

RÉPUBLIQUE ALGÉRIENNE DÉMOCRATIQUE ET POPULAIRE

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

Université Abou-Bekr-Belkaïd Tlemcen

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie, des Sciences de la Terre et L'univers

Département de Biologie



LAP SAB
antibiotiques Antifongiques
physico-chimie,
synthèse et activité biologique

Laboratoire de recherche

« Antibiotiques Antifongiques : Physico-chimie, Synthèse et Activité Biologique »

Mémoire de Master En Biologie

Domaine : SNV

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Présenté par :

M^r BELAYACHI Anis

Thème

**Etude bibliographique sur l'activité antioxydante et
inhibitrice de l'alpha amylase d'*Elettaria cardamomum***

Soutenu le 06/07/2021

Devant le Jury :

M ^{elle} BENARIBA N.	Présidente	MCA	Université de Tlemcen
M ^{me} MEDJDOUB H.	Examinatrice	MCB	Université de Tlemcen
M ^{me} BELKACEM N.	Promotrice	MCB	Université de Tlemcen

Année universitaire 2020- 2021

Dédicace

A mes très chers parents qui ont toujours été là pour moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de labeur et de persévérance. Merci pour vos mots, votre présence, vos encouragements et votre éducation.

A ma famille, mes proches et à ceux qui me donnent de l'amour et de la vivacité.

A l'âme de mon très cher oncle Omar Hamzaoui qui nous a quitté cette année qu'Allah lui accorde son paradis.

A tous qu'ils ont été derrière moi, qui m'ont soutenu, et m'ont toujours aidé.

Merci !

Remerciements

En préambule à ce travail nous remerciant Allah qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

*J'adresse tout d'abord, mes remerciements à M^{me} **Belkacem N.**, maître de conférences au Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen. Vous m'avez fait l'honneur d'accepter de diriger ce travail, que vous avez suivi de très près. Vos qualités humaines n'ont d'égal que votre compétence professionnelle et qui seront pour moi un exemple dans l'exercice de ma profession. Veuillez trouver, cher maître, dans ce travail l'expression de ma reconnaissance et ma très haute considération.*

*J'adresse mes sincères remerciements à M^{elle} **Benariba N.**, maître de conférences au Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen pour l'honneur qu'elle me fait de présider le jury.*

*J'exprime également mes remerciements à M^{me} **Medjdoub H.**, maître de conférences au Département de Biologie, Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen de me fait l'honneur d'accepter d'examiner ce travail.*

Enfin, je remercie gracieusement toute personne qui a contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'analyse et le traitement des articles et des recherches réalisées sur deux activités biologiques : l'activité antioxydante et l'activité inhibitrice de l'alpha amylase de la plante médicinale *Elettaria cardamomum* de la famille des zingibéracées originaire de l'Asie du sud. Les résultats des différents travaux montrent que la cardamome révèle une bonne source d'antioxydants y compris les phénoliques et les flavonoïdes présentant donc une activité antioxydante élevée. Les chercheurs ont conclu que l'utilisation de la cardamome dans l'alimentation non seulement donne de la saveur aux aliments, mais aussi réduit les risques d'oxydation. L'ensemble des expériences ont rapporté que les constituants phénoliques de la cardamome sont responsables de l'inhibition des enzymes glucosidases (α -amylase). Ainsi, ces études donnent des nouvelles idées sur l'utilisation de la cardamome dans les futures stratégies de la gestion de la glycémie.

Mots clé : *Elettaria cardamomum*, activité antioxydante, activité inhibitrice de l'alpha amylase, constituants phénoliques.

Liste des abréviations

A_{AI} : Activité antioxydante

A_{AR} : Activité antiradicalaire

ABTS : 2, 2'-Azinobis (3-ethylbenzotriazoline-6-sulfonic acid) diammonium salt

BHA : Butylhydroxyanisole

BHT : Butylhydroxytoluène

CG/SM : Chromatographie en phase gazeuse-spectrométrie de masse

DPPH• : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

EAG/gE : Equivalent acide gallique par gramme d'extrait

EC : *Elettaria cardamomum*

EC₅₀ : Concentration efficace

EQC/gE : Equivalent catéchine par gramme d'extrait

EtOH : Ethanol

FRAP: Ferric Reducing Antioxidant Power

HE: Huile essentielle

IC₅₀ : concentrations inhibitrices de 50% (ou concentration inhibitrice médiane)

MeOH : Méthanol

PG : Gallate proylée

PPm : Partie par million

PS : Poids Sec

RL : Radical libre

TPC : Contenu phénolique total

V/v : Volume sur volume

Liste des figures

Figure n°1 : La plante <i>Elettaria cardamomum</i>	6
Figure n°2 : La fleur de cardamome	6
Figure n°3 : Capsule de la cardamome	7
Figure n°4 : Gosse de la cardamome	7
Figure n°5 : Types de cardamome en fonction de la nature des panicules	9
Figure n°6 : Structures de certains composants chimiques importants de l'huile essentielle d' <i>Elettaria cardamomum</i>	10
Figure n°7 : Les principales sources des radicaux libres	16

Sommaire

Introduction	2
Chapitre 1 : La plante <i>Elettaria cardamomum</i>	
1. Définition de la cardamome	5
2. Historique	5
3. Description de la plante <i>Elettaria cardamomum</i>	5
3.1. Taille et description	5
3.2. Appareil génital	6
3.3. Classification	8
3.4. Noms vernaculaires	8
3.5. Culture de la cardamome	8
3.6. Variétés de la cardamome	9
3.7. Composition chimique	9
4. Utilisation de la cardamome	11
4.1. Utilisation traditionnelle et ethnopharmacologie	11
4.2. Utilisation alimentaire	11
5. Activités biologiques de la cardamome	12
Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques sur l'activité antioxydante et inhibitrice d'alpha amylase d'<i>Elettaria cardamomum</i>	
1. Méthodologie	15
2. Traitement de quelques travaux sur l'activité antioxydante d' <i>E. cardamomum</i>	16
2.1. Rappel sur le stress oxydant	16
2.2. Analyse de quelques travaux	17
2.3. Conclusion	35
3. Traitement de quelques travaux sur l'activité inhibitrice de l'alpha amylase d' <i>E. cardamomum</i>	35
3.1. Rappel sur l'activité inhibitrice de l'alpha amylase	35
3.2. Analyse de quelques travaux	36
3.3. Conclusion	41
Conclusion générale	44
Références bibliographiques	47
Annexes	55

Introduction

Pendant longtemps, les remèdes naturels et surtout les plantes médicinales furent le principal recours de la médecine de nos grands-parents, malgré l'important développement de l'industrie pharmaceutique qui a permis à la médecine moderne de traiter un grand nombre de maladies souvent mortelles, environ 80% de la population mondiale profite des apports de la médecine traditionnelle à base des plantes reconnaissant ainsi les savoirs empiriques de nos ancêtres (EL Rhaffari et Zaid, 2004).

Aujourd'hui le monde actuel, plus particulièrement dans les pays en voie de développement, se soigne uniquement avec des remèdes traditionnels à base de plantes. Les laboratoires en pharmacie moderne elle-même se base sur la diversité des métabolites secondaires des végétaux pour trouver de nouvelles molécules aux propriétés biologique inédites telles que les polyphénols, alcaloïdes, terpènes (Urquiaga et Leighton, 2000).

L'étude de la chimie des plantes est une discipline qui a attiré l'intention des scientifiques depuis l'ancienneté, cela tient principalement au fait que le règne végétal représente une source importante d'une immense variété de molécules bioactives qui sont utilisées dans l'industrie alimentaire, la cosmétologie et la pharmacie, parmi ces composés, les chercheurs ont trouvé, les coumarines, les alcaloïdes, les acides phénoliques, les tanins, les terpènes et les flavonoïdes. De plus, Les plantes aromatiques et médicinales (PAM) sont en effet douées de multiples vertus thérapeutiques, elles sont utilisées dans le traitement de plusieurs maladies (cancers, l'ulcère, diabète, le rhumatisme, les maladies infectieuses...) (Bahroun *et al.*, 1996 ; Houessou, 2010 ; Mata *et al.*, 2007).

Une grande partie de l'intérêt des recherches actuelles porte sur l'étude des composés bioactifs des plantes médicinales. C'est dans cette optique que plusieurs études biologiques ont été effectuées.

L'objectif principal de cette étude est basé sur le traitement et l'analyse de quelques travaux qui ont intéressé aux deux activités biologiques de la plante médicinale *Elettaria cardamomum*. Dans ce but, on s'intéresse dans la première partie à la présentation de la plante *Elettaria cardamomum*. Ainsi que, dans la deuxième partie on s'intéresse à comprendre les potentielles antioxydante de la cardamome par la valorisation de résultats des études suivantes :

- ✚ **Article 1:** Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods) (Singh *et al.*, 2008).
- ✚ **Article 2:** Antioxidant activity of some common plants (Khalaf *et al.*, 2008).

- ✚ **Article 3:** Evaluation of phenolic contents and antioxidant potential of methanolic extracts of green cardamom (*Elettaria cardamomum*) (**Bhatti et al., 2010**).
- ✚ **Article 4:** Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phytochemical compounds of Indian culinary spices (**Deepa et al., 2013**).
- ✚ **Article 5:** In vitro antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat (**Sharafati-Chaleshtor et Sharafati-Chaleshtori, 2017**).
- ✚ **Article 6:** *Coriandrum sativum* l. (apiaceae) and *Elettaria cardamomum* L. maton (Zingiberaceae) for antioxidant and antimicrobial protection (**Handayani et al., 2019**).
- ✚ **Article 7:** Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of essential oils and crude extracts of four characteristic Zingiberaceae Herbs (**Ivanović et al., 2021**).
- ✚ **Mémoire 1:** Etude phytochimique et dosage de quelques composés phénoliques des fruits d'*Elettaria cardamomum* et évaluation de son activité antioxydante (**Benyahia, 2017**).
- ✚ **Mémoire 2 :** Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum* (**Dali Yahia et Kebrit, 2019**).

De plus, on a essayé de montrer les facteurs nécessaires de l'activité inhibitrice de l'alpha amylase de la cardamome par l'analyse des travaux suivants réalisés sur cette activité :

- ✚ **Article 1:** *In vitro* evaluation of selected Indian spices for α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities and their spice-drug interactions (**Mehrotra et al., 2019**).
- ✚ **Article 2:** Chemical Profile, *In Vitro* Antioxidant, Pancreatic Lipase, and Alpha-Amylase Inhibition Assays of the Aqueous Extract of *Elettaria cardamomum* L. Fruits (**Al-Yousef et al., 2021**).
- ✚ **Mémoire 1 :** Etude de l'effet d'*Elettaria cardamomum* sur l'activité de l'alpha amylase (**Abid, 2019**).

Chapitre 1 : La plante

Elettaria cardamomum

1. Définition de la cardamome

La petite cardamomum connue sous le nom de « reine des épices », appartient à la famille des Zingibéracées. C'est une épice riche obtenue à partir des graines d'une plante vivace, *Elettaria cardamomum*, connue localement sous le nom de « elaichi ». Il s'agit d'une herbe vivace, indigène en Inde, au Pakistan, en Birmanie et au Sri Lanka. C'est l'une des épices les plus utilisées au monde et la troisième épice la plus chère après le safran et la vanille. C'est une plante qui aime l'ombre et qui est cultivée à une altitude de 600 à 1200 m au-dessus du niveau de la mer, avec des précipitations annuelles de 1500 à 4000 mm et une température de 10 à 35°C (Sharma *et al.*, 2011).

2. Historique

La cardamome est une ancienne épice qui a la plus longue influence en Inde. Depuis le quatrième siècle avant Jésus christ, elle est utilisée en médecine et en cuisine. La cardamome est utilisée depuis longtemps au Moyen-Orient. La cardamome était cultivée dans les jardins royaux de Babylone en 721 avant Jésus christ (Korikanthimathm *et al.*, 2001).

La cardamome est connue pour être utilisée en Inde depuis des temps anciens. Elle est connue sous le nom d'Ela en Sanskrit (langue classique de la civilisation brahmanique de l'Inde). Le Taitreya Samhita, qui appartient à la dernière période védique (environ 3000 avant Jésus christ), mentionne la cardamome parmi les ingrédients à verser dans le feu sacrificiel à l'occasion d'une cérémonie de mariage. Aussi, l'ancienne écriture ayurvédique indienne Charaka Samhita et Susrutha Samhita écrite à la fin de l'épopée (1400-600 avant Jésus christ) a également mentionné la cardamome à plusieurs reprises (Ravindran et Madhusoodanan, 2002).

3. Description de la plante *Elettaria cardamomum*

3.1. Taille et description

La cardamome est une plante vivace de 2 à 3 m, du rhizome long, charnu et noueux, naissent de nombreuses tiges dont les feuilles sont alternes, étroites et pointues, munies d'un pétiole engainant la tige. Les fleurs sont groupées en trois ou quatre épis peu denses. Le fruit est une capsule ronde ou ovale jaune, verdâtre ou brune. Il s'ouvre par trois valves et renferme de nombreuses petites graines brunes très parfumées (Simone Devaux et Jean-Marie Polèse, 2001), (Fig.n° 01).



Figure n°1 : La plante *Elettaria cardamomum* (Kumar *et al.*, 2012).

3.2 Appareil génital

A côté des tiges, les rhizomes émettent des hampes florales, longues de 40 à 70 cm. Il s'agit de panicules lâches, prostrées ou retombantes dont les fleurs donnent naissance à des capsules peu déhiscentes (Rivals *et al.*, 1974).

Fleurs :

Les fleurs de la cardamome atteignent de 3 à 3,5 cm de long. Elles sont de couleur blanche ou vert pâle, striées de violet ou de bleu, elles sont zygomorphes et construites sur le type trois (Arvy et Gallouin, 2015), (Fig.n° 02).



Figure n°2 : La fleur de cardamome (<https://www.amazon.co.uk/>).

+ Fruit :

Les fruits mesurent 1 à 2 cm de long, sont ovoïdes ou oblongs et plus ou moins tridimensionnels avec des angles arrondis et sont de couleur verdâtre à chamois pâle ou jaunâtre. Leur base est arrondie, ou présente les restes d'un pédicule et l'apex est brièvement becqué, chacun contenant environ 15 à 20 graines sur une double rangée, adhérant ensemble pour former une masse compacte (Singaravel Sengottuvelu, 2011), (Fig.n° 03).



Figure n°3 : Capsule de la cardamome (<https://www.123rf.com/>).

+ Graine :

La graine de cardamome est de couleur brun foncé à noir, d'environ 4 mm de long et 3 mm de large, irrégulièrement anguleuse, ridée transversalement, mais non piquée. Elle a une odeur caractéristique et un goût fortement aromatique (Singaravel Sengottuvelu, 2011), (Fig. n° 04).



Figure n°4 : Gosse de la cardamome (<https://www.goobsi.com/>).

3.3. Classification

Selon la classification botanique de Cronquist de 1981 (classification classique des angiospermes) ; *E. cardamomum* Maton suit la classification suivante (**Cronquiste, 1981**).

- Règne : Plantae
- Division : Magnoliophyta
- Classe : Liliopsida
- Ordre : Zingiberales
- Famille : Zingiberaceae
- Genre : Elettaria
- Espèce : *Elettaria Cardamomum*

3.4. Noms vernaculaires

Les dénominations internationales du mot cardamome contiennent une racine commune :

- En allemand : kardamom,
- En espagnol : cardamomo,
- En italien : cardamomo,
- En portugais : cardamomo,
- En Inde : elaichi, elettari (**Christine Poirel, 2017**).
- En anglais : Cardamon, Cluster Cardamom, Lesser Cardamom, Malabar Cardamom,
- En arabe : Hhabb El Hâl, Habbu Al Hal, Hhamâmâ, Habbu Al Han (**Lim, 2013**).

3.5. Culture de la cardamome

L'altitude optimale pour la culture de la cardamome se situe entre 600 et 1500 m au-dessus du niveau de la mer. La limite supérieure de température se situe normalement autour de 31-35 °C. La cardamome est cultivée dans le sud de l'Inde dans des conditions de précipitations allant de 1500 à 5750 mm. Cette plante a besoin d'un sol fertile et acide (pH de 4,2 à 6,8) ; et la pratique générale de la plantation est de creuser une petite dépression dans le sol rempli et le plant est placé au centre de la dépression et la saison de plantation est décidée en fonction de la topographie et du régime des pluies (**Ravindran et Madhusoodanan, 2002**).

3.6. Variétés de la cardamome

L'identification des variétés de cardamome est basée sur leurs caractéristiques morphologiques, telles que le nombre de panicules, la forme et la taille des fruits, ainsi que sur des informations préliminaires recueillies auprès des producteurs locaux. En raison des conditions climatiques, les variétés d'*E. cardamomum* varient en termes de biomasse, de rendement et d'arôme des fruits, ce qui se traduit par une variation du pourcentage de métabolites contenus dans l'huile (Alam *et al.*, 2019).

Il existe trois variétés d'*E. cardamomum* sont les plus connues et les plus cultivées :

- Variété de Malabar : cette race est caractérisée par des plantes de taille moyenne et des capsules arrondies à oblongues.
- Variété de Mysore : les plantes sont robustes, les capsules sont verdâtres et allongées.
- Variété de Vazhukka : les plantes sont robustes, cette race a des caractères intermédiaires de Malabar et Mysore (IPGRI, 1994), (Fig.n° 05).

