé d'une colonne capillaire de type DB-5 de (30 m 0,32 mm i.d., épaisseur de film : 0,25 μm). Les conditions de chromatographie sont les mêmes que pour l'analyse CPG, sauf que le gaz vecteur est l'hélium. Les spectres de masse sont enregistrés en mode d'impact électronique avec une bande de scan $m/z = 40-450$ et une énergie d'ionisation de 70 eV.

Les différents constituants de l'huile essentielle ont été identifiés par comparaison de leurs spectres de masse avec ceux des composés standards des banques de données (Nist 2.0 et Wiley 8.0). L'identification des molécules a été confirmée par comparaison de leurs indices de rétention avec ceux connus dans la littérature [6].

Activité antioxydante (Tableau 2)

Mesure du pouvoir antiradicalaire par le test DPPH•

Le test utilisant le DPPH a été réalisé en suivant la méthode décrite par Tepe et al. [7] où 1,5 ml de chacune des dilutions de l'huile essentielle testée est mélangée dans des tubes à essai avec le même volume d'une solution méthanolique de DPPH à (0,004 %), après 30 minutes d'incubation à une température ambiante, l'absorbance est lue à 517 nm, le pourcentage d'activité (I%) est donné par la formule suivante :

$$I\% = ((A_{\text{blanc}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{blanc}}) \times 100$$

Test de blanchiment du β -carotène/acide linoléique

La méthode décrite par Shon et al. [8] consiste à préparer une émulsion de β -carotène/acide linoléique par solubilisation de 2 mg de β -carotène dans 10 ml de chloroforme. Un millilitre de cette solution a été introduit dans un ballon contenant 20 mg d'acide linoléique et 200 mg de Tween 40. Le chloroforme est évaporé en utilisant un rotavapor. Cent millilitres d'eau distillée sont ensuite ajoutés lentement sous agitation. 4,8 ml de cette nouvelle solution sont transférés dans des tubes contenant 200 μl de l'huile essentielle (2 mg/ml dans le méthanol). Deux témoins, positif (où l'échantillon est remplacé par un antioxydant standard) et négatif (sans antioxydant), ont été aussi préparés selon le même protocole.

Tableau 1 Composition chimique (%) de l'huile essentielle d' <i>Anethum graveolens</i>			
Temps de rétention (min)	Indice de rétention	Composés identifiés	Surface (%)
8,962	928	α -pinène	0,7
10,54	966	Sabinène	0,3
11,6	991	Myrcène	0,5
12,61	1 017	<i>p</i> -cymène	2,0
12,73	1 021	Limonène	0,3
15,95	1 106	6-camphénol	0,2
16,62	1 121	α -campholénal	0,2
17,41	1 138	<i>Trans</i> - <i>p</i> -menth-2-en-1 ol	0,3
17,67	1 143	Camphre	0,4
18,73	1 166	Bornéol	0,2
18,87	1 169	Terpinène-4-ol	0,3
19,1	1 174	<i>p</i> -cymène-8-ol	0,06
19,49	1 183	α-terpinéol	3,1
19,99	1 193	<i>Cis</i> -dihydrocarvone	0,8
20,21	1 198	<i>Trans</i>-dihydrocarvone	2,9
20,96	1 215	Iso-déhydrocarvéol	0,2
21,16	1 220	<i>Trans</i> -carvéol	0,1
21,38	1 225	Neoiso-dihydrocarveol	0,5
22,19	1 243	Carvone	27,9
22,27	1 245	Carvotanacétone	0,1
22,54	1 251	Pipéritone	0,1
24,08	1 287	(<i>E</i>)-anéthole	0,3
24,27	1 291	Thymol	0,5
24,52	1 297	Carvacrol	3,5
26,8	1 345	α -cubébène	0,4
28,17	1 374	α -copaène	0,1
28,4	1 379	<i>Trans</i> - β -damascénone	0,04
30,23	1 425	β -caryophyllène	0,05
30,83	1 442	α -humulène	0,7
31,73	1 469	γ -muurolène	0,04
31,95	1 475	Germacrène D	0,3
33,46	1 518	δ -cadinène	0,4
35,05	1 559	β -calacorène	0,2
35,84	1 579	Spathuléol	0,1
36,16	1 587	Caryophyllène oxide	0,5
37,61	1 627	Dillapiole	45,3
38,36	1 647	β-eudesmole	0,3
39,04	1 666	Apiole	0,04
44,89	1 842	<i>Z</i> -lancéal acétate	0,1
		Monoterpènes hydrocarbonés	3,75
		Monoterpènes oxygénés	42,1
		Sesquiterpènes hydrocarbonés	2,0
		Sesquiterpènes oxygénés	46,5
		Totaux	94,35