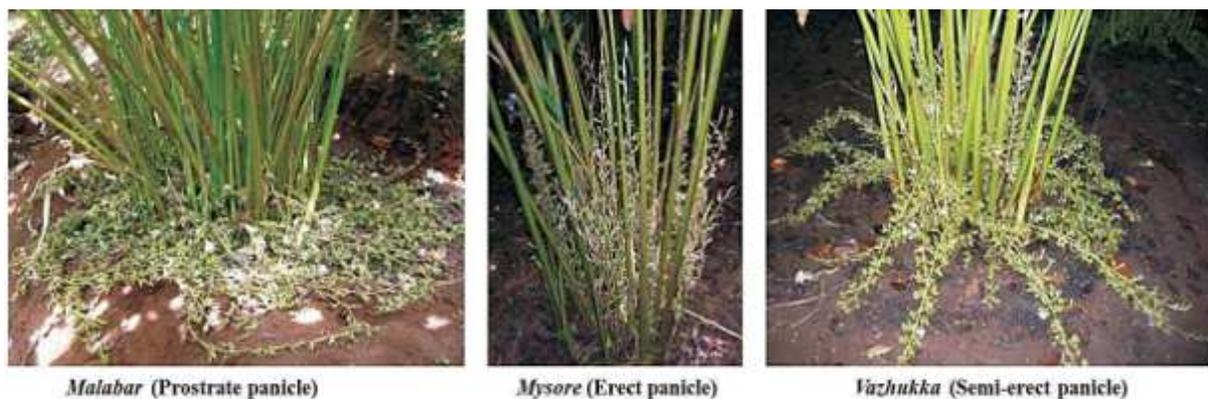


Figure n°5 : Types de cardamome en fonction de la nature des panicules (Ashokkumar *et al.*, 2019).

Parmi les trois variétés de la cardamome, la variété Malabar possède plusieurs caractères distinctifs tels que sa tolérance relative à la sécheresse, un nombre plus élevé de panicules par plante, la précocité de la maturation et la teneur en avonoïdes relativement plus élevée de 0,159% (Sherin *et al.*, 2020).

3.7. Composition chimique

Des études sur la composition chimique de la cardamome montrent qu'elle est riche en une variété de composants dont la teneur varie en fonction du climat, les conditions géographiques et les méthodes d'extraction. Le fruit séché de la cardamome contient de l'huile

volatile à la vapeur, de l'huile fixe (grasse), des pigments, des protéines, la cellulose, des pentosanes, des sucres, de l'amidon, de la silice, de l'oxalate de calcium et des minéraux. Le principal constituant de la graine est l'amidon (jusqu'à 50%), tandis que dans l'enveloppe du fruit, il s'agit de fibres brutes (jusqu'à 31%) (**Ravindran et Madhusoodanan, 2002**).

La teneur en huile volatile des graines dépend des conditions de stockage, elle peut atteindre un pourcentage élevé jusqu'à 8%. L'huile volatile contient environ 36,3% 1,8-cineole, 31,3% d'acétate d' α -terpinyle, 11,6% limonène, 3% linalol, 2,8% de sabinène, 2,5% linalyl acétate, 1,6% de myrcène, 0,7% γ -terpinène, 0,5% terpinolène, 0,5% nerd, 0,5% gerniol, 0,3% citronellol, 0,2% méthyl eugénol, 2,6% α -terpinéol et 2,7% de trans-nerdilol. L'arôme de base de la cardamome est produit par une combinaison des principaux composants, le 1,8-cinéole et l'acétate d' α -terpinyle (**Ağaoğlu et al., 2005 ; Aggarwal et al., 2009**), (**Tabl. n° 01**). Les structures de certains composés chimiques importants de l'huile essentielle de cardamome sont représentées dans **la figure n° 06**.

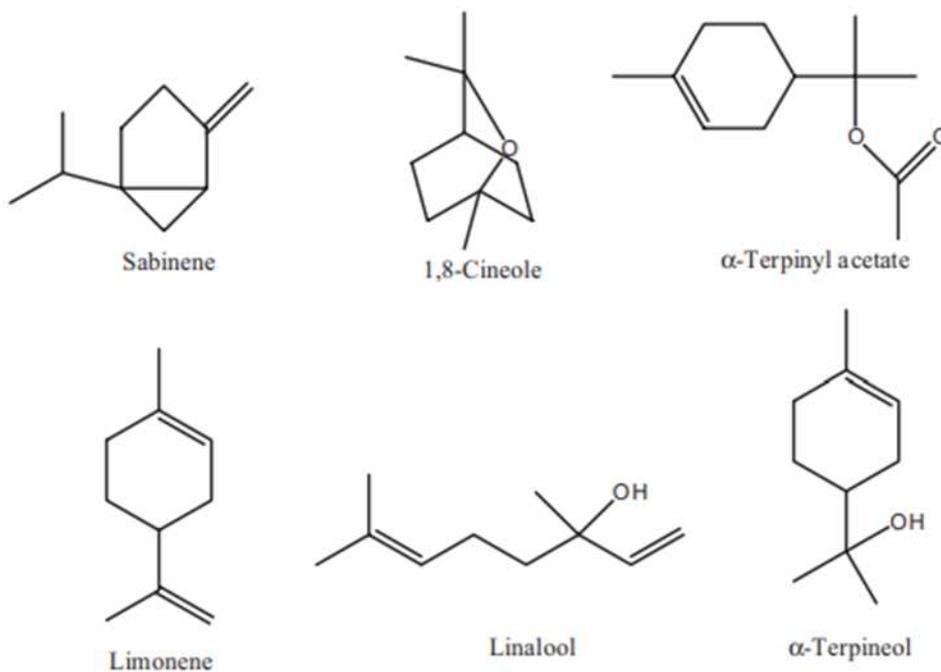


Figure n° 6 : Structures de certains composants chimiques importants de l'huile essentielle d'*Elettaria cardamomum* (**Anwar et al., 2016**).

Tableau n°1 : Variation de teneur en huile essentielle des graines de *E. cardamomum* (Bertile *et al.*, 2001).

Durée et condition de conservation	% D'huile essentielle
Graines extraites à la récolte.	4,8
Graines extraites de capsules stockées à l'aire 14mois	2,9
Graines extraites à la récolte conservées 6 semaines en l'air.	2,4
Graines extraites à la récolte et conservées 14 mois à l'air.	1,0

4. Utilisation de la cardamome

4.1. Utilisation traditionnelle et ethnopharmacologie

Les graines de la cardamome sont considérées comme un médicament officiel dans la pharmacopée ayurvédique et sont commercialisées sous le nom de « Greater Cardamom », elles sont utilisées comme antidote aux piqûres de scorpion et aux morsures de serpent. De plus, une préparation appelée « Alui » est préparée pour le traitement du paludisme par l'administration du mélange de cumin (*Cumin cuminum*) et de grande cardamome. D'autres études ont trouvé que les fruits et les graines sont utiles pour le traitement de l'hyperlipidémie (Bisht *et al.*, 2011). Dans la médecine traditionnelle tibétaine, les capsules de cardamome sont associées à la cannelle et au poivre long pour traiter l'obésité, le déséquilibre glycémique, les maladies du foie, des reins et du cœur (Ashokkumar *et al.*, 2019).

4.2. Utilisation alimentaire

4.2.1. Usage culinaire

En tant qu'épice, la cardamome est utilisée à des fins culinaires dans le curry, le café, les gâteaux, le pain et pour aromatiser les plats et les boissons sucrées. Les graines et l'huile essentielle sont utilisées comme composant aromatique dans une variété d'aliments, y compris les boissons alcoolisées et non alcoolisées, les desserts glacés, les bonbons, les produits de boulangerie, les condiments, les sauces, la viande et les produits carnés. Elle est utilisée comme épice dans les tajines marocains et est généralement très utilisée dans la cuisine, y compris celle des viandes. En Inde et certaines régions du Moyen orient les graines sont ajoutées au café (Simone Devaux et Jean-Marie Polèse, 2001 ; Singaravel Sengottuvelu, 2011).

5. Activités biologiques de la cardamome

Des différentes études ont déterminé plusieurs vertus pharmacologiques et thérapeutiques d'*E. cardamomum*. Elle traite efficacement de nombreuses infections telles que la tuberculose pulmonaire, les maladies cardiaques, les troubles digestifs et les spasmes digestifs. Les différents constituants d'*E. cardamomum* démontrent plusieurs activités biologiques :

➤ **Activité antioxydante :**

Le 1,8-céineol et l'alphaterpinéol, le protocatechualdéhyde et l'acide protocatechuique présents dans les graines d'*E. cardamomum* ont montré une activité antioxydante et ont des avantages potentiels pour la santé en inhibant la peroxydation lipidique. Ainsi que, les composés phénoliques trouvés dans l'huile essentielle de la cardamome peuvent réduire le taux d'oxydation de l'huile de moutarde. Cependant, l'extrait méthanolique de cette plante a montré une forte activité de piégeage des radicaux libres. Par ailleurs, l'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* a des propriétés antioxydante due à la présence des composés phénoliques (Bhatti *et al.*, 2010 ; Kikuzaki *et al.*, 2001 ; Sharafati-Chaleshtor et Sharafati-Chaleshtori, 2017 ; Singh *et al.*, 2008).

➤ **Activité anti ulcéreuse :**

L'extrait méthanolique brut des fruits d'*E. cardamomum* montre une activité anti-ulcéreuse. De même, l'huile essentielle de la cardamome inhibe la formation d'ulcères de 60,91% de manière significative dans les ulcères gastriques induits par l'éthanol et l'aspirine (Jafri *et al.*, 2001 ; Jamal *et al.*, 2005).

➤ **Activité analgésique :**

L'extrait méthanolique de graines d'*E. cardamomum* à la dose de 100 et 300 mg/kg et l'extrait éthylique à la dose de 200 et 400 mg/kg, ont montré un effet analgésique. Ainsi l'extrait éthanolique de graines de la cardamome a le potentiel de traiter la douleur (Shukla *et al.*, 2010 ; Singh *et al.*, 2020).

➤ **Activité antimicrobienne :**

Les extraits d'éther de pétrole d'*E. cardamomum* ont montré une activité antimicrobienne et ont été trouvés actifs sur *Staphylococcus aureus*, *Escherichia coli* et *Pseudomonas aeruginosa*. Les extraits acétoniques, méthanolique et éthanolique d'*E. cardamomum* ont montré une activité inhibitrice contre *Staphylococcus aureus*, *Candida albicans* et *Saccharomyces cerevisiae* (Aneja et Joshi, 2009 ; Kubo *et al.*, 1991).

➤ **Activité cardio-adaptogène :**

La poudre de cardamome supérieure est conseillée pour le traitement des patients atteints de cardiopathie ischémique confrontés à des situations stressantes au quotidien et où l'activité sympathique reste à un seuil élevé (Verma *et al.*, 2010).

➤ **Activité anti-inflammatoire :**

L'extrait éthanolique et aqueux de la cardamome a montré une activité anti-inflammatoire. Des doses de 100 mg/mL et 200 mg/mL d'extrait éthanolique et aqueux ont été évalués pour leur activité anti-inflammatoire contre l'œdème de la patte induit par la carraghénane chez les rats. Les deux extraits ont montré une activité anti-inflammatoire de manière dose-dépendante par rapport au médicament standard Diclofénac sodique 100 mg/mL (Alam *et al.*, 2011).

➤ **Activité hypo-lipidémique :**

La cardamome a une capacité à supprimer la peroxydation lipidique en raison de la présence de polyphénols. De plus, *E. cardamomum* a la capacité d'augmenter les activités des enzymes antioxydante, et les lipides conjuguée diènes et hydro-péroxydes (Dhuley, 1999 ; Hafidh *et al.*, 2009).

➤ **Activité antidiabétique :**

L'extrait hydroacétonique de graines d'*Elettaria cardamomum* a montré la présence de flavonoïdes et les tanins, qui possèdent tous deux la capacité d'inhiber les enzymes métabolisant les glucides, les amylases et les glucosidases. De plus, l'extrait aqueux de la cardamome a montré une bonne activité antidiabétique qui peut être liée à la présence de métabolites majeurs biologiquement actifs. Par ailleurs, l'extrait aqueux de *E. cardamomum* a montré une bonne activité inhibitrice de l'alpha amylase *in vitro* (Ahmed *et al.*, 2017 ; Al-Yousef *et al.*, 2021 ; Mehrotra *et al.*, 2019).

**Chapitre 2 : Traitement de quelques
travaux scientifiques sur l'activité
antioxydante et inhibitrice d'alpha
amylase d'*Elettaria cardamomum***

1. Méthodologie

L'objectif principal de cette étude est basé sur le traitement et l'analyse de quelques travaux scientifiques sur l'activité antioxydante et inhibitrice de l'alpha amylase d'*Elettaria cardamomum*. Dans ce but, neuf articles et trois mémoires de Master ont été analysés.

- ✚ **Article 1:** Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods) (**Singh et al., 2008**).
- ✚ **Article 2:** Antioxidant activity of some common plants (**Khalaf et al., 2008**).
- ✚ **Article 3:** Evaluation of phenolic contents and antioxidant potential of methanolic extracts of green cardamom (*Elettaria cardamomum*) (**Bhatti et al., 2010**).
- ✚ **Article 4:** Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phytochemical compounds of Indian culinary spices (**Deepa et al., 2013**).
- ✚ **Article 5:** *In vitro* antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat (**Sharafati-Chaleshtor et Sharafati-Chaleshtori, 2017**).
- ✚ **Article 6:** *Coriandrum sativum* l. (apiaceae) and *Elettaria cardamomum* L. maton (Zingiberaceae) for antioxidant and antimicrobial protection (**Handayani et al., 2019**).
- ✚ **Article 7:** Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of essential oils and crude extracts of four characteristic Zingiberaceae Herbs (**Ivanović et al., 2021**).
- ✚ **Article 8:** *In vitro* evaluation of selected Indian spices for α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities and their spice-drug interactions (**Mehrotra et al., 2019**).
- ✚ **Article 9:** Chemical Profile, *In Vitro* Antioxidant, Pancreatic Lipase, and Alpha-Amylase Inhibition Assays of the Aqueous Extract of *Elettaria cardamomum* L. Fruits (**Al-Yousef et al., 2021**).
- ✚ **Mémoire 1:** Etude phytochimique et dosage de quelques composés phénoliques des fruits d'*Elettaria cardamomum* et évaluation de son activité antioxydante (**Benyahia, 2017**).
- ✚ **Mémoire 2 :** Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum* (**Dali Yahia et Kebrit, 2019**).
- ✚ **Mémoire 3:** Etude de l'effet d'*Elettaria cardamomum* sur l'activité de l'alpha amylase (**Abid, 2019**).

2. Traitement de quelques travaux sur l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum*

2.1. Rappel sur le stress oxydant

Le stress oxydant est une circonstance anormale que traversent parfois les cellules ou les tissus lorsqu'ils sont soumis à une production, endogène ou exogène, de radicaux libres oxygénés qui dépasse leurs capacités antioxydante. Il se manifeste par la formation excessive ou la suppression insuffisante des radicaux libres (RL) résultant soit d'un manque de capacité antioxydante, soit d'une surabondance des RL (Belaïch et Boujraf, 2016 ; Favier, 2006).

Le stress oxydant est la principale cause de plusieurs maladies : cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse pulmonaire aigu, œdème pulmonaire, vieillissement accéléré. Aussi il est l'un des facteurs responsables de maladies plurifactorielles telles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires, selon les cas il est localisé à un tissu et à un type cellulaire particulier, mettant en jeu des espèces radicalaires différentes et s'associer avec d'autres facteurs pathogènes ou des anomalies génétiques spécifiques et individuelles (Favier, 2006), (Fig.n° 07).

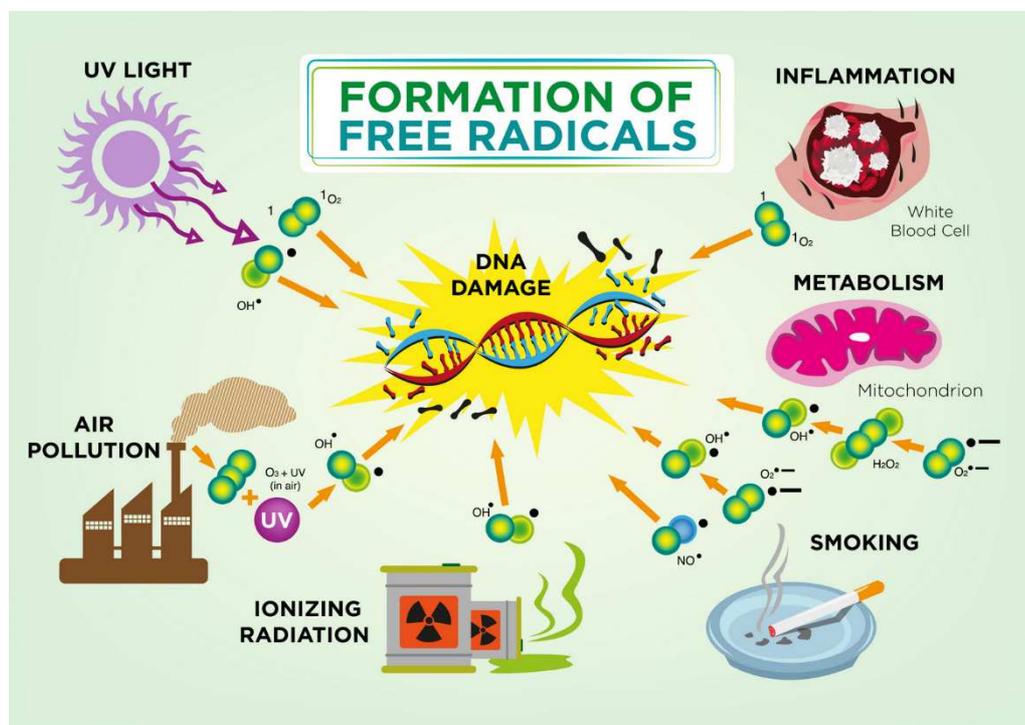


Figure n°7 : Les principales sources des radicaux libres (<https://idrogen.fr/>).

2.2. Analyse de quelques travaux

La recherche de principe antioxydant à partir de plantes a été accélérée et de nombreuses plantes ayant des activités antioxydante potentielles ont été identifiées. Les plantes utilisées dans la médecine traditionnelle sont encore une grande source d'antioxydants naturels qui pourraient servir de pistes pour la recherche de nouveaux médicaments (Tepe *et al.*, 2006 ; Tiwari, 2001).

La plante *Elettaria cardamomum* est caractérisée par une quantité suffisante d'antioxydants, les composés chimiques de cette plante telles que les phénoliques et les flavonoïdes ont la capacité d'inhiber la peroxydation des lipides en raison de leur activité antioxydante. Ces épices et herbes par leurs activité antioxydante jouent un rôle important dans la lutte contre le cancer et des diverses maladies, ainsi dans le vieillissement (Sharafati-Chaleshtor et Sharafati-Chaleshtori, 2017).

Dans cette partie on s'intéresse à l'analyse et le traitement de quelques travaux réalisés sur l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum*.

Article 1

Journal of the Science of Food and Agriculture

J Sci Food Agric 88:280–289 (2008)

Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods)[†]



Gurdip Singh,^{1*} Shashi Kiran,¹ Palanisamy Marimuthu,¹ Valery Isidorov² and Vera Vinogorova²

▪ Objectif :

Cette étude scientifique a été consacrée à identifier des nouvelles sources d'antioxydants naturels en particulier d'origine végétale. Pour cela les chercheurs ont étudié les composants chimiques et l'activité antioxydante de l'huile essentielle d'*E. cardamomum* et des oléorésines extraites par l'utilisation du chloroforme, l'éthanol, le méthanol et l'éther diéthylique comme solvants.

▪ **Expérimentation :**

La cardamome en poudre (250 g, particules de 100 mesh) a été soumise à une hydrodistillation dans un appareil Clevenger pour obtenir l'huile essentielle et les oléorésines ont été obtenues par extraction de 30 g d'épice en poudre avec 300 mL de divers solvants (chloroforme, éthanol, méthanol et éther diéthylique) pendant 3 h dans un extracteur Soxhlet. Les oléorésines et l'huile essentielle ont été stockées dans un congélateur jusqu'à leur utilisation ultérieure. Une caractérisation des composants chimiques des HE et des oléorésines a été effectuée par l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse/spectrométrie de masse.

L'huile essentielle et les extraits de chloroforme, l'éthanol, méthanol et l'éther diéthylique des oléorésines de cardamome ont été ajoutées séparément à l'huile de moutarde à un niveau de 0,02% (v/v) et des antioxydants synthétiques (BHA, PG et BHT) ont également été testés à un niveau de 0,02% (v/v). La vitesse d'oxydation a été évaluée par une mesure périodique de l'indice de peroxyde du substrat huileux.

▪ **Résultats :**

La caractérisation chimique de l'huile essentielle de cardamome a permis d'identifier 71 composés, l'acétate d' α -terpinyle (44,3%), le 1,8-cinéole (10,7%), l' α -terpinéol (9,8%) et le linalol (8,6%) étant les principaux composants trouvés. Les oléorésines de chloroforme et de méthanol contenaient toutes deux de l'acétate d' α -terpinyle (21,8 et 25,9 % respectivement) comme composant principal, tandis que le 5-hydroxyméthylfurfural (28,9%) était le composant le plus abondant dans l'oléorésine d'éthanol. Cependant, très peu de composants (total 0,61%) ont été trouvés dans l'oléorésine d'éther diéthylique.

L'indice de peroxyde initial de l'huile de moutarde était de 1,1 meq O₂/kg. L'ajout d'antioxydants naturels et synthétiques à l'huile de moutarde a affecté l'indice de peroxyde à différents degrés lors d'une oxydation accélérée à 60 °C pendant 28 jours de stockage. L'huile essentielle et les extraits des oléorésines de cardamome ont été capables de réduire la vitesse d'oxydation de l'huile de moutarde lors du chauffage à 60 °C par rapport au contrôle, lorsqu'elles ont été évaluées par les changements de l'indice de peroxyde. Cependant, les antioxydants synthétiques ont un effet plus fort que la cardamome.

Les résultats de cette étude montrent que l'huile essentielle et l'oléorésine de méthanol ont un meilleur effet antioxydant pendant la phase finale de l'expérience. Selon les auteurs, La

présence de composés phénoliques tels que le thymol (0,08%) dans l'oléorésine de chloroforme et le carvacrol (0,2%) dans les oléorésines de chloroforme et de méthanol pourrait être responsable de la forte activité antioxydante de la cardamome. Par ailleurs, les chercheurs ont signalé que les composés antioxydants naturels agissent souvent en synergie pour produire un large spectre d'activités qui crée un système de défense efficace contre l'attaque des radicaux libres.

Finalement, cette étude révèle que les composés phénoliques présents dans l'HE et les oléorésines confèrent à la cardamome une activité antioxydante considérable.

Article 2

Turk J Biol
32 (2008) 51-55
© TÜBİTAK

Antioxidant Activity of Some Common Plants

Nooman A. KHALAF, Ashok K. SHAKYA, Atif AL-OTHMAN, Zaha EL-AGBAR, Husni FARAH
Faculty of Pharmacy and Medical Sciences, Al-Ahliyya Amman University, Amman-19328 - JORDAN

▪ Objectif :

Les chercheurs dans cet article s'intéressaient à comparer l'activité antioxydante des extraits bruts méthanolique de certaines plantes médicinales couramment utilisées y compris *Elettaria cardamomum*, cette étude est basée sur l'utilisation de l'acide ascorbique comme antioxydant standard. Ainsi que, l'activité de piégeage des radicaux libres a été évaluée *in vitro* par l'utilisation du radical libre 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH).

▪ Expérimentation :

Les fruits d'*Elettaria cardamomum* et les fruits des autres plantes ont été collectés et séchés, aussi les feuilles matures de thé vert et de thé noir (*Camellia sinensis*) sont utilisées dans cette étude. Les matières végétales ont été réduites en poudre à l'aide d'un broyeur. L'extraction a été réalisée à température ambiante et une quantité de 100 g de matériel végétal séché et broyé a été trempée dans du méthanol (1 L de 98%) pendant 5 à 7 jours séparément à température ambiante.

Après filtration et évaporation, une quantité connue d'extrait sec a été dissoute dans du méthanol à 98% pour obtenir une solution mère des extraits bruts (5 mg/mL). Les solutions de

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

travail (1, 2, 4, 6, 8, 10, 15, 25, 50, 75, 100, 250, 500 et 750 $\mu\text{g/mL}$) des extraits ont été préparées à partir de la solution mère par l'utilisation des dilutions appropriées.

Les extraits méthanoliques ont été testés par l'application des tests chimiques génériques pour les alcaloïdes, les glycosides, les sucres réducteurs, les tanins, les huiles et graisses fixes, les protéines et les acides aminés libres. Cependant, pour l'évaluation de l'activité antioxydante, l'acide ascorbique a été utilisé comme standard et la solution du DPPH a été mélangée avec la solution d'échantillon et la solution standard séparément. Ces mélanges de solutions ont été conservés dans l'obscurité pendant 30 minutes et la densité optique a été mesurée à 517 nm à l'aide spectrophotomètre.

▪ Résultats :

Parmi les extraits et le standard testés pour l'activité antioxydante *in vitro* par l'utilisation de la méthode DPPH, les extraits bruts méthanoliques de thé vert, de thé noir (*Camellia sinensis*), d'*Eugenia caryophyllus* (Spreng), de *Piper cubeba*, *Zingiber officinale Roscoe* et *Piper nigrum* ont montré une activité antioxydante, avec des valeurs IC_{50} de $6,7 \pm 0,1$; $9,7 \pm 0,1$; $9,9 \pm 0,2$; $11,3 \pm 0,3$; $65,1 \pm 1,7$; $144,1 \pm 2,2$ $\mu\text{g/mL}$, respectivement. Par contre, *Trigonella foenum graecum* et *Elettaria cardamomum* ont montré une faible activité antioxydante, avec des valeurs IC_{50} de $444,1 \pm 5,5$ et $681,5 \pm 8,4$ $\mu\text{g/mL}$, respectivement. Tandis que la valeur IC_{50} de l'acide ascorbique était de $8,6 \pm 0,1$ $\mu\text{g/mL}$.

Les résultats de cette étude indiquent que l'activité antioxydante de l'extrait brut de thé vert est supérieure à celle de l'acide ascorbique. Par contre, les autres extraits de *Trigonella foenum graecum* et *E. cardamomum* se sont avérés moins actifs que l'acide ascorbique puisque leurs valeurs IC_{50} se sont avérées plus élevées.

De plus, les chercheurs ont rapporté que le pourcentage d'inhibition de 10 $\mu\text{g/mL}$ d'extrait méthanolique de thé vert était de 69,4%, ce qui est comparable à l'activité antioxydante standard de l'acide ascorbique (55,8%). Ainsi que, le pourcentage d'inhibition de 10 $\mu\text{g/mL}$ d'extrait méthanolique de la cardamome est inférieure avec un pourcentage de 6%.

Finalement cette étude a montré que la cardamome a une faible activité antioxydante par rapport à d'autres plantes telles que le thé vert et le thé noir.

Article 3

Asian Journal of Chemistry

Vol. 22, No. 6 (2010), 4787-4794

Evaluation of Phenolic Contents and Antioxidant Potential of Methanolic Extracts of Green Cardamom (*Elettaria cardamomum*)

HAQ NAWAZ BHATTI*, FAWAD ZAFAR and MUHAMMAD ASGHAR JAMAL†

▪ **Objectif :**

Cette étude est consacrée à mesurer le contenu phénolique total et le potentiel antioxydant du fruit d'*Elettaria cardamomum* par l'utilisation des différentes concentrations de méthanol (méthanol à 30%, méthanol à 50%, méthanol à 70% et méthanol absolu).

▪ **Expérimentation :**

Le matériel végétal broyé (15 g pour chaque échantillon) a été extrait avec 150 mL de chacun des systèmes de solvants (méthanol à 30%, méthanol à 50%, méthanol à 70% et méthanol absolu) dans un flacon conique de 250 mL et a été agité pendant 8 heures à température ambiante dans un agitateur orbital. Les extraits ont été séparés des résidus par filtration sur du papier filtre Whatman. Les résidus ont été extraits deux fois avec le même solvant frais et les extraits ont été combinés, ces derniers ont été concentrés et débarrassés du solvant sous pression réduite à 45 °C, à l'aide d'un évaporateur rotatif. Les extraits bruts concentrés et séchés ont été pesés pour calculer le rendement et stockés dans un réfrigérateur (-4 °C) jusqu'à leur utilisation pour les analyses.

La quantité de contenu phénolique total dans les fruits de la cardamome a été évaluée par l'utilisation du réactif Folin-Ciocalteu et elle a été calculée à l'aide de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique. Les résultats ont été exprimés en équivalents d'acide gallique (GAE) g/100 g de matière végétale sèche. Par ailleurs, Les flavonoïdes totaux ont été mesurés par une méthode spectrophotométrique et l'absorbance du mélange réactionnel a été mesurée à 510 nm. Les flavonoïdes totaux ont été déterminés en équivalents catéchines (g/100 g de matière végétale sèche).

Les activités antioxydantes des extraits ont été déterminées par la méthode de thiocyanate, cette méthode est basée sur l'inhibition de la peroxydation de l'acide linoléique. L'acide linoléique est un acide gras polyinsaturé, lors de l'oxydation, des peroxydes sont formés qui

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

oxydant Fe^{2+} en Fe^{3+} , ce dernier forme un complexe avec le thiocyanate dont la concentration est déterminée par spectrophotométrie par la mesure de l'absorbance à 500 nm. Plus l'absorbance est élevée, plus la concentration de peroxydes formés au cours de la réaction est importante, et plus l'activité antioxydante est faible.

La capacité de piégeage des radicaux libres des extraits méthanoliques a été mesurée par le test DPPH et les résultats ont été comparés sous la forme de la valeur IC_{50} . Le DPPH est un radical libre organique très stable de couleur violet foncé qui présente des maxima d'absorption entre 515 et 528 nm. Lorsqu'il reçoit un proton de n'importe quelle espèce donneuse d'hydrogène, principalement les phénoliques, il perd cette absorption, ce qui entraîne un changement de couleur visuellement perceptible, du violet foncé au jaune.

▪ Résultats :

Les pourcentages de rendement obtenus à partir de différentes concentrations de méthanol étaient de $7,9 \pm 0,24$ et $9,4 \pm 0,28$ g/100 g pour l'extrait à 30% de méthanol et à 70% de méthanol respectivement, alors que l'extrait à 50% de méthanol et le méthanol absolu donnent des pourcentages de rendement presque significatifs et inférieures à celui de l'extrait à 70% de méthanol. Les chercheurs ont révélé que le méthanol à 70% est un bon solvant pour l'extraction des composants antioxydants de la cardamome verte en raison de sa nature organique.

Les résultats ont montré que la teneur en polyphénols totaux était de $0,317 \pm 0,00$ et $1,66 \pm 0,05$ GAE g/100 g pour l'extrait méthanolique à 30% et l'extrait méthanolique à 70% respectivement. La teneur en flavonoïdes des extraits obtenus à partir des différentes concentrations de méthanol varie de $1,33 \pm 0,03$ à $4,63 \pm 0,12$ CE g/100 g. La valeur maximale de flavonoïdes était de $4,63 \pm 0,12$ CE g/100 g obtenue à partir d'extraits méthanoliques à 70% tandis que la valeur minimale ($1,33 \pm 0,03$ CE g/100 g) a été enregistrée pour 30%.

Les résultats d'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode de thiocyanate ont montré que tous les extraits ont une activité antioxydante élevée (supérieure à 80%). Cependant, l'extrait méthanolique à 70 % de cardamome verte a montré la plus forte inhibition $90 \pm 0,7\%$. Alors que l'extrait méthanolique à 30 % présentait la plus faible inhibition ($84,2 \pm 0,7\%$).

L'activité antioxydante des extraits méthanoliques a été évaluée par le test DPPH. Les résultats ont montré que la valeur IC_{50} de l'extrait méthanolique à 30 % était maximale (22,05

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

$\mu\text{g/mL}$), ce qui montre sa plus faible activité de piégeage des radicaux libres. Tandis que, l'extrait méthanolique à 70% a montré la plus faible valeur IC_{50} (17,26 $\mu\text{g/mL}$), ce qui indique que cette fraction a une forte activité de piégeage des radicaux libres. Par ailleurs, l'extrait méthanolique à 50% et le méthanol absolu ont présenté des valeurs IC_{50} de 22 et 20 $\mu\text{g/mL}$ respectivement. Ces résultats ont été comparés avec le BHT comme standard qui a présenté une valeur IC_{50} de 8,39 $\mu\text{g/mL}$.

Finalement, cette étude a révélé que la cardamome verte est une bonne source d'antioxydant. Ainsi que, le méthanol à 70% est un bon solvant pour l'extraction des antioxydants en raison de sa polarité élevée.

Article 4 :

International Food Research Journal 20(4): 1711-1716 (2013)

Journal homepage: <http://www.ijfj.upm.edu.my>



Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phytochemical compounds of Indian culinary spices

*Deepa, G., Ayesha, S., Nishtha, K. and Thankamani, M.

▪ Objectif :

Depuis l'antiquité les épices et les herbes sont ajoutées aux aliments, non seulement comme agents aromatisants, mais aussi comme médicaments populaires et conservateurs alimentaires. Le but de cette étude est d'évaluer la teneur totale en polyphénols, flavonoïdes, tanins et leur corrélation avec l'activité antioxydante des extraits méthanoliques et aqueux d'épices.

▪ Expérimentation :

La cardamome, les graines de coriandre et les feuilles de laurier séchées ont été collectées et authentifiées. Les échantillons séchés ont ensuite été réduits en poudre fine. 30 g de la poudre sèche a été pesé et utilisé pour la préparation des extraits. Les extraits des plantes ont été préparés par l'utilisation du méthanol (extrait méthanolique) et l'eau distillée (extrait aqueux) comme solvants.

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

La teneur en polyphénols totaux et en tanins a été déterminée par la méthode du réactif Folin-Ciocalteu et la teneur totale en flavonoïdes a été déterminée par la méthode du chlorure d'aluminium. Dans cette étude l'activité antioxydante a été mesurée *in vitro* par plusieurs méthodes qui sont : le test de piégeage du radical DPPH, test de piégeage du radical oxyde nitrique (NO), test du pouvoir antioxydant du fer (FRAP), l'estimation du pouvoir réducteur (PR), test de piégeage du radical anionique superoxyde (SO) et la méthode de piégeage du peroxyde d'hydrogène.

▪ Résultats :

Les résultats ont montré que les extraits des plantes contenaient des quantités variables des composés phénoliques, flavonoïdes, sucre et tanin. La teneur de composés phénoliques totaux était la plus élevée dans l'extrait méthanolique de feuilles de laurier. Les feuilles de laurier sont riches en composés phytochimiques comme les tanins et les flavonoïdes qui contribuent à son potentiel antioxydant.