Après agitation, les tubes sont placés dans un bain-marie à 50 °C pendant 120 minutes. La cinétique de décoloration de l'émulsion en présence et en absence de l'antioxydant a été suivie à 470 nm à des intervalles de

temps de 30 minutes pendant 120 minutes. Le taux de blanchiment R de β -carotène est calculé selon la méthode d'Al-Saikhan et al. [9] :

$$R = [\ln (A_{t=0}/A_{t=t})]/t$$

Tableau 2 Activité antioxydante de l'huile essentielle d' <i>Anethum graveolens</i>		
Composés	DPPH	β -carotène/acide linoléique AA (%)
Huile essentielle	$14,25 \times 10^3 \pm 500^d$	$48,09 \pm 0,66^b$
Acide ascorbique	$4 \pm 0,1^a$	$18,6 \pm 1,39^a$
α -tocophérol	$9,55 \pm 0,07^b$	ND
BHT	$72,16 \pm 0,1^c$	$93,56 \pm 0,37^c$

Les valeurs (la moyenne de trois répétitions \pm ET) représentées dans la même colonne par des lettres différentes sont significativement différentes à $p < 0,05$
 IC_{50} (μ g/ml) : concentration de l'échantillon permettant d'inhiber 50 % du radical DPPH

Où :

ln : logarithme népérien ;

t : le temps en minutes ;

$A_{t=0}$: l'absorbance initiale de l'émulsion à ($t = 0$ min) ;

$A_{t=t}$: l'absorbance de l'émulsion au temps t (30, 60, 90 et 120 minutes).

Le pourcentage d'activité antioxydante (AA) est calculé comme suit :

$$AA = [(R_{\text{contrôle}} - R_{\text{échantillon}}) / R_{\text{contrôle}}] \times 100$$

$R_{\text{contrôle}}$ et $R_{\text{échantillon}}$ représentent la moyenne du taux de blanchiment du contrôle négatif et les différents antioxydants (huile essentielle, BHT, acide ascorbique et α -tocophérol) respectivement.

Étude de l'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle par l'œdème de la patte induit par la carragénine

Les animaux utilisés pour l'étude de l'activité anti-inflammatoire sont des souris albinos (la souche Swiss) fournies par l'institut pasteur (Alger). Ces souris mâles et femelles pesant entre 20 à 25 g ont été élevées dans une animalerie à l'ENS-Kouba où la température moyenne est égale à (25 ± 1 °C), avec une photopériode de 12/24 heures. Pendant la période d'acclimatation (une semaine avant leur utilisation dans les différentes expériences), les animaux reçoivent l'eau et la nourriture à volonté (croquettes provenant de la société de production des aliments d'animaux, Bouzaréah, Alger).

La méthode de l'œdème à la carragénine de Winter et al. [10] a été utilisée pour évaluer le potentiel anti-inflammatoire de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens*. Les différentes concentrations sont préparées dans le DMSO à 3 %. Une heure avant l'injection de la carragénine, deux lots de six souris ont reçu par voie orale un traitement par huile essentielle d'*Anethum graveolens* à 200, 400 mg/kg.

L'inflammation aiguë est induite par injection de 0,04 ml d'une suspension de carragénine à 1 % dissoute dans du sérum physiologique dans l'aponévrose plantaire de la patte postérieure droite. L'épaisseur de la patte est mesurée par un pied à coulisse numérique avant injection de la carragénine et à des intervalles d'une heure pendant quatre heures.

Le pourcentage d'inhibition (% INH) de l'œdème est calculé pour chaque groupe de souris traité par rapport au contrôle négatif selon la formule suivante :

$$INH (\%) = [(E_t - E_0)_{\text{souris contrôle}} - (E_t - E_0)_{\text{souris traitée}}] / (E_t - E_0)_{\text{souris contrôle}} \times 100.$$

E_t : épaisseur de la patte après quatre heures ;

E_0 : épaisseur de la patte immédiatement après injection de carragénine.