Les graines de coriandre ont également montré une bonne teneur en composés phénoliques. La teneur en sucres réducteurs était la plus élevée dans l'extrait méthanolique de coriandre, suivi de l'extrait aqueux de la cardamome.

Les méthodes *in vitro* d'évaluation de l'activité antioxydante ont été développées pour mesurer l'efficacité des antioxydants naturels. Les extraits de cardamome et de feuilles de laurier ont tous deux montré des activités remarquables de piégeage du radical DPPH. Cependant, La réduction du radical NO par les graines de cardamome et les feuilles de laurier s'est avérée plus élevée dans l'extrait aqueux que dans l'extrait méthanolique par une valeur de $12,05 \pm 0,75$ mg/g pour l'extrait aqueux de la cardamome et une valeur de $5,96 \pm 0,05$ mg/g pour les feuilles de laurier, l'extrait méthanolique a montré une valeur de $9,35 \pm 0,31$ mg/g pour *E. cardamomum* et une valeur de $2,46 \pm 0,05$ mg/g pour les feuilles de laurier.

Par ailleurs, l'extrait méthanolique des feuilles de laurier a montré l'activité la plus élevée à réduire le fer par une valeur de $30,34 \pm 1,68$ mg/g, l'extrait aqueux de cette plante a montré une valeur de $11,12 \pm 0,14$ mg/g. Par contre, l'extrait méthanolique de la cardamome et la coriandre a montré des valeurs de $4,6 \pm 0,08$ et $7,53 \pm 0,14$ mg/g respectivement. Les chercheurs ont constaté que l'activité de réduction du fer est corrélée aux teneurs phénoliques et flavonoïdes élevés, à savoir la quercétine, le kaempférol et la quercétine dans les feuilles de laurier. D'autre part, l'extrait méthanolique de la cardamome a montré une forte activité de piégeage de l'anion superoxyde par rapport aux autres extraits. Ainsi que, l'activité

de piégeage du H₂O₂ a été estimée plus élevée dans l'extrait aqueux de cardamome que dans les feuilles de laurier, ce qui est corrélé à la teneur en phénols de ces extraits.

À la lumière de ces résultats, il est à noter qu'une corrélation linéaire significative a été trouvée entre la concentration des composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits de différentes épices. Parmi les trois épices étudiées, il a été constaté que la cardamome présente une activité antioxydante maximale dans tous les modèles *in vitro*. Les feuilles de laurier et la coriandre étaient également riches en antioxydants.

Finalement, cette recherche a révélé que l'utilisation d'antioxydants naturels présents dans les épices du régime alimentaire indien est une alternative aux antioxydants synthétiques sans aucun souci.

Article 5 :

VETERINARSKI ARHIV 87 (3), 301-315, 2017

***In vitro* antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat**

Farhad Sharafati-Chaleshtori¹, and Reza Sharafati-Chaleshtori^{2*}

▪ **Objectif :**

Dans cette étude expérimentale, l'extrait éthanolique d'*Elettaria cardamomum* a été préparé, la quantité de composés phénoliques et les propriétés antioxydantes ont été mesurées en utilisant des méthodes colorimétriques et le test de blanchiment du β-carotène, respectivement.

▪ **Expérimentation :**

Les graines de la cardamome ont été séchées à l'ombre et broyées à l'aide d'un moulin. Pour préparer l'extrait éthanolique d'*E. cardamomum*, 100 g de la poudre séchée de la plante ont été mélangées avec 500 mL d'éthanol à 80% et conservées à température ambiante (22°C) pendant 24 heures. L'extrait obtenu a été filtré à travers un papier filtre et placé dans un

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

appareil rotatif (pour éliminer le solvant). L'extrait alcoolique obtenu a été séché à 40 °C dans un incubateur.

La teneur en polyphénols totaux a été mesurée dans l'extrait éthanolique de la cardamome par la méthode colorimétrique de Folin-Ciocalteu. Des solutions standard avec des concentrations de 12,5 ; 25 ; 50 ; 62,5 ; 100 et 125 ppm ont été préparées à partir d'acide gallique. L'absorption optique a été mesurée à une longueur d'onde de 765 nm par un spectrophotomètre et une courbe standard a été préparée. La teneur en polyphénols totaux de l'extrait en mg/g d'équivalent acide gallique a été estimée.

La teneur en flavonoïdes totaux et en flavonols a été mesurée par la méthode colorimétrique au chlorure d'aluminium. Des solutions standards, avec des concentrations de 25 ; 50 ; 100 ; 250 et 500 ppm de rutine ont été préparées dans du méthanol à 60%, les densités optiques ont été exprimées à une longueur d'onde de 415 nm après 40 minutes pour le flavonoïde standard et à une longueur d'onde de 440 nm après 150 min pour le flavonol standard. La teneur en flavonoïdes et flavonols totaux de l'extrait en mg/g d'équivalent rutine a été estimée.

L'activité antioxydante de l'extrait éthanolique de la cardamome a été évaluée par l'utilisation du test de blanchiment du β -carotène avec l'utilisation de butylhydroxytoluène (BHT) comme contrôle positif et un blanc. Le taux de densité optique de l'échantillon à 490 nm a été exprimé et l'activité antioxydante a été mesurée en pourcentage sur la base de la stabilité de la couleur jaune du β -carotène.

▪ Résultats :

D'après les résultats obtenus, la teneur en polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique de la cardamome était de $19,27 \pm 0,025$ mg/g d'équivalent d'acide gallique, tandis que la teneur en flavonoïdes totaux et en flavonols était de $18 \pm 0,021$ et $15,33 \pm 0,025$ mg/g d'équivalent rutine, respectivement.

Sur la base de ces résultats, la capacité antioxydante de l'extrait éthanolique d'*E. cardamomum* était de $45,7 \pm 7,5\%$, comparée à l'antioxydant standard butylhydroxytoluène (BHT), avec une capacité antioxydante de $90,6 \pm 3,30\%$, avait des propriétés antioxydante inférieures.

Finalement, cette recherche a révélé que l'extrait éthanolique d'*E. cardamomum* a des propriétés antioxydant dues à la présence des composés phénoliques. Cependant, les

chercheurs ont mentionné les résultats des autres études qui suggèrent que les différences dans les niveaux de propriétés antioxydante des extraits pourraient être lié à la présence de différents composés qui sont également affectés par des facteurs tels que l'emplacement géographique, la température, la phase de croissance de la plante, le moment de la récolte de la plante, le facteur terre, ainsi que les facteurs génétiques et environnementaux.

Article 6 :

Journal of Physics: Conference Series

PAPER • OPEN ACCESS

Coriandrum sativum L. (apiaceae) and *elettaria cardamomum* (L.) maton (zingiberaceae) for antioxidant and antimicrobial protection

Windri Handayani¹, Yasman¹, Retno Yunilawati², Vivi Fauzia³ and Cuk Imawan³

Published under licence by IOP Publishing Ltd

[Journal of Physics: Conference Series, Volume 1317, The 3rd International Conference on Mathematics, Sciences, Education, and Technology 4–5 October 2018, Padang, Indonesia](#)

Citation Windri Handayani *et al* 2019 *J. Phys.: Conf. Ser.* 1317 012092

▪ **Objectif :**

Les plantes à épices sont connues par leurs richesses en composés de métabolites secondaires tels que les terpénoïdes, les flavonoïdes, les phénols et les saponines. L'objectif de cette étude est la détermination des activités antimicrobiennes et antioxydantes de *Coriandrum sativum* L. (coriandre) et *Elettaria cardamomum* (L.) (cardamome).

▪ **Expérimentation :**

Le contenu phytochimique de l'extrait d'huile essentielle de la coriandre et de la cardamome a été testé qualitativement pour le dépistage des terpénoïdes et par l'utilisation de la chromatographie en phase gazeuse-spectroscopie de masse (CG/SM). Les terpénoïdes sont détectés à partir de l'extrait par l'utilisation du test de Salkowski, une coloration rouge-brun s'est formée témoignant la présence de terpénoïdes.

L'extrait utilisé comme échantillon était une huile essentielle commerciale. L'huile essentielle de *Coriandrum sativum* a été extraite des graines. Parallèlement, l'huile essentielle d'*Elettaria cardamomum* a été extraite de la partie du rhizome. Les échantillons ont été dilués avec du méthanol à une certaine concentration (0 ; 10 ; 20 ; 30 ; 40 ; 50 µg/mL). Par ailleurs,

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

l'activité antioxydante des extraits d'huile a été testée par la méthode DPPH. Les échantillons sont homogénéisés à l'aide d'un vortex et ils étaient gardés dans l'obscurité pendant 30min. Les absorbances des solutions mélangées ont ensuite été mesurées avec un spectrophotomètre à 517nm et l'acide ascorbique a été mesuré comme composé standard. La valeur IC_{50} de chaque extrait a été calculée et l'acide ascorbique est utilisé comme référence.

▪ Résultats :

Les résultats obtenus à partir du test qualitatif des terpénoïdes ont montré que les deux échantillons contenaient des composés terpénoïdes. Dans la coriandre, le résultat du test a confirmé la formation d'une couleur rouge brique très épaisse, tandis que l'échantillon de cardamome a montré une couleur brune avec une légère couleur brique rouge. L'intensité de la couleur peut montrer qualitativement la présence du composé dans l'extrait.

D'après les résultats du test DPPH visant à déterminer le pouvoir antioxydant de l'échantillon, les extraits de coriandre ont présenté un pourcentage d'inhibition inférieur à celui de la cardamome. Lorsque la concentration de l'extrait atteint 50 $\mu\text{g/mL}$, le pourcentage d'inhibition de la coriandre atteint 24,7% et celui de la cardamome 70,8%. Les résultats montrent que la cardamome a une valeur IC_{50} plus petite (29,5 $\mu\text{g/mL}$) que la coriandre (97,84 $\mu\text{g/mL}$), tandis que l'acide ascorbique a montré une valeur IC_{50} de 3,49 $\mu\text{g/mL}$. Les valeurs $IC_{50} < 100$ $\mu\text{g/mL}$ indiquent que l'extrait est actif. Plus la valeur IC_{50} est petite, plus l'échantillon a tendance d'avoir une bonne activité antioxydante.

Les chercheurs ont rapporté que les résultats de la (CG/SM) montre que la coriandre contient 4 composés à savoir alpha-pinène, camphène, l-Limonène et camphre, tandis que la cardamome contient du alpha- pinène, du camphène, du l-Limonène, du β -pinène et du 1,8-cinéole. D'après ces résultats, les composés β -pinène et 1,8-Cinéole ne sont détectés que dans le profil du chromatogramme de la cardamome, et le camphre n'est détecté que dans la coriandre.

Finalement, cette recherche a révélé que l'huile essentielle de la cardamome présente une forte activité antioxydante par rapport à la coriandre. Cela est dû à la différence dans la composition phytochimique dans les extraits des huiles essentielles de ces plantes.

Article 7 :

Comparative Study of Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils and Crude Extracts of Four Characteristic *Zingiberaceae* Herbs

by  Milena Ivanović ,  Kaja Makoter  and  Maša Islamčević Razboršek 

Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, University of Maribor, Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor, Slovenia

* Author to whom correspondence should be addressed.

Academic Editor: Iztok Jože Košir

Plants **2021**, *10*(3), 501; <https://doi.org/10.3390/plants10030501>

Received: 15 February 2021 / Revised: 1 March 2021 / Accepted: 3 March 2021 / Published: 8 March 2021

▪ Objectif :

La famille du gingembre (*Zingiberaceae*) comprend des plantes connues dans le monde entier pour leur odeur et leur goût distinctifs, qui sont souvent utilisées comme épices dans la cuisine, mais aussi dans diverses industries (pharmaceutique, médicale et cosmétique) en raison de leur activité biologique avérée. L'objectif de cette étude était d'étudier et de comparer la composition chimique et l'activité antioxydante (AA) des huiles essentielles (HE) de quatre espèces de gingembre caractéristiques : *Elettaria cardamomum* (cardamome), *Curcuma Longa L.* (curcuma), *Zingiber Officinale Roscoe* (gingembre) et *Alpinia Officinarum Hance* (galanga).

▪ Expérimentation :

Le matériel végétal des quatre plantes sélectionnées a été traité par une extraction assistée par ultrasons par l'utilisation de trois solvants d'extraction différents : éthanol à 80%, méthanol à 80% et l'eau. Ainsi que, la chromatographie en phase gazeuse-spectroscopie de masse a été utilisée pour l'analyse détaillée des HE des quatre espèces végétales sélectionnées. Par ailleurs, deux tests *in vitro* différents, la méthode de FRAP et l'activité de piégeage du radical ABTS ont également été réalisées pour évaluer les propriétés antioxydantes des extraits bruts et des huiles essentielles des plantes sélectionnées.

▪ Résultats :

L'analyse (CG/SM) a révélé la présence d'un total de 87 composés chimiques différents, dont 14 ont été identifiés en quantités variables dans toutes les HE. D'après cette analyse, les

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

monoterpènes prédominent généralement dans les HE de cardamome et de galanga, tandis que les sesquiterpènes se trouvent principalement dans les HE de curcuma et de gingembre.

Le test FRAP des extraits bruts et des huiles essentielles a été évalué et les résultats finaux ont été exprimés en mg Fe²⁺ par gramme de poids sec (mg Fe²⁺/g PS) et mg Fe²⁺ par millilitre d'huiles essentielles (mg Fe²⁺/mL HE), respectivement.

Les valeurs FRAP les plus faibles ont été observées pour les fruits de cardamome. Par contre, les valeurs les plus élevées (entre 75,39±10,57 mg Fe²⁺/g PS et 92,02±4,09 mg Fe²⁺/g PS) ont été trouvées pour le galanga. Aucune différence significative n'a été trouvée entre la capacité de réduction des extraits bruts de curcuma et de gingembre. La valeur FRAP la plus élevée pour le curcuma a été observée pour l'extrait éthanolique (20,82±0,42 mg Fe²⁺/g PS). Dans le cas du rhizome de gingembre, les mêmes valeurs ont été déterminées pour les extraits éthanoliques (20,73±0,70 mg Fe²⁺/g PS) et méthanoliques (20,82±0,42 mg Fe²⁺/g PS), alors que l'extrait aqueux était inférieur comme solvant d'extraction avec une valeur FRAP de 11,58±1,26 mg Fe²⁺/g PS.

Le pouvoir réducteur des HE était à nouveau le plus faible pour l'échantillon de cardamome, tandis que la valeur FRAP la plus élevée a été obtenue pour l'HE de curcuma. Contrairement aux extraits bruts, l'HE de galanga a montré un pouvoir réducteur ferrique plus faible. Ces résultats peuvent probablement être expliqués par des différences dans la composition chimique des HE étudiées. A savoir, l'HE de gingembre et surtout l'HE de curcuma sont riches en sesquiterpènes, alors que les composés volatils dominants dans la cardamome et le galanga étaient des monoterpènes.

La capacité des extraits bruts et des HE à piéger l'ABTS•+ a été exprimée en mg d'équivalent trolox par gramme de poids sec (mg TE/g PS) ou en mg d'équivalent trolox par millilitre d'huile essentielle (mg TE/mL HE), respectivement. Dans le cas des extraits bruts, les résultats montrent que le galanga possède la plus forte activité de piégeage de l'ABTS•+, alors qu'aucune différence significative n'a été trouvée entre la cardamome et les deux autres plantes. Dans le cas du rhizome de cardamome, des résultats similaires et très faibles (allant de 4,10 mg TE/g PS à 4,57 mg TE/g PS) ont été observés pour tous les solvants testés.

Par rapport aux extraits bruts, les HE ont généralement montré une activité de piégeage de l'ABTS•+ plus faible. La valeur ABTS la plus élevée exprimée en équivalents trolox (4,14 mg TE mL⁻¹ HE) a été observée pour l'HE de curcuma, suivie par l'HE de galanga, de gingembre et enfin de cardamome.

D'autres part, les chercheurs ont rapporté que les valeurs de la teneur en polyphénols totaux des extraits bruts d'espèces de Zingiberaceae obtenus avec les solvants testés étaient fortement corrélées positivement avec les valeurs antioxydantes déterminées par les tests ABTS et FRAP. La corrélation positive la plus élevée a été observée pour les extraits aqueux avec des coefficients de corrélation de $r = 0,999$ et $0,998$ entre la teneur en polyphénols totaux entre ABTS et FRAP, respectivement.

Finalement, cette étude a mis en évidence que l'HE de curcuma avait la plus grande capacité antioxydante, tandis que la valeur la plus faible a été déterminée pour l'HE de cardamome. En outre, les résultats des tests antioxydants réalisés sur les extraits aqueux, éthanolique et méthanoliques ont confirmé que les extraits de galanga présentaient la plus forte activité antioxydante, suivis des extraits de curcuma et de gingembre, tandis que les extraits de cardamome présentaient la plus faible capacité antioxydante.

 **Mémoire de Master En Biologie, 2017**

Me^{lle} **BENYAHIA Hanane**

Titre

Etude phytochimique et dosage de quelques composés phénoliques des fruits d'*Elettaria cardamomum* et évaluation de son activité antioxydante

▪ **Objectif :**

L'objectif principal de ce travail est l'étude phytochimique et l'évaluation *in vitro* de l'activité antioxydante des fruits d'*Elettaria cardamomum*.

▪ **Expérimentation :**

Une préparation de deux extraits bruts eau/MeOH et eau/Acétone à partir des fruits de la cardamome a été faite par une extraction sous reflux et une extraction par macération, respectivement. Une analyse phytochimique avec un dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés ; ainsi une évaluation de l'effet antioxydant de chaque extrait par la méthode de réduction du fer FRAP et la méthode de piégeage du radical libre DPPH• ont été réalisées.

▪ **Résultats :**

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

L'analyse quantitative montre que l'extrait eau/acétone obtenu par macération renferme un taux élevé en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés (54,22±4,52 mg EAG/gE ; 14,53±0,46 mg EC/gE et 21,70±1,84 mg EC/gE respectivement). Pour l'extrait eau/méthanol, les teneurs sont de l'ordre de 41,09±2,58 mg EAG/gE ; 10,90±0,80 mg EC/gE et 6,75±0,34 mg EC/gE, respectivement.

Les résultats d'évaluation de l'activité antioxydante par la méthode FRAP ont montré qu'à une concentration de 0,01g/mL les deux extraits ont présenté respectivement les absorbances de 0,712 et 1,08 pour l'extrait eau/MeOH et eau/acétone, alors que l'acide ascorbique utilisé comme molécule de référence a présenté une densité optique de 1,68.

Les résultats obtenus par la méthode de piégeage du radical libre DPPH• montrent que l'extrait brut eau/méthanol présente un pouvoir antiradicalaire proche à celui de l'extrait brut eau/acétone. L'acide ascorbique et le BHA possèdent une activité antiradicalaire très élevée et supérieure à celle des extraits eau/MeOH et eau/acétone avec des IC₅₀ de 220 µg/mL et 200 µg/mL, respectivement. Alors que l'acide ascorbique est le plus actif avec une valeur IC₅₀ de 1,08 µg/mL.

Finalement, cette étude a montré que l'activité antioxydante des extraits est donc relativement dépendante de la teneur en composés phénoliques. Par exemple l'extrait eau/acétone préparé par macération qui représente la teneur élevée en polyphénols totaux, flavonoïdes et en tanins condensés, possède le pouvoir antioxydant le plus élevé par rapport à l'extrait eau/MeOH.

Mémoire de Master En Biologie, 2019

Mémoire de fin d'étude en vue de l'obtention du diplôme de Master

Domaine : SNV

Filière : Sciences biologiques

Spécialité : Biochimie Appliquée

Thème :

Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum*

Présenté par :

- ✓ M^{elle} DALI Yahia Sihem
- ✓ M^{elle} KEBRIT Ikram

▪ Objectif :

Cette étude réalisée en **2019** a été consacrée à l'évaluation de l'activité antioxydante des fruits de la plante *Elettaria cardamomum*.

▪ Expérimentation :

Les fruits d'*E. Cardamomum* ont été broyés à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine nécessaire à la préparation des extraits. Cette préparation des extraits a été faite par deux méthodes d'extraction : une extraction sous reflux et une extraction par macération, par l'utilisation d'eau/méthanol et eau/acétone, respectivement. Les deux extraits bruts eau/méthanol et eau/acétone obtenus par les deux méthodes d'extraction sus mentionnés ont été partagés successivement par une extraction liquide/liquide avec l'acétate d'éthyle et le n-butanol. Ces étapes ont permis d'obtenir les extraits suivants :

- Extrait brut eau/méthanol (EBEM)
- Fraction acétate d'éthyle de l'extrait eau/méthanol (FAEM)
- Fraction n-butanol de l'extrait eau/méthanol (FBEM)
- Extrait brut eau/acétone (EBEAc)
- Fraction acétate d'éthyle de l'extrait eau/acétone (FAEAc)
- Fraction n-butanol de l'extrait eau/acétone (FBEAc)

Le rendement d'extraction pour chaque extrait a été calculé et une analyse phytochimique avec un dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés a été réalisée. Ainsi que l'activité antioxydante a été évaluée par la méthode de piégeage du radical libre DPPH• et la méthode de réduction du fer FRAP.

▪ Résultats :

Les résultats ont montré une différence entre les rendements des différents extraits. Le rendement le plus élevé est obtenu par l'extrait brut eau/méthanol préparé sous reflux (22%), suivi de l'extrait brut eau/acétone (18%), préparé par macération. Le fractionnement liquide-liquide par l'acétate d'éthyle de l'extrait brut eau/méthanol, donne un rendement assez important de 8%. Alors que celui de l'extrait brut eau/acétone donne un rendement de 3,6%. Le fractionnement liquide-liquide par le n-butanol des extraits brut eau/méthanol et eau/acétone, donne des rendements de 2,8 et 4%, respectivement.

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

L'analyse phytochimique qualitative a montré la présence des tanins et des terpénoïdes dans les extraits bruts et les fractions acétate d'éthyle. Tandis que les flavonoïdes et les quinones ont été présents uniquement dans les extraits bruts. Les coumarines ont été présentes dans les fractions acétate d'éthyle et n-butanol.

Les résultats ont montré que les teneurs en composés phénoliques varient considérablement entre les six extraits de la plante, l'extrait brute eau/acétone a enregistré la teneur la plus élevée en polyphénols, de l'ordre de $200,63 \pm 1,12$ mg EAG/gE. D'autre part, l'extrait brut eau/méthanol a présenté la teneur la plus élevée en flavonoïdes avec un taux de $75,10 \pm 6,86$ mg EQC/gE. Ainsi que, le dosage des tanins condensés a révélé que l'extrait brut eau/méthanol était le plus riche avec une teneur de $21,04 \pm 2,11$ mg EQC/gE.

D'après les valeurs IC_{50} calculées, la fraction acétate d'éthyle (FAEM) possède l'activité antioxydante la plus élevée par rapport aux autres extraits avec une IC_{50} de $67 \mu\text{g/mL}$, par contre la fraction n-butanol (FBEM) a présenté l'activité antioxydante la plus faible avec une IC_{50} de $6400 \mu\text{g/mL}$. Tandis que l'acide ascorbique a présenté l'activité antioxydante la plus élevée avec une valeur IC_{50} de $1,10 \mu\text{g/mL}$.

D'après les résultats obtenus, les extraits étudiés ont été classés selon l'activité antioxydante la plus élevée, dans l'ordre suivant :

Ac. Asc. > BHA > BHT > FAEM > EBEM > FBEAc > EBEAc > FAEAc > FBEM

Les résultats de test FRAP ont montré que la fraction l'extrait brut eau/méthanol (EBEM) a présenté la plus forte activité réductrice du fer avec une valeur EC_{50} de $2,08 \text{ mg/mL}$, alors que sa fraction butanolique (FBEM) a présenté le plus faible pouvoir avec une valeur EC_{50} de $875,38 \text{ mg/mL}$. Cependant, la molécule de référence BHA a présenté la plus forte activité réductrice du fer avec une EC_{50} de $0,05 \text{ mg/mL}$.

D'après ces résultats, les extraits testés ainsi que les molécules de références, sont classés selon leur pouvoir réducteur dans l'ordre suivant :

BHA > BHT > Ac. Asc. > EBEM > FAEM > FBEAc > EBEAc > FAEAc > FBEM

Finalement, cette étude a révélé que les extraits de la cardamome sont riches en polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés, ces teneurs varient d'un extrait à l'autre selon le mode et le solvant d'extraction. Ainsi, l'évaluation de l'activité antioxydante montre que cette plante présente une activité antioxydante intéressante.

2.3. Conclusion

En conclusion de cette partie consacrée à l'activité antioxydante de la plante *Elettaria cardamomum*, on peut noter que cette activité peut être évaluée par plusieurs méthodes citons parmi elles la méthode de réduction du fer (FRAP) et la méthode de piégeage du radical libre DPPH•. Par l'analyse de ces articles on peut conclure aussi que l'huile essentielle et les oléorésines de la cardamome contiennent des composés antioxydants naturels qui agissent souvent en synergie pour produire un large spectre d'activités qui crée un système de défense efficace contre les attaques des radicaux libres. Aussi, la cardamome a une faible activité antioxydante par rapport à d'autres épices tels que le thé vert et le thé noir. En raison de sa polarité élevée, le méthanol à 70% est un bon solvant pour l'extraction des antioxydants. Ainsi, il existe une corrélation linéaire significative entre la concentration des composés phénoliques et l'activité antioxydante des extraits des épices tels que la cardamome, laurier et la coriandre. L'activité antioxydante est affectée par les processus d'extraction car ils peuvent conduire à la teneur en composés dans les extraits. Il existe d'autres épices qui ont une activité antioxydante plus fortes que la cardamome tels que curcuma, galanga et le gingembre (**Bhatti et al., 2015 ; Deepa et al., 2013 ; Handayani et al., 2019 ; Ivanović et al., 2021 ; Khalaf et al., 2008 ; Singh et al., 2008**).

3. Traitement de quelques travaux sur l'activité inhibitrice de l'alpha amylase d'*Elettaria cardamomum*

3.1. Rappel sur l'activité inhibitrice de l'alpha amylase

Le diabète sucré est un trouble endocrinien majeur affectant près de 10% de la population dans le monde. Le nombre de personnes atteintes de diabète dans le monde a considérablement augmenté ces dernières années. Il est également prévu que d'ici 2030, l'Inde, la Chine et les États-Unis compteront le plus grand nombre de personnes atteintes de diabète (**Burke et al., 2003 ; Wild et al., 2004**).

Une approche thérapeutique qui peut s'avérer bénéfique pour le traitement du diabète consiste à diminuer l'hyperglycémie postprandiale. Ceci peut être réalisé en retardant l'absorption du glucose par l'inhibition des enzymes hydrolysant les glucides dans le tube digestif. Les enzymes glucosidases telles que l' α -amylase sont responsables de la dégradation des oligo et/ou disaccharides en monosaccharides. Les inhibiteurs de ces enzymes retardent la digestion des glucides et prolongent le temps global de digestion des glucides, provoquant une

diminution marquée du taux d'absorption du glucose, atténuant ainsi l'augmentation postprandiale de la glycémie plasmatique (**Bhutkar et Bhise, 2012 ; Rhabasa et al., 2004**).

L'inhibition des enzymes hydrolysant les glucides telles que l' α -glucosidase et l' α -amylase pancréatique est l'une des approches thérapeutiques pour retarder la digestion des glucides, entraînant une réduction de l'hyperglycémie postprandiale qui est essentielle dans la gestion du diabète sucré (**Sudhir et Mohan ; 2002**).

Les inhibiteurs synthétiques des enzymes digestives entraînent plusieurs effets indésirables dans le tractus gastro-intestinal. Dans ce contexte, les épices constituent une source intéressante pour l'identification de nouveaux inhibiteurs d'enzymes digestives dépourvus de certains des effets indésirables de ces inhibiteurs d'enzymes synthétiques (**Chiasson et al., 2002 ; Lamba et al., 2000**).

Ces dernières années, plusieurs recherches sont attribuées à la détermination et la valorisation de nouvelles molécules d'origines végétales qui ont la capacité d'inhiber l'activité de l'enzyme alpha amylase. Ces nouvelles molécules naturelles peuvent remplacer les inhibiteurs synthétiques qui ont des effets nocifs pour la santé humaine (**Grover et al., 2002**).

3.2. Analyse de quelques travaux

La cardamome parmi les plantes qui sont caractérisées par la présence de plusieurs composés chimiques dans leur extrait et huiles essentielles. Dans cette partie on s'intéresse à l'analyse des travaux réalisés sur l'activité inhibitrice de l' α -amylase d'*Elettaria cardamomum*.

Article 1

	DOI: http://dx.doi.org/10.21276/ap.2019.8.2.5 Annals of Phytomedicine: An International Journal http://www.ukaazpublications.com/publications/index.php Print ISSN : 2278-9839 Online ISSN : 2393-9885	
Original article		
<i>In vitro</i> evaluation of selected Indian spices for α-amylase and α-glucosidase inhibitory activities and their spice-drug interactions		
Nupur Mehrotra*, Kaustubh Jadhav, Swati Rawalgaonkar, Sara Anees Khan and Badal Parekh Department of Biochemistry, SVKM's Mithibai College of Arts, Chauhan Institute of Science & Amraben Jivanlal College of Commerce and Economics (Autonomous), Vile Parle (West), Mumbai 400 056, Maharashtra, India		
Received October 12, 2019; Revised December 10, 2019; Accepted December 13, 2019; Published online December 30, 2019		

▪ Objectif :

L'Inde fait partie des pays menacés par l'augmentation de l'indice du diabète dans sa population. La présente étude a été entreprise pour élucider le potentiel antidiabétique de certaines épices indiennes, à savoir, *Cinnamomum zeylanicum* Blume, *Cuminum cyminum* L., *Laurus nobilis* L., *Piper nigrum* L. et *Elettaria cardamomum*.

▪ Expérimentation :

Les constituants phytochimiques des épices ont été identifiés qualitativement et des tests d'inhibition enzymatique ont été effectués. L'étude a utilisé des extraits hydroacétoniques à 50% des cinq épices sus mentionnées pour évaluer *in vitro* les activités inhibitrices de l' α -amylase et de l' α -glucosidase. Aussi, l'IC₅₀ de l'activité inhibitrice de l' α -amylase a été calculée.

▪ Résultats :

Selon l'analyse phytochimique des épices étudiées, par l'utilisation de l'hydroacétone comme solvant, toutes les épices ont démontré la présence de flavonoïdes ainsi que des tanins, qui possèdent tous deux la capacité d'inhiber les enzymes métabolisant les glucides, les α -amylases et les α -glucosidases, *in vitro*.

Les résultats ont montré qu'une augmentation dose-dépendante de l'activité inhibitrice des extraits d'hydroacétonique sur l'enzyme métabolisant les glucides, l' α -amylase a été observée. Cette expérience a montré qu'à une concentration de 10 $\mu\text{g/mL}$, *C. zeylanicum*, *C. cyminum*, *L. nobilis*, *P. nigrum* et *E. cardamomum* ont présenté des pourcentages d'inhibition de l' α -amylase de 1,63% ; 3,27% ; 4,19% ; 1,58% et 5,26%, respectivement. Alors qu'à une concentration de 80 $\mu\text{g/mL}$, les plantes sus mentionnées ont montré des pourcentages d'inhibition de 6,73% ; 12,49% ; 23,04% ; 11,26% et 16,55%, respectivement.

D'autre part, les résultats de l'activité inhibitrice de l' α -glucosidase ont montré qu'à une concentration de 80 $\mu\text{g/mL}$, *C. zeylanicum*, *C. cyminum*, *L. nobilis*, *P. nigrum* et *E. cardamomum* ont présenté des pourcentages d'inhibition de l' α -glucosidase de 33,32%-19,58% ; 33,60% ; 23,73% et 37,85% respectivement.

Les valeurs IC₅₀ pour l'activité inhibitrice de l' α -amylase étaient de 706,04 ; 517,51 ; 349,41 ; 573,21 et 376,18 $\mu\text{g/mL}$ pour *C. zeylanicum*, *C. cyminum*, *L. nobilis*, *P. nigrum* et *E. cardamomum*, respectivement. Ainsi, ces espèces ont montré des valeurs IC₅₀ pour l'activité inhibitrice de l' α -glucosidase de 243,42 ; 386,73 ; 203,01 ; 269,92 et 182,85 $\mu\text{g/mL}$, respectivement. D'après ces résultats, il a été constaté que parmi les épices étudiées, de meilleures activités inhibitrices ont été observées pour *L. nobilis* et *E. cardamomum*.

Finalement, cette étude a révélé que les extraits des épices étudiées ont montré une bonne activité inhibitrice de l'alpha-amylase et par conséquent, les épices peuvent être utilisées comme compléments alimentaires pour contrôler l'augmentation postprandiale de la glycémie. Les épices contiennent essentiellement des composés bioactifs à base de plantes ayant un potentiel d'inhibition enzymatique.

Article 2

Research Article | Open Access

Volume 2021 | Article ID 5583001 | <https://doi.org/10.1155/2021/5583001>

Show citation

Chemical Profile, *In Vitro* Antioxidant, Pancreatic Lipase, and Alpha-Amylase Inhibition Assays of the Aqueous Extract of *Elettaria cardamomum* L. Fruits

Hanan M. Al-Yousef ¹, Ali S. Alqahtani ¹, Wafaa H. B. Hassan ², Afraa Alzoubi,¹ and Sahar Abdelaziz  ²

Show more

Academic Editor: Jean-Marie Nedelec

▪ Objectif :

Les recherches phytochimiques et pharmacologiques d'*Elettaria cardamomum* se sont principalement concentrées sur son huile essentielle et ses extraits organiques bruts, et peu sur ses extraits aqueux. Par conséquent, ce travail visait à examiner le profil phytochimique, l'antiobésité et les activités antidiabétiques *in vitro* de l'extrait aqueux d'*Elettaria cardamomum*.

▪ Expérimentation :

Pour la préparation de l'extrait aqueux de la cardamome, 80 g de fruits et de graines d'*E. cardamomum* ont été broyés, et la poudre a été mélangée à 800 mL d'eau distillée et agitée à 150tr/min à température ambiante pendant 24 h. La solution a ensuite été filtrée à l'aide d'une toile de mousseline. Le filtrat a été filtré sur papier, puis versé dans une bouteille, et placé dans un congélateur à -70°C. Le filtrat congelé a été soumis à une lyophilisation pendant 48 h. Une analyse de l'extrait aqueux de la cardamome et une chromatographie en phase gazeuse-spectroscopie de masse ont été faites, l'activité inhibitrice de l'alpha-amylase a été évaluée, le pourcentage d'inhibition a été calculé et l'IC₅₀ a été déterminée.

▪ Résultats :

L'analyse de l'extrait aqueux de la cardamome a montré la présence de plusieurs composés chimiques tels que les flavones (dihydroquercétine, le kaempferol-3-O-hexoside, le

luteolin-7-O-hexoside, le quercétine-3-O-hexoside...), les anthocyanes (la cyanidine-3-O-acétyl rhamnoside, le cyanidin-3-O-coumaroyl hexoside, la cyanidine-3-O-hexoside) et une coumarine a été identifiée (l'ombelliféron).