Analyse statistique

L'analyse statistique a été faite en utilisant le logiciel XLStats 2013 Pros statistical software (Addinsoft, Paris, France). Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart-type et analysés par le test One way Anova suivi du test de Tukey pour les comparaisons multiples et la détermination des taux de signification. Les différences sont considérées significatives si p inférieure à 0,05.

Résultats et discussions

Détermination de la composition chimique de l'huile essentielle par CPG et CPG/SM

Le rendement de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* extraite par hydrodistillation adaptée au Clevenger a été estimé de 0,5 %. L'huile essentielle d'*Anethum graveolens* est composée principalement de monoterpènes oxygénés (42,1 %) et de sesquiterpènes oxygénés (46,7 %).

L'analyse précise de chaque classe terpénique indique que les espèces moléculaires majoritaires de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* sont : le dillapiolène (45,3 %), la carvone (27,9 %), le carvacrol (3,5 %), l' α -terpinéol (3,1 %), le trans-dihydrocarvone (2,9 %), le p -cymène (2 %).

D'après nos résultats, l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* que nous avons étudiée appartient au chémotype dillapiolène-carvone.

Ce type de composition en espèces moléculaires sesquiterpéniques et monoterpéniques a été également identifié chez l'espèce de la Thaïlande. En effet, celle-ci se caractérise par la présence de D-carvone (45,16 %), de dillapiolène (26,26 %) de l-limonène (12,19 %), de trans-dihydrocarvone (6,7 %), de cis-dihydrocarvone (4,7 %) comme composés majoritaires [11]. Par ailleurs, les résultats de la composition chimique de l'huile essentielle des graines d'*Anethum graveolens*,

espèce de l'Égypte, sont en accord avec ceux de notre espèce [12]. Ces auteurs ont identifié la carvone (62,48 %), le dillapiole (19,51 %), le limonène (14,61 %) dans cette huile essentielle.

Nous remarquons que l'huile essentielle de notre espèce contient une faible concentration de limonène (0,3 %). En revanche, plusieurs études ont montré que les huiles provenant de différentes parties d'*Anethum graveolens* (feuilles, fleurs, graines) renferment le limonène comme composé majoritaire [13–15].

Activité antioxydante

L'activité antioxydante de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* a été évaluée à des concentrations différentes vis-à-vis du radical DPPH en suivant la réduction de ce radical qui s'accompagne par son passage de la couleur violette (DPPH•) à la couleur jaune (DPPH-H) mesurable à 517 nm.

D'après les résultats (Fig. 1), l'évolution de l'activité antiradicalaire est dose-dépendante, car elle augmente avec l'augmentation des concentrations des extraits dans le milieu réactionnel.

Selon les résultats exprimés en IC_{50} , l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* ($IC_{50} = 14,25$ mg/ml) est dotée d'un pouvoir antiradicalaire faible comparativement à celui de l'acide ascorbique et de l' α -tocophérol. L'activité antiradicalaire vis-à-vis du radical DPPH de l'huile essentielle obtenue à partir d'*Anethum graveolens* ayant différentes origines géographiques s'est avérée supérieure à celle de notre espèce. Tanruean et al. ont rapporté un IC_{50} de l'ordre de 3,003 mg/ml pour l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* espèce cultivée en Thaïlande [11]. D'autres travaux sur l'espèce cultivée en Tunisie révèlent un IC_{50} de l'ordre de 90,5 μ g/ml [16].

La cinétique de la décoloration du β -carotène, en présence de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* à 2 mg/ml, est

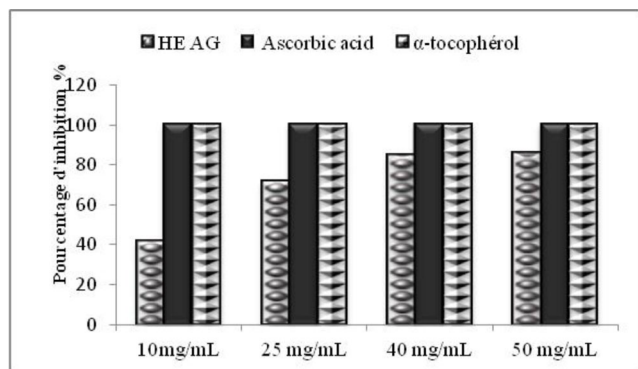


Fig. 1 Pourcentage d'inhibition du radical DPPH en fonction des concentrations de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* (HE AG) [chaque valeur représente la moyenne de trois essais \pm ET]

représentée sur la figure 2. La capacité de cette huile essentielle à ralentir la vitesse de l'oxydation des lipides est indiquée par l'abaissement de l'absorbance dans le temps.