Les résultats ont montré que l'extrait aqueux de la cardamome avait une bonne inhibition des enzymes hydrolysant les glucides (α -amylase) de manière dose-dépendante. L'extrait de cette plante à une concentration de 15,63 $\mu\text{g/mL}$ a présenté un pourcentage d'inhibition de l'activité de l' α -amylase de 6,17%, tandis que le médicament standard l'acarbose a donné un pourcentage d'inhibition de 40,75%. Cependant, lorsque la concentration augmente à 125 $\mu\text{g/mL}$, l'extrait de la cardamome et l'acarbose ont montré des pourcentages d'inhibition de 45,28% et 60,17%, respectivement. Aussi, l'extrait aqueux et le médicament standard à une concentration maximale de 1000 $\mu\text{g/mL}$, ont montré des pourcentages d'inhibition de 62,25% et 86,32%, respectivement.

De plus, les chercheurs ont rapporté que L'activité antidiabétique peut être attribuée à la présence d'anthocyanes (cyanidine-3-O-cinnamoyl glucuronide, cyanidine-3-O-coumaroyl hexoside, cyanidine-3-O-hexoside, peonidine-3-O-coumaroyl glucoside, et malvidine-3-O-feruloyl glucuronide) et de flavonoïdes (taxifoline quinoyl hexoside et quercétine-3-O-hexoside).

Finalement, les résultats de cette étude ont révélé que l'extrait aqueux de la cardamome a une bonne activité antidiabétique qui peut être liée à la présence de métabolites majeurs biologiquement actifs (cyanidin-3-O-coumaroyl hexoside, cyanidin-3-O-hexoside, acide azélaïque, et taxifolin quinoyl hexoside).

 **Mémoire de Master En Biologie, 2019**

Thème :

Etude de l'effet d'*Elettaria cardamomum* sur l'activité de l'alpha amylase

Présenté par :

M^{me} KHEROUA née ABID Noura

▪ Objectif :

La plante *Elettaria cardamomum* est largement utilisée en médecine traditionnelle dans le traitement de différentes maladies. L'objectif de cette étude est de tester *in vitro* l'effet des extraits préparés à partir des fruits de la cardamome sur l'activité de l' α -amylase.

▪ Expérimentation :

Le matériel végétal a été broyé à l'aide d'un mortier jusqu'à l'obtention d'une poudre fine nécessaire à la préparation des extraits. L'extraction des fruits de cardamome a été réalisée selon deux méthodes d'extraction : une extraction sous reflux et une extraction par macération, par l'utilisation de l'eau/méthanol et l'eau/acétone, respectivement. L'extrait brut eau/méthanol obtenu par l'extraction sous reflux était partagé successivement par une extraction liquide/liquide avec l'acétate d'éthyle et le n- butanol. Ainsi que, l'extrait brut eau/acétone était partagé successivement par une extraction liquide/liquide avec l'acétate d'éthyle et le n- butanol. Ces étapes ont permis d'obtenir les extraits suivants :

- Extrait brut eau/méthanol (EBEM)
- Fraction acétate d'éthyle de l'extrait eau/méthanol (FAEM)
- Fraction n-butanol de l'extrait eau/méthanol (FBEM)
- Extrait brut eau/acétone (EBEAc)
- Fraction acétate d'éthyle de l'extrait eau/acétone (FAEAc)
- Fraction n-butanol de l'extrait eau/acétone (FBEAc)

Le rendement d'extraction pour chaque extrait été calculé et une analyse phytochimique avec un dosage des polyphénols totaux, des flavonoïdes et des tanins condensés a été réalisée. Ainsi que l'activité inhibitrice de l' α -amylase a été évaluée par l'utilisation de l'amidon comme substrat et l'acarbose comme contrôle positif. Les pourcentages d'inhibition (%) et concentration inhibitrice de 50% de l'activité enzymatique étaient calculés.

▪ Résultats :

Selon les résultats, l'extrait brut eau/méthanol (EBEM) obtenu par extraction sous reflux a présenté le rendement le plus élevé de l'ordre de 22%, suivi de l'extrait brut eau/acétone (EBEAc) obtenu par macération dans le mélange eau/acétone (18%). L'extraction liquide-liquide de l'extrait eau/méthanol avec l'acétate d'éthyle a donné un rendement important de 8%, alors que celle de l'extrait eau/acétone ainsi qu'avec le n-butanol les rendements sont faibles.

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

L'analyse phytochimique qualitative a montré la présence des tanins et des terpénoïdes dans les extraits bruts et les fractions acétate d'éthyle. Tandis que les flavonoïdes et les quinones ont été présents uniquement dans les extraits bruts. Les coumarines ont été présentes dans les fractions acétate d'éthyle et n-butanol.

Les résultats obtenus pour le dosage des polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins condensés ont été complémentaires avec les résultats de l'étude de **(Dali Yahia et Kebrit, 2018)**.

D'après les résultats d'évaluation de l'effet inhibiteur des extraits sur l'activité de l' α -amylase, il a été constaté que les pourcentages d'inhibition de l'activité de l' α -amylase augmentent proportionnellement avec les concentrations des extraits.

D'après les résultats des calculs des IC_{50} , la FAEM a présenté une IC_{50} de 0,082 mg/mL. Par ailleurs, la FBEAc et la FBEM ont montré des valeurs IC_{50} de 0,13 et 0,27 mg/mL, respectivement. Ainsi que, l'EBEM et la FAEAc ont présenté une valeur IC_{50} identique de 1,90 mg/mL. Alors que, l'acarbose a présenté la plus faible valeur IC_{50} par rapport à tous les extraits étudiés avec une valeur de 0,0097 mg/mL, ce qui signifie que l'acarbose à l'effet inhibiteur le plus élevé sur l' α -amylase.

Enfin, cette étude a montré que la fraction acétate d'éthyle de l'extrait eau/méthanol avait l'activité inhibitrice la plus forte sur l'enzyme α -amylase. Suivie de la FBEAc, la FBEM, la FAEAc, l'EBEM et l'EBEAc, respectivement.

À la lumière des résultats, il a été constaté que les extraits préparés à partir des fruits d'*E. Cardamomum* peuvent exercer un effet inhibiteur intéressant sur l'activité de l' α -amylase, cette activité est probablement liée à la richesse de cette plante en polyphénols totaux, en flavonoïdes et en tanins condensés.

3.3. Conclusion

En conclusion de cette partie qui est focalisée sur l'activité inhibitrice de l'alpha amylase de la plante *Elettaria cardamomum*, on peut constater que cette épice a un fort potentiel pour l'inhibition des enzymes glucosidases (α -amylase). Cette activité d'inhibition est due à la présence des composés phénoliques dans les fruits de cette plante. Aussi, l'extrait aqueux de la cardamome a révélé la présence de plusieurs métabolites qui ont la capacité d'inhiber l'activité de l'enzyme α -amylase et par conséquent la réduction du taux de la glycémie postprandiale (**Hanan et al., 2021 ; Mehrotra et al., 2019 ; Kheroua, 2019**).

Chapitre 2 : Traitement de quelques travaux scientifiques

Cependant, d'autres études sont nécessaires pour l'identification et l'isolement des molécules bioactives pour étendre son application médicale dont le but de remplacer les inhibiteurs synthétiques et l'élimination de ses effets nocifs pour la santé (**Hanan *et al.*, 2021**).

Conclusion générale

Le présent travail a pour objectif de traiter et analyser les études et les recherches réalisées sur l'activité antioxydante et inhibitrice de l'alpha amylase de la plante *Elettaria cardamomum*.

Les différentes recherches ont révélé la présence de plusieurs familles chimiques dans les extraits de la cardamome, ces dernières sont représentées par les tanins, les flavonoïdes, les saponines, les alcaloïdes, les terpénoïdes et les composés réducteurs.

L'activité antioxydante a été évaluée par plusieurs méthodes citons parmi elles : le test de piégeage du radical libre DPPH•, le pouvoir réducteur du fer (FRAP), la méthode de piégeage des radicaux ABTS et le test de blanchiment du β -carotène. Les études ont montré que les extraits et les huiles essentielles de la cardamome présentent une forte activité antioxydante, d'autres articles ont prouvé que *E. cardamomum* présente une activité antioxydante inférieure par rapport à d'autres épices. Cette différence est liée aux taux de composés phénoliques contenus dans chaque plante.

L'activité inhibitrice de l' α -amylase de la cardamome a été mentionnée dans certaines études. Ces recherches ont montré la richesse de cette plante des composés phénoliques qui jouent un rôle important dans la forte activité inhibitrice de l'alpha amylase. Par conséquent, la cardamome et d'autres épices qui partagent les mêmes propriétés peuvent être utilisées dans les futures stratégies dans la régulation de la glycémie.

Finalement, les chercheurs affirment que ces résultats pourraient être suivis par d'autres recherches plus précises et plus approfondies qui sont nécessaires pour la détermination des molécules bioactives et qui se résument dans les points suivants :

- ✓ Utilisation d'autres méthodes d'extraction par changement du solvant et le temps d'extraction ;
- ✓ Etude phytochimique approfondie qui consiste à purifier, identifier et caractériser des principes actifs par des techniques chromatographiques et spectrales ;
- ✓ Evaluation de l'activité antioxydante par d'autres méthodes *in vitro* : ORAC (Oxygen Radical Absorbance Capacity) TRAP (Total Radical-Trapping Antioxidant Parameter)
- ✓ La recherche *in vitro* du pouvoir inhibiteur des extraits de la plante sur l' α -glucosidase (enzyme clé de la dégradation des hydrates de carbone) ;

- ✓ La recherche *in vivo* d'autres mécanismes d'action antidiabétique des extraits de la plante (effet sur l'absorption intestinale des glucides, stimulation de la sécrétion d'insuline...)
- ✓ Evaluation d'autres activités biologiques de cette plante, dont l'activité antimicrobienne, antifongique, antitumorale, antiinflammatoire et autres... .

Références
bibliographiques

- Aggarwal, B. B., & Kunnumakkara, A. B. (Eds.). (2009). *Molecular targets and therapeutic uses of spices: modern uses for ancient medicine*. World Scientific.
- Ağaoğlu, S., Dostbil, N., & Alemdar, S. (2006). Antimicrobial effect of seed extract of cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton). *YÜ Vet Fak Derg*, 16(2), 99-101.
- Ahmed, A. S., Ahmed, Q. U., Saxena, A. K., & Jamal, P. (2017). Evaluation of in vitro antidiabetic and antioxidant characterizations of *Elettaria cardamomum* (L.) Maton (Zingiberaceae), *Piper cubeba* L. f. (Piperaceae), and *Plumeria rubra* L. (Apocynaceae). *Pakistan journal of pharmaceutical sciences*, 30(1).
- Alam, K., Pathak, D., & Ansari, S. H. (2011). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Amomum subulatum* fruit extract. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Drug Research*, 3(1), 35-37.
- Alam, A., Majumdar, R. S., & Alam, P. (2019). Systematics evaluations of morphological traits, chemical composition, and antimicrobial properties of selected varieties of *Elettaria cardamomum* (L.) Maton. *Natural Product Communications*, 14(12), 1934578X19892688.
- Al-Yousef, H. M., Alqahtani, A. S., Hassan, W. H., Alzoubi, A., & Abdelaziz, S. (2021). Chemical Profile, In Vitro Antioxidant, Pancreatic Lipase, and Alpha-Amylase Inhibition Assays of the Aqueous Extract of *Elettaria cardamomum* L. Fruits. *Journal of Chemistry*, 2021.
- Aneja, K. R., & Joshi, R. (2009). Antimicrobial activity of *Amomum subulatum* and *Elettaria cardamomum* against dental caries causing microorganisms. *Ethnobotanical Leaflets*, 2009(7), 3.
- Anwar, F., Abbas, A., & Alkharfy, K. M. (2016). Cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton) Oils. In *Essential oils in food preservation, flavor and safety* (pp. 295-301). Academic Press.
- Ashokkumar, K., Murugan, M., Dhanya, M. K., & Warkentin, T. D. (2020). Botany, traditional uses, phytochemistry and biological activities of cardamom [*Elettaria cardamomum* (L.) Maton]—A critical review. *Journal of ethnopharmacology*, 246, 112244.
- Arvy, M. P., & Gallouin, F. (2015). *Épices, aromates et condiments*. Editions Belin.
- Bahorun, T., Gressier, B., Trotin, F., Brunet, C., Dine, T., Luyckx, M., ... & Pinkas, M. (1996). Oxygen species scavenging activity of phenolic extracts from

- hawthorn fresh plant organs and pharmaceutical preparations. *Arzneimittelforschung*, 46(11), 1086-1089.
- **Belaïch, R., & Boujraf, S. (2016).** Facteurs inflammatoires et stress oxydant chez les hémodialysés : effets et stratégies thérapeutiques. *Médecine des maladies Métaboliques*, 10(1), 38-42.
 - **Benyahia, H., (2017).** Mémoire de master en biologie. Etude phytochimique et dosage de quelques composés phénoliques des fruits d'*Elettaria cardamomum* et évaluation de son activité antioxydante. *Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen*.
 - **Bertile, B., coll, A., (2001).** Les plantes tropicales à épices Anthropologie du développement au sahel ; oxford.
 - **Bhutkar, M. A., & Bhise, S. B. (2012).** In vitro assay of alpha amylase inhibitory activity of some indigenous plants. *Int. J. Chem. Sci*, 10(1), 457-462.
 - **Bhatti, H. N., Zafar, F., & Jamal, M. A. (2010).** Evaluation of phenolic contents and antioxidant potential of methanolic extracts of green cardamom (*Elettaria cardamomum*). *Asian Journal of Chemistry*, 22(6), 4787.
 - **Bisht, V. K., Negi, J. S., Bh, A. K., & Sundriyal, R. C. (2011).** *Amomum subulatum* Roxb: Traditional, phytochemical and biological activities-An overview. *African Journal of Agricultural Research*, 6(24), 5386-5390.
 - **Burke, J. P., Williams, K., Narayan, K. V., Leibson, C., Haffner, S. M., & Stern, M. P. (2003).** A population perspective on diabetes prevention: whom should we target for preventing weight gain? *Diabetes care*, 26(7), 1999-2004.
 - **Christine Poirel. La cardamome : de l'Inde à l'officine.** Sciences pharmaceutiques. 2017. Hal-01947060f.
 - Cronquist, A. (1981). *An Integrated System of Classification of Flowering Plants*, Colombia. University Press. New York : 1753.
 - **Dali yahia, S. & Kebrit, I. (2019).** Mémoire de master en biologie. Contribution à l'étude phytochimique et de l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum*. *Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen*.
 - **Deepa, G., Ayesha, S., Nishtha, K., & Thankamani, M. (2013).** Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phytochemical compounds of Indian culinary spices. *International Food Research Journal*, 20(4), 1711.

- **Dhuley, J. N. (1999).** Anti-oxidant effects of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark and greater cardamom (*Amomum subulatum*) seeds in rats fed high fat diet.
- **El Rhaffari, L., & Zaid, A. (2002).** Pratique de la phytothérapie dans le sud-est du Maroc (Tafilalet) : Un savoir empirique pour une pharmacopée rénovée.
- **Favier, A. (2006, November).** Oxidative stress in human diseases. In *Annales pharmaceutiques francaises* (Vol. 64, No. 6, pp. 390-396).
- **Grover, J. K., Yadav, S., & Vats, V. (2002).** Medicinal plants of India with anti-diabetic potential. *Journal of ethnopharmacology*, 81(1), 81-100.
- **Hafidh, R. R., Abdulmir, A. S., Bakar, F. A., Abas, F., Jahanshiri, F., & Sekawi, Z. (2009).** Antioxidant research in Asia in the period from 2000-2008. *American Journal of Pharmacology and Toxicology*, 4(3), 56-74.
- **Handayani, W., Yunilawati, R., Fauzia, V., & Imawan, C. (2019, October).** *Coriandrum sativum* L. (apiaceae) and *Elettaria cardamomum* (L.) Maton (zingiberaceae) for antioxidant and antimicrobial protection. In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1317, No. 1, p. 012092). IOP Publishing.
- **Houessou, S. (2010).** Effets de la réduction de la diversité floristique sur la santé des populations rurales au sud de Bénin, Colloque International de Sifee, Paris., communauté Electrique du Bénin (CEB) Lomé-Togo.
- **Huang, D., Ou, B., & Prior, R. L. (2005).** The chemistry behind antioxidant capacity assays. *Journal of agricultural and food chemistry*, 53(6), 1841-1856.
- **IPGRI. 1994.** Descriptors for cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton.). IPGRI, Rome, Italy. International Plant Genetic Resources Institute 1994. ISBN 92-9043-234-9.
- **Ivanović, M., Makoter, K., & Islamčević Razboršek, M. (2021).** Comparative study of chemical composition and antioxidant activity of essential oils and crude extracts of four characteristic Zingiberaceae Herbs. *Plants*, 10(3), 501.
- **Jafri, M. A., Javed, K., & Singh, S. (2001).** Evaluation of the gastric antiulcerogenic effect of large cardamom (fruits of *Amomum subulatum* Roxb). *Journal of Ethnopharmacology*, 75(2-3), 89-94.
- **Jamal, A., Siddiqui, A., Aslam, M., Javed, K., & Jafri, M. A. (2005).** Antiulcerogenic activity of *Elettaria cardamomum* Maton. and *Amomum subulatum* Roxb. seeds.

- **Jose, S., Mathew, M. K., Anisha, C. S., Sasidharan, S., & Rao, Y. S. (2021).** Development of an ISSR based SCAR marker to identify small cardamom Malabar (prostrate panicle) variety (*Elettaria cardamomum* Maton.).
- **Khalaf, N. A., Shakya, A. K., Al-Othman, A., El-Agbar, Z., & Farah, H. (2008).** Antioxidant activity of some common plants. *Turkish Journal of Biology*, 32(1), 51-55.
- **Kheroua, N. (2019).** Etude de l'effet d'*Elettaria cardamomum* sur l'activité de l'alpha amylase. *Université Abou Bekr Belkaïd de Tlemcen*.
- **Kikuzaki, H., Kawai, Y., & Nakatani, N. (2001).** 1, 1-Diphenyl-2-picrylhydrazyl radical-scavenging active compounds from greater cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.). *Journal of nutritional science and vitaminology*, 47(2), 167-171.
- **Korikanthimathm, V. S., Prasath, D., & Rao, G. (2000).** Medicinal properties of cardamom *Elettaria cardamomum*. *Journal of Medicinal and Aromatic Plant Sciences*, 22, 683-685.
- **Kubo, I., Himejima, M., & Muroi, H. (1991).** Antimicrobial activity of flavor components of cardamom *Elettaria cardamomum* (Zingiberaceae) seed. *Journal of agricultural and food chemistry*, 39(11), 1984-1986.
- **Kumar, A., Prameela, T. P., Bhai, R. S., Siljo, A., Biju, C. N., Anandaraj, M., & Vinatzer, B. A. (2012).** Small cardamom (*Elettaria cardamomum* Maton.) and ginger (*Zingiber officinale* Roxb) bacterial wilt is caused by same strain of *Ralstonia solanacearum*: a result revealed by multilocus sequence typing (MLST). *European journal of plant pathology*, 132(4), 477-482.
- **Lamba, S. S., Buch, K. Y., Lewis III, H., & Lamba, J. (2000).** Phytochemicals as potential hypoglycemic agents. In *Studies in natural products chemistry* (Vol. 21, pp. 457-496). Elsevier.
- **Lee, S. E., Hwang, H. J., Ha, J. S., Jeong, H. S., & Kim, J. H. (2003).** Screening of medicinal plant extracts for antioxidant activity. *Life sciences*, 73(2), 167-179.
- **Lim, T. K. (2013).** *Elettaria cardamomum*. In *Edible Medicinal And Non-Medicinal Plants* (pp. 818-827). Springer, Dordrecht.
- **Magalhães, L. M., Santos, M., Segundo, M. A., Reis, S., & Lima, J. L. (2009).** Flow injection-based methods for fast screening of antioxidant capacity. *Talanta*, 77(5), 1559-1566.

- **Mata, A. T., Proença, C., Ferreira, A. R., Serralheiro, M. L. M., Nogueira, J. M. F., & Araújo, M. E. M. (2007).** Antioxidant and antiacetylcholinesterase activities of five plants used as Portuguese food spices. *Food chemistry*, 103(3), 778-786.
- **Mehrotra, N., Jadhav, K., Rawalgaonkar, S., Khan, S. A., & Parekh, B. (2019).** In vitro evaluation of selected Indian spices for α -amylase and α -glucosidase inhibitory activities and their spice-drug interactions. *Annals of Phytomedicine*, 8(2), 43-54.
- **Oyaizu, M. (1986).** Studies on products of browning reaction antioxidative activities of products of browning reaction prepared from glucosamine. *The Japanese journal of nutrition and dietetics*, 44(6), 307-315.
- **Parejo, I., Viladomat, F., Bastida, J., Rosas-Romero, A., Saavedra, G., Murcia, M. A., ... & Codina, C. (2003).** Investigation of Bolivian plant extracts for their radical scavenging activity and antioxidant activity. *Life Sciences*, 73(13), 1667-1681.
- **Ravindran, P. N., & Madhusoodanan, K. J. (Eds). (2003).** Cardamom: the genus *Elettaria*. CRC Press.
- **Rivals, P., & Mansour, A. (1974).** Sur les Cardamomes de Malabar (*Elettaria Cardamomum Maton*). Leur introduction et leur emploi pour l'aromatisation du café dans les pays arabes du Proche-Orient. *Journal d'agriculture traditionnelle et de botanique appliquée*, 21(1), 37-43.
- **Sánchez-Moreno, C., Larrauri, J. A., Saura-Calixto, F. (1998).** A procedure to measure the antiradical efficiency of polyphenols. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 76, 270-276.
- **Sánchez-Moreno, C. (2002).** Review: Methods used to evaluate the free radical scavenging activity in foods and biological systems. *Revista de Agroquímica y Tecnología de Alimentos*, 8, 121-137.
- **Sharafati-Chaleshtor, F., & Sharafati-Chaleshtori, R. (2017).** In vitro antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum Maton* extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat. *Veterinarski arhiv*, 87(3), 301-315.
- **Sharma, S., Sharma, J., & Kaur, G. (2011).** Therapeutic uses of *Elettaria cardomum*. *International Journal of Drug Formulation and Research*, 2(6), 102-108.
- **Shukla, S. H., Mistry, H. A., Patel, V. G., & Jogi, B. V. (2010).** Pharmacognostical, preliminary phytochemical studies and analgesic activity of *Amomum subulatum Roxb.* *Pharma Science Monitor*, 1(1), 90-102.

- **Simone Devaux, Jean-Marie Polèse** / Plantes aromatiques et condimentaires. Artémis – 2001. P107.
- **Sengottuvelu, S. (2011)**. Cardamom (*Elettaria cardamomum* Linn. Maton) seeds in health. In *Nuts and seeds in health and disease prevention* (pp. 285-291). Academic Press.
- **Singh, G., Kiran, S., Marimuthu, P., Isidorov, V., & Vinogorova, V. (2008)**. Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods). *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 88(2), 280-289.
- **Singh, H. (2020)**. Evaluation of Ethanolic Extract of *Elettaria cardamomum* Seed for Wound Healing and Analgesic Activity in Sprague Dawley Rats and Albino Mice. *Current Trends in Biotechnology & Pharmacy*.
- **Sudhir, R., & Mohan, V. (2002)**. Postprandial hyperglycemia in patients with type 2 diabetes mellitus. *Treatments in endocrinology*, 1(2), 105-116.
- **Tepe, B., Sokmen, M., Akpulat, H. A., & Sokmen, A. (2006)**. Screening of the antioxidant potentials of six *Salvia* species from Turkey. *Food Chemistry*, 95(2), 200-204.
- **Tiwari, A. K. (2001)**. Imbalance in antioxidant defence and human diseases: Multiple approach of natural antioxidants therapy. *Current science*, 1179-1187.
- **Urquiaga, I. N. E. S., & Leighton, F. (2000)**. Plant polyphenol antioxidants and oxidative stress. *Biological research*, 33(2), 55-64.
- **Verma, S. K., Rajeevan, V., Bordia, A., & Jain, V. (2010)**. Greater cardamom (*Amomum subulatum* Roxb.)—A cardio-adaptogen against physical stress. *J Herb Med Toxicol*, 4(2), 55-8.
- **Wild, S., Roglic, G., Green, A., Sicree, R., & King, H. (2004)**. Global prevalence of diabetes: estimates for the year 2000 and projections for 2030. *Diabetes care*, 27(5), 1047-1053.
- https://www.123rf.com/photo_52582809_green-and-unripe-cardamom-pods-in-plant-in-kerala-india-cardamom-is-the-third-most-expensive-spice-b.html .
- <https://www.goobsi.com/ingredients/organic-cardamom-seed-extract/> .
- <https://www.amazon.co.uk/Elettaria-cardamomum-Kardamom-Cardamom-Green/dp/B01C1C82TK> .

- <https://idrogen.fr/blog/qu-est-ce-que-l-hydrogene-moleculaire/qu-est-ce-que-les-radicaux-libres-ou-stress-oxydatif-oxydant-> .

Annexes

1. Articles traités sur l'activité antioxydante d'*Elettaria cardamomum*

Article 1

Journal of the Science of Food and Agriculture

J Sci Food Agric 88:280–289 (2008)

Antioxidant and antimicrobial activities of essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods)[†]


Gurdip Singh,^{1*} Shashi Kiran,¹ Palanisamy Marimuthu,¹ Valery Isidorov² and Vera Vinogorova²¹Chemistry Department, DDU Gorakhpur University, Gorakhpur 273 008, India²Institute of Chemistry, Białystok University, ul. Nurkowa 1, PL-15-283 Białystok, Poland**Abstract**

BACKGROUND: This paper describes the chemical analysis of the essential oil and various oleoresins of *Elettaria cardamomum* (seeds and pods) by gas chromatography (GC) and gas chromatography/mass spectrometry (GC/MS) techniques. It also compares the effects of the different extraction solvents used (chloroform, methanol, ethanol and diethyl ether) on the antioxidant and antimicrobial activities of the essential oil and oleoresins.

RESULTS: The essential oil was found to contain 71 compounds. The major components were *n*-terpinyl acetate (44.7%), 1,8-cineole (18.7%), *α*-terpinene (9.8%) and limonene (8.6%). The chloroform and methanol oleoresins both contained *α*-terpinyl acetate (21.8 and 23.9% respectively) as the main component, while 2-hydroxymethylfurfural (28.9%) was the most abundant compound in the ethanol oleoresin. However, very few components (total 0.61%) were found in the diethyl ether oleoresin. The antioxidant activities of the essential oil and oleoresins, studied in mustard oil by monitoring the peroxide value of the oil substrate, were comparable to those of the synthetic antioxidants butylated hydroxyanisole (BHA) and butylated hydroxytoluene (BHT) at 0.02% concentration. The essential oil exhibited strong antimicrobial activity against the micro-organisms *Staphylococcus aureus*, *Sacillus cereus*, *Escherichia coli* and *Nobrevallia typhi* at 1000 ppm by the agar well diffusion method. Antifungal activity was tested against the food-borne fungi *Aspergillus niger*, *Fusarium purpurascens*, *Fusarium graminearum* and *Penicillium rostratum*. The methanol and ethanol oleoresins gave the best results against *A. niger* at 2000 ppm by the poison food method.

CONCLUSION: This study provides important information about the chemistry and antioxidant and antimicrobial properties of *E. cardamomum*.

© 2007 Society of Chemical Industry

Keywords: *Elettaria cardamomum*; essential oil; oleoresins; antioxidant activity; antimicrobial activity

INTRODUCTION

Food materials deteriorate during processing and storage as a result of oxidative processes. These chemical reactions are often catalysed by ions of metals such as iron and copper. The process of degradation affects the lipid, protein and carbohydrate content of stored food materials.¹ In this context, various synthetic antioxidants such as *n*-octyl palmitate, butylated hydroxyanisole (BHA), butylated hydroxytoluene (BHT) and propyl gallate (PG) have been approved and are routinely used as food protection agents. However, these antioxidants suffer from the drawback that they are volatile and decompose easily at high temperature. Additionally, it is still unclear whether their long-term consumption can lead to health risks.²

Recently there has been growing interest in plant-derived food additives. Many herbs and spices commonly used to flavour foods contain phenolic compounds that are reported to show good antioxidant activity.^{3,4} Consequently, identification of alternative natural and safe sources of food antioxidants is of great interest,⁵ and the search for natural antioxidants, especially of plant origin, has increased markedly in recent years.

The seeds of cardamom (*Elettaria cardamomum*), a plant of the Zingiberaceae family, are widely used in culinary practice. Cardamom is a perennial shrub with thick, fleshy, lateral roots, which can grow to a height of about 2.5 m.⁶ For use as a cooking spice, its darker seeds are removed from the pod and ground into a powder. Cardamom is primarily cultivated in

* Correspondence to: Gurdip Singh, Chemistry Department, DDU Gorakhpur University, Gorakhpur 273 008, India. E-mail: gurdip@du.gorakhpur.edu

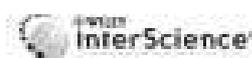
[†]This is the 40th of a series of studies on essential oils.

Contract grant sponsor: Life Sciences Research Board, DROG, New Delhi.

Received 6 March 2007; revised version received 6 July 2007; accepted 18 July 2007

Published online 18 October 2007; DOI: 10.1002/jsfa.3087

© 2007 Society of Chemical Industry, *J Sci Food Agric* 88:280–289 (2008)



 Article 2

Yeni J İlaç
32 (2024) 51-55
© TÜRKİYE

Antioxidant Activity of Some Common Plants

Norman A. BHALAF, Ashraf K. SHAWYA, Abd Al-OTTIMAN, Zoha EL-AGBAR, Hamed FARAH

Faculty of Pharmacy and Medical Sciences, Al-Miqratah University, Ar-Ramtha-19328 - JORDAN

Received: 07.03.2023

Abstract. The methanolic crude extracts of some commonly used medicinal plants were screened for their free radical scavenging properties using ascorbic acid as standard antioxidant. Free radical scavenging activity was evaluated using 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl (DPPH) free radical. The overall antioxidant activity of green tea (*Camellia sinensis* Linn.) was the strongest, followed in descending order by black tea (*Camellia sinensis* Linn.), *Eugenia caryophyllata* (Spring.) Walpole and Harnett, *Piper cubeba* Linn., *Zingiber officinale* Roscoe and *Piper nigrum* Linn. *Trigonotis foenum-graecum* Linn. and *Eleusine carolinensis* (Linn.) Moench showed weak free radical scavenging activity with the DPPH method. All the methanolic extracts exhibited antioxidant activity significantly. The IC_{50} of the methanolic extracts ranged between 6.7 ± 0.1 and 101.5 ± 8.4 μ g/ml and that of ascorbic acid was 8.8 ± 0.1 μ g/ml. The study reveals that the consumption of these spices would exert several beneficial effects by virtue of their antioxidant activity.

Key Words: *Camellia sinensis* Linn., *Zingiber officinale* Roscoe, *Trigonotis foenum-graecum* Linn., *Eugenia caryophyllata* (Spring.) Walpole and Harnett, *Piper nigrum* Linn., *Eleusine carolinensis* (Linn.) Moench, *Piper cubeba* Linn., antioxidant, DPPH, free radical scavenging activity

Baz Bitkilerin Antitoksidan Aktiviteleri

Özet. Çok yaygın kullanılan bazı bitki türlerinin metanolik ham tozları ile serbest radikal süpürme etkinlikleri standart antitoksidan olarak ascorbic acid kullanılarak değerlendirildi. Serbest radikal süpürme aktivitesi için 1,1-difenil-2-picrilhidrazil serbest radikal kullanıldı. Antitoksidan etkiyi en güçlüye göre yeşil çay (*Camellia sinensis* Linn.) değerlendirildi, diğerleri ise siyah çay (*Camellia sinensis* Linn.), *Eugenia caryophyllata* (Spring.) Walpole ve Harnett, *Piper cubeba* Linn., *Zingiber officinale* Roscoe ve *Piper nigrum* Linn. ana etkiyi en zayıf olarak gösterdi. DPPH yöntemi ile *Trigonotis foenum-graecum* Linn. ve *Eleusine carolinensis* (Linn.) Moench, en zayıf serbest radikal süpürme aktivite gösterdi. Tüm metanolik bitki türleri önemli ölçüde antitoksidan etkiyi gösterdi. Metanolik tozların IC_{50} değerleri 6.7 ± 0.1 ile 101.5 ± 8.4 μ g/ml arasında değişirken, ascorbic acid için 8.8 ± 0.1 μ g/ml bulunmuştur. Bu çalışma ile tüketilen bitkilerin serbest antitoksidan etkiyi güçlü gösterdikleri açıkça görülmüştür.

Anahtar Kelimeler: *Camellia sinensis* Linn., *Zingiber officinale* Roscoe, *Trigonotis foenum-graecum* Linn., *Eugenia caryophyllata* (Spring.) Walpole and Harnett, *Piper nigrum* Linn., *Eleusine carolinensis* (Linn.) Moench, *Piper cubeba* Linn., antitoksidan, DPPH, serbest radikal süpürme aktivite

Introduction

In response to the increased popularity and greater demand for medicinal plants, a number of conservation groups are recommending that wild medicinal plants be brought into cultivation. Ethnopharmacological surveys conducted among herbal practitioners of traditional Arab medicine in Palestine and the Middle East have revealed that a large number of indigenous plant species are being used as a source of herbal therapies.

A large number of medicinal plants and their purified constituents have shown beneficial therapeutic potentials. Various herbs and spices have been reported to exhibit

antioxidant activity, including *Coriandrum sativum*, *Piper cubeba* Linn., *Allium sativum* Linn., *Terminalia bellarica*, *Camellia sinensis* Linn., *Zingiber officinale* Roscoe and several Indian and Chinese plants. The majority of the antioxidant activity is due to the flavones, isoflavones, flavonoids, anthocyanin, coumarin lignans, catechins and lococatechins (1).

Antioxidant-based drug formulations are used for the prevention and treatment of complex diseases like atherosclerosis, stroke, diabetes, Alzheimer's disease and cancer (2).