Nous remarquons que l'huile essentielle de notre plante présente une très bonne activité protectrice vis-à-vis du β -carotène comparé à celle de l'acide ascorbique. Cependant, l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* d'Iran étudiée par Kazemi a montré un effet inhibiteur plus élevé avec un IC_{50} de l'ordre de 8,21 μ l/ml [17]. Les huiles essentielles riches en monoterpènes se caractérisent par une faible activité antioxydante. Par conséquent, l'activité antioxydante varie en fonction de la composition chimique. L'activité antioxydante des huiles essentielles est probablement due à leurs propriétés redox qui jouent un rôle important dans l'absorption et la neutralisation des radicaux libres [18].

Étude de l'activité anti-inflammatoire

L'étude de l'activité anti-inflammatoire de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* est réalisée par la mesure du volume de l'œdème induit par la carragénine chez différents lots de souris (contrôle, essais et témoin positif) en absence et en présence d'un traitement anti-inflammatoire. Les résultats sont représentés sous forme de courbes mettant en valeur l'évolution du volume de l'œdème en fonction du temps.

Les deux doses testées présentent une activité anti-inflammatoire similaire (pas de différence significative à $p < 0,05$). Les pourcentages d'inhibitions enregistrés à la quatrième heure sont respectivement de 39 et 50 % pour des doses de 200 et 400 mg/kg de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* (Fig. 3).

En effet, des études effectuées sur l'effet d'un mélange d'huiles essentielles (à base d'extrait d'*Anethum graveolens* et d'huile de sésame) indiquent que cette huile a un effet inhibiteur sur l'inflammation, ce dernier est supérieur à celui du diclofénac [19].

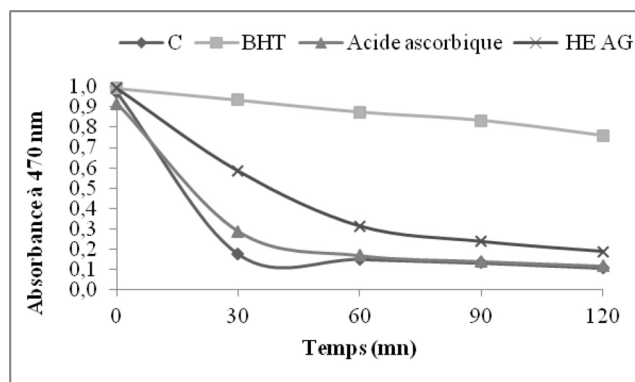


Fig. 2 Cinétique du blanchiment du β -carotène de l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* (HE AG) [chaque valeur représente la moyenne de trois essais \pm ET]

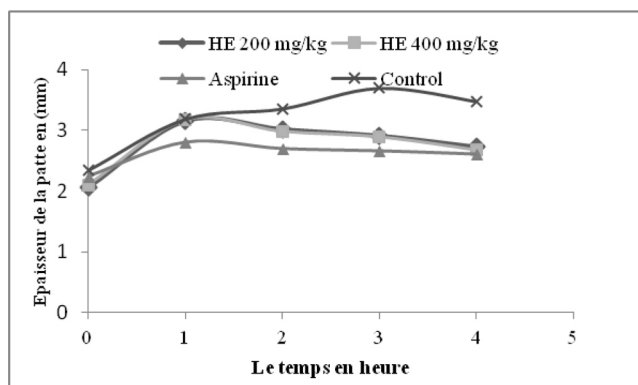


Fig. 3 Courbes de l'évolution de l'œdème en présence d'un prétraitement par voie orale, une heure avant l'injection de la carragénine chez quatre lots de souris. Deux lots traités par l'huile essentielle d'*Anethum graveolens* à 200 et 400 mg/kg ; un lot témoin négatif (eau physiologique), un lot témoin positif (aspirine à 100 mg/kg)

Conclusion

La caractérisation qualitative et semi-quantitative par CPG et CPG/MS de l'huile essentielle extraite à partir de la partie aérienne d'*Anethum graveolens* a révélé une teneur élevée de monoterpènes et de sesquiterpènes oxygénés dont les composés majoritaires sont le dillapiolène (45,3 %) et la carvone (27,9 %). D'après les résultats obtenus, nous avons constaté que l'huile essentielle de cette plante présente des activités antioxydantes et anti-inflammatoires intéressantes. En effet, il ressort du présent travail que l'aneth sauvage est une plante importante et riche en possibilités thérapeutiques. Cette étude ouvre des perspectives expérimentales qui devraient nous permettre de connaître les mécanismes moléculaires intervenant dans les effets pharmacologiques observés.

Liens d'intérêts : les auteurs déclarent ne pas avoir de liens d'intérêts.

Références

1. Lejoly J (2005) Systématique des plantes à fleurs en relation avec les principales plantes médicinales. Notes à l'usage des étudiants du 1^{er} Bac en sciences pharmaceutiques, volume II. Université libre de Bruxelles, institut de pharmacie

2. Bruneton J (2009) Pharmacognosie, phytochimie, plante médicinale. 3^e édition, Lavoisier Technique & Documentation, Paris, 1120 p
3. Quézel P, Santa S (1963) Nouvelle flore de l'Algérie et des régions désertiques et méridionales (Tome II). Éditions CNRS, pp 643-80
4. Kaur G.J., Arora D.S (2009). Antibacterial and phytochemical screening of *Anethum graveolens*, *Foeniculum vulgare* and *Trachyspermum ammi*. BMC Complement Altern Med, 9:30
5. Monsefi M, Ghasemi M, Bahaoddini A (2006) The effects of *Anethum graveolens* L. on female reproductive system. Phytother Res 20:865-8
6. Adams RP (1995) Identification of essential oil components by gas chromatography/mass spectroscopy. 4th edition. Allured Publishing Corporation, Carol Stream, 803p
7. Tepe B, Daferera D, Tepe AS, et al (2007) Antioxidant activity of the essential oil and various extracts of *Nepeta flavida* Hub-Mor. from Turkey. Food Chem 103:1358-64
8. Shon MY, Kim TH, Sung NJ (2003) Antioxidants and free radical scavenging activity of *Phellinus baumii* (Phellinus of Hymenochaetaceae) extracts. Food Chem 82:593-7
9. Al-Saikhan MS, Howard LR, Miller J (1995) Antioxidant activity and total phenolics in different genotypes of potato (*Solanum tuberosum* L.). J Food Sci 60:341-7
10. Winter CA, Risle EA, Nuss GW (1962) Carrageen in induced edema in hind paw of rat as an assay for anti-inflammatory drugs. Proc Soc Exp Biol Med 1:544-7
11. Tanruean K, Kaewnarin K, Rakariyatham N (2014) Antibacterial and antioxidant activities of *Anethum graveolens* L. dried fruit extracts. Chiang Mai J Sci 41:649-60
12. Said Al Ahl H, Sarhan A, Dahab A, et al (2015) Volatile oil composition of *Anethum graveolens* affected by harvest stage. Int J Plant Sci Eco 3:93-7
13. Ramadan M, Abd-Algader N, El-Kamali H, et al (2013) Volatile compounds and antioxidant activity of the aromatic herb *Anethum graveolens*. J Arab Soc Med Res 8:79-88
14. Babri RA, Khokhar I, Mahmood Z, et al (2012) Chemical composition and insecticidal activity of the essential oil of *Anethum graveolens* L. Sci Int (Lahore) 24:453-5
15. Rădulescu V, Popescu ML, Iliș DC (2010) Chemical composition of the volatile oil from different plant parts of *Anethum graveolens* L. (Umbelliferae) cultivated in Romania. Farmacia 58:594-600
16. Edziri H, Ammar S, Souad L, et al (2012) In vitro evaluation of antimicrobial and antioxidant activities of some Tunisian vegetables. S Afr J Bot 78:252-6
17. Kazemi M (2015) Chemical composition and antimicrobial, antioxidant activities and anti-inflammatory potential of *Achillea millefolium* L., *Anethum graveolens* L., and *Carum copticum* L. essential oils. J Herb Med 5:217-22
18. Moghaddam M, Khaleghi Miran SN, Ghasemi Pirbalouti A, et al (2015) Variation in essential oil composition and antioxidant activity of cumin (*Cuminum cyminum* L.) fruits during stages of maturity. Ind Crops Prod 70:163-9
19. Naseri M, Mojab F, Khodadoost M (2012) The study of anti-inflammatory activity of oil-based Dill (*Anethum graveolens* L.) extract used topically in formalin-induced inflammation male rat paw. Iran J Pharm Res 11:1169-74