Evaluation of Phenolic Contents and Antioxidant Potential of Methanolic Extracts of Green Cardamom (*Elettaria cardamomum*)

HAQ NAWAZ BHAATTI[†], FAWAD ZAFAR and MUHAMMAD ASGHAR JAMAL[†]

Department of Chemistry and Biochemistry, University of Agriculture, Faisalabad, Pakistan
 Fax: (92)41#200764; E-mail: hnbhatti2005@yahoo.com

Lipid peroxidation in fats and fatty foods not only deteriorates their quality, but also generates free radical and reactive oxygen species which are implicated in carcinogenesis, mutagenesis, aging and cardiovascular diseases. The present project is undertaken to measure the antioxidant potential of methanolic extracts of green cardamom (*Elettaria cardamomum*). Green cardamom showed the total phenolic contents from 0.317 ± 00 - 1.66 ± 0.05 g/100 g; total flavonoids from 11.33 ± 0.03 - 4.65 ± 0.12 g/100 g. Antioxidant activities of the extracts were determined using thiocyanate method and percentage inhibition of peroxidation was 84.2-90 %. Significant ($p < 0.05$) differences were observed in the antioxidant efficacy of green cardamom extracts within the different solvent concentration. These results showed that green cardamom can be used as a significant source of natural antioxidants.

Key Words: Antioxidant, Phenol, Green cardamom.

INTRODUCTION

Free radicals are constantly formed in the human body which can cause damage to cellular bio-molecules such as proteins, lipids, nucleic acids and carbohydrates. Excess productions of some free radicals in the organisms, particularly reactive oxygen species (ROS) and their high activity leads to oxidative stress and several diseases like ageing, cataract, autoimmune disease, inflammation, atherosclerosis, etc.¹. Antioxidants constitute a range of substances that interfere with the production of free radicals and inactivate them, thus protecting the biological systems against the deleterious effects of oxidative processes^{2,3}. Most of these substances are natural products such as carotenoids, tocopherols, ascorbates, polyphenols that contribute to the prevention and treatment of diseases caused due to oxidative stress. This protection is due to the ability of the natural antioxidants to scavenge free radicals^{4,5}. There is a growing interest in the use and measurement of antioxidant capacity in plant derived food additives. Many herbs and spices commonly used to flavour foods contain phenolic compounds that are reported to show good antioxidant activity⁶. Consequently, identification of alternative natural and safe sources of food antioxidants from plants has been identified⁷.

Mostly spices and herbs are the sources of natural antioxidants and thus play an important role in the chemoprevention of diseases and aging. Fruit of *Elettaria*

[†]Department of Chemistry, Government College University, Faisalabad, Pakistan.



Comparative evaluation of various total antioxidant capacity assays applied to phytochemical compounds of Indian culinary spices

Deepa, G., Ayesha, S., Nishtha, K. and Thankamani, M.

Department of Biotechnology and Bioinformatics, Padmasree De. D. U. Paul University,
Sector 15, CBD Belapur, Navi Mumbai, Maharashtra, India

Article history

Received: 13 October 2012
Received in revised form:
16 January 2013
Accepted: 23 January 2013

Keywords

Antioxidant activity
Bay leaf
Flavonoids
Phenolics
Cardamom
Coriander

Abstract

Spices and herbs have been added to foods since ancient times, not only as flavoring agents, but also as folk medicines and food preservatives. The purpose of this study was to evaluate the total content of polyphenols, flavonoid, tannin and their correlation to antioxidant activity of methanolic and aqueous extracts of spices. Cardamom, coriander seeds and dried bay leaves were used to prepare extracts and iron(III) reduction, 1,1-diphenyl-2-picrylhydrazyl radical-scavenging, hydrogen peroxide, superoxide and nitric oxide radical scavenging, reducing power were assayed as antioxidant capacity. Although bay leaves showed greater amount of phenols and high antioxidant activity, cardamom and coriander are also good sources of flavonoid and scavengers of free radicals. Both extracts of these spices are promising alternatives to synthetic substances as food ingredients with antioxidant activity.

© All Rights Reserved

Introduction

Oxidative stress has been widely implicated in biomedical sciences during the last 20 years. It significantly participates in the pathophysiology of highly prevalent diseases such as diabetes, hypertension, atherosclerosis, acute renal failure, Alzheimer and Parkinson diseases, among others. The metabolism of oxygen by cells generates potentially deleterious reactive oxygen species (ROS). Under normal conditions the rate and magnitude of oxidant formation is balanced by the rate of oxidant elimination. However, an imbalance between pro-oxidants and antioxidants results in oxidative stress. Increased ROS levels in the cell have a substantial impact either leading to defective cellular function, aging or disease. Antioxidants have become rather popular lately (Ramon, 2009). Spices and herbs have been added to foods since ancient times, not only as flavoring agents, but also as folk medicines and food preservatives (Milovanović *et al.*, 2009; Šarić *et al.*, 2009; Škrijar *et al.*, 2009). Presently, there is an increasing interest both in the industry and in the scientific research of spices and aromatic herbs because of their strong antioxidant properties (Kabić *et al.*, 2008).

In this study, the potential beneficial role of antioxidants in Indian spices is discussed in the light of its phytochemical content and by using free radical scavenging assays like DPPH, FRAP, SO, NO and H₂O₂. Bay leaves (*Coriandrum variale*) refer to the aromatic leaf of the bay family, Lauraceae. Fresh

or dried bay leaves are used in cooking for their distinctive flavor and fragrance. Bay leaf contains eugenol, which has anti-inflammatory, antifungal, antibacterial properties. It has also been used to treat rheumatism, anaemia, and colic (Masonmeh *et al.*, 2005).

Coriander (*Coriandrum sativum*) is an annual herb in the family Apiaceae. Coriander has been used as a folk medicine for the relief of anxiety and insomnia. Experiments in mice support its use as an anxiolytic (Singh *et al.*, 2007). Seeds are used as a drug for indigestion, against worms, rheumatism and pain in the joints. Recent studies have also demonstrated hypoglycaemic action and effects on carbohydrate metabolism (Chithra *et al.*, 2000; Craig *et al.*, 1999). Seeds of cardamom (*Elettaria cardamomum*) from family Zingiberaceae, are used as the spice ingredient in food and is very popular in Indian cuisine. Cardamom contains flavonoid like quercetin, kaempferol, luteolin and pelargonidin that are responsible for its antioxidant activity (Sultana *et al.*, 2010). Cardamom efficiently reduces blood pressure, enhances fibrinolysis without significantly altering blood lipids or fibrinogen level in stage I hypertensive individuals (Vermu *et al.*, 2009).

Although antioxidant activity has been demonstrated in spices, only a limited number of tests have been performed for its characterization. Information pertaining to phytochemicals in these spices is also scarce. Hence, the present research was designed to determine the phytochemical constituents and *in vitro* antioxidant activity of methanolic

*Corresponding author

Email: dg.deepa@rediffmail.com

Tel: Department: +91 22-27161000; Mobile: +91 9820411399

Fax: +91 22-26264176

 Article 5

VETERINARSKI ARHIV 87 (3), 301-315, 2017

***In vitro* antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat**

Farhad Sharafati-Chaleshtori¹, and Reza Sharafati-Chaleshtori^{2*}

¹Medical Plants Research Center, Shahrookard University of Medical Sciences, Shahrookard, Iran

²Research Center for Biochemistry and Nutrition in Metabolic Diseases, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran

SHARAFATI-CHALESHTORI, F., R. SHARAFATI-CHALESHTORI: *In vitro* antibacterial and antioxidant properties of *Elettaria cardamomum* Maton extract and its effects, incorporated with chitosan, on storage time of lamb meat. Vet. arhiv 87, 301-315, 2017.

ABSTRACT

In this experimental study, ethanolic extract of *Elettaria cardamomum* Maton (ECM) was prepared, the amount of phenolic compounds and antioxidant properties were measured using colorimetric methods and β -carotene bleaching assay, respectively. The effects of chitosan with a concentration of 1% and 2% (w/w) of ECM extract at refrigerated temperature (4 ± 1 °C) on the microbial quality of lamb meat was evaluated. Changes in pH level, the total count of bacteria, psychrotrophic and lactic acid bacteria, *Enterobacteriaceae*, yeast, mold counts and also the organoleptic characteristics of lamb meat in specific storage times (day zero, 1st, 3rd and 5th) were examined. The total amount of phenols of ECM ethanolic extract was 19.27 ± 0.02 mg/g Gallic acid equivalent, and antioxidant capacity was $45.7 \pm 7.5\%$. In all treated samples, a reduction in the total count of bacteria, *Enterobacteriaceae*, psychrotrophic and lactic acid bacteria, molds and yeasts were observed ($P < 0.05$). Besides, the addition of extract incorporated with chitosan to meat increased its overall acceptance rate ($P < 0.05$). It may be concluded that ethanolic extract of ECM mixed with chitosan can be used as a natural antibacterial and antioxidant coating, safe to be consumed with meat products.

Key words: chitosan, *Elettaria cardamomum* Maton, storage time, lamb meat, antioxidant activity

Introduction

Meat is one of the putrefying food materials and it has a short shelf life. The rapid microbial growth of newly refrigerated meat shortens its shelf life, reduces storage time and decreases its quality, for reasons such as the non-maintenance of the cold chain during

*Corresponding author:

Reza Sharafati-Chaleshtori, Research Center for Biochemistry and Nutrition in Metabolic Diseases, Kashan University of Medical Sciences, Kashan, Iran, Phone: +98 361 5550 021; E-mail: Sharafati.reza@gmail.com

 Article 6

ICOMSET2018

EOP Publishing

EOP Conf. Series: Journal of Physics: Conf. Series **1317** (2019) 012092 doi:10.1088/1742-6596/1317/1/012092

***Coriandrum sativum* L. (apiaceae) and *elettaria cardamomum* (L.) maton (zingiberaceae) for antioxidant and antimicrobial protection**

Winda Handayani¹, Yasman¹, Retno Yunilawati², Vivi Fauziah¹, Cuk Imawan^{3*}¹Department of Biology, FMIPA Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, Depok 16424, Indonesia²Center for Chemical and Packaging, Ministry of Industry, Jakarta, 13710³Department of Physics, FMIPA Universitas Indonesia, Kampus UI Depok, Depok, 16424, Indonesia

*cuk.imawan@sci.ui.ac.id

Abstract. Spice plants are known for their compounds that are useful in foods flavoring, food preservatives, and medicines. This due to the presence of secondary metabolic compounds in plants such as terpenoids, flavonoids, phenols, and saponins. These compounds are known to be potential to inhibit microorganism's growth causing decay in food and oxidation. The use of these sources for applications in the food sector is relatively safer and environmentally friendly than the use of antibiotics in general. This study was conducted to determine the antimicrobial and antioxidant activities from *Coriandrum sativum* L. (coriander) and *Elettaria cardamomum* (L.) Maton (cardamom). The essential oil extract from these plants was tested for phytochemical content qualitatively for terpenoid screening and by using Gas Chromatography-Mass Spectroscopy (GC/MS). Furthermore, the antioxidant activity from the oil extracts was tested by DPPH method. Meanwhile, their ability to inhibit gram-positive bacteria *Staphylococcus aureus* and Gram-negative bacteria *Escherichia coli* were tested by paper disc method. The phytochemical characterization showed a positive result of terpenoid and GC/MS result showed dominant of monoterpene compounds, such as α -pinene and β -pinene. The DPPH results revealed that the essential oils have different antioxidant and antimicrobial potential, whereas Coriander tends to have a higher antimicrobial activity, while Cardamom superior in antioxidant activity. These results will become the basis for the development of potential essential oil with the best antimicrobial activity for food active packaging materials.

1. Introduction

Aromatic plant extracts very potentially for food safety applications and food preservation [1,2,3]. These plants contain secondary metabolites which play a role in fulfilling demand in food safety. We can use active plant compound to be an alternative source to reduce synthetic chemicals that at risk of causing poisoning, carcinogenic and difficulty to degrade, resulting in pollution for the environment [3,4]. One of the roles of phytochemical compounds is their ability to inhibit microorganism's growth [4] and as antioxidant properties [5]. This activity opens the opportunity for the development of alternative natural resources material, to overcome the problem of antibiotic resistance [6].

In general, compounds with antimicrobial activity from aromatic plants, obtained by extracting the essential oils. Essential oils are compounds that are difficult to dissolve in water and have a distinctive



Content from this work may be used under the terms of the [Creative Commons Attribution 3.0 license](https://creativecommons.org/licenses/by/3.0/). Any further distribution of this work must maintain attribution to the author(s) and the title of the work, journal citation and DOI.

Published under license by EOP Publishing Ltd

Article 7



Article

Comparative Study of Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils and Crude Extracts of Four Characteristic Zingiberaceae Herbs

Milena Ivanović , Kaja Makoter and Maja Islamčević Razbošek 

Faculty of Chemistry and Chemical Engineering, University of Maribor, Smetanova ulica 17, SI-2000 Maribor, Slovenia; milena.ivanovic@upm.si (M.I.); kaja.makoter@stud.uni-mb.si (K.M.); * Correspondence: maja.islamcevic@uni-mb.si; Tel.: +386-2-22-94-437

Abstract: The ginger family (*Zingiberaceae*) includes plants that are known worldwide to have a distinctive smell and taste, which are often used as spices in the kitchen, but also in various industries (pharmaceutical, medical, and cosmetic) due to their proven biological activity. The aim of this study was to investigate and compare the chemical composition and antioxidant activity (AA) of essential oils (EOs) of four characteristic ginger species: *Elephantopus scaber* L. (Madam (cardamom)), *Curcuma longa* L. (turmeric), *Zingiber Officinale* Roscoe (ginger), and *Alpinia Officinorum* Hance (galangal). Furthermore, the total phenolic content (TPC) and AA of crude extracts obtained after using ultrasound-assisted extraction (UAE) and different extraction solvents (80% ethanol, 80% methanol and water) were evaluated. A total of 87 different chemical components were determined by GC-MS/MS in the EOs obtained after hydrodistillation, 14 of which were identified in varying amounts in all EOs. The major compounds found in cardamom, turmeric, ginger, and galangal were *n*-terpinyl acetate (40.70%), β -lactone (25.77%), *n*-zingiberone (22.69%) and 1,8-cineol (42.71%), respectively. In general, 80% ethanol was found to be the most effective extracting solvent for the bioactivities of the investigated species from the *Zingiberaceae* family. Among the crude extracts, ethanolic extract of galangal showed the highest TPC value (63.01 ± 1.06 mg GA g⁻¹ DW), while the lowest TPC content was found in cardamom water extract (1.04 ± 0.29 mg GA g⁻¹ DW). The AA evaluated by two different assays (ferriic-reducing antioxidant power-FRAP and the scavenging activity of the cationic ABTS radical) proved that galangal rhizome is the plant with the highest antioxidant potential. In addition, no statistical difference was found between the AA of turmeric and ginger extracts, while cardamom rhizome was again inferior. In contrast to the crude extracts, the EOs resulted in significantly lower ABTS and FRAP values, with turmeric EO showing the highest AA.

Keywords: *Zingiberaceae* family; cardamom; turmeric; galangal; ginger; essential oils; GC-MS/MS; antioxidant activity



Citation: Ivanović, M.; Makoter, K.; Islamčević Razbošek, M. Comparative Study of Chemical Composition and Antioxidant Activity of Essential Oils and Crude Extracts of Four Characteristic *Zingiberaceae* Herbs. *Plants* **2021**, *10*, 591. <https://doi.org/10.3390/plants10050591>

Academic Editor: Jodie Johnstone

Received: 18 February 2021

Accepted: 3 March 2021

Published: 8 March 2021

Publisher's Note: MDPI stays neutral with regard to jurisdictional claims in published maps and institutional affiliations.



Copyright: © 2021 by the authors. Licensee MDPI, Basel, Switzerland. This article is an open access article distributed under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

1. Introduction

The ginger family (*Zingiberaceae*) consists of 53 genera and about 1300 different species, mainly distributed in South and South-East Asia [1]. Many herbs from this family have found applications in various industries (food, cosmetics, perfumery, pharmacy, etc.) due to their characteristic organoleptic properties (color, taste, odor) and their diverse chemical composition [2]. Indeed, *Zingiberaceae* species are a rich source of various phytochemicals, from alkaloids, carbohydrates, proteins, phenolic acids, flavonoids, and diarylpropanoids [3,4]. In addition, ginger plants are frequently used for the production of essential oils (EOs), which are typically rich in monoterpenes and sesquiterpenes [3,5]. Besides their well-known use in cosmetics, cleaning products, perfumes, and aromatherapy, EOs also serve as natural preservatives due to their proven antimicrobial and antifungal properties [6–8]. However, a thorough evaluation of the chemical profile of EOs is of

 Article 2

Hindawi
Journal of Chemistry
Volume 2021, Article ID 5564003, 10 pages
<https://doi.org/10.1155/2021/5564003>



Research Article

Chemical Profile, *In Vitro* Antioxidant, Pancreatic Lipase, and Alpha-Amylase Inhibition Assays of the Aqueous Extract of *Eleutheria cardamomum* L. Fruits

Hanan M. Al-Yousef ¹, Ali S. Alqahtani ¹, Wafaa H. B. Hassan ², Atraa Alzoubi ¹, and Sahar Abdelaziz ²

¹Department of Pharmacology, College of Pharmacy, King Saud University, P.O. Box 2657, Riyadh 11441, Saudi Arabia

²Department of Pharmacology, Faculty of Pharmacy, Zagazig University, Zagazig 44513, Egypt

Correspondence should be addressed to Sahar Abdelaziz; sah_abdelaziz@zu.edu.eg

Received 24 February 2021; Revised 14 May 2021; Accepted 20 May 2021; Published 29 May 2021

Academic Editor: Ines-Marie Nègrele

Copyright © 2021 Hanan M. Al-Yousef et al. This is an open access article distributed under the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Phytochemical and pharmacological investigations of *Eleutheria cardamomum* L. were mainly focused on its essential oil and organic crude extracts with little attention on its aqueous extracts. Therefore, the current study aimed to investigate the phytochemical profile, *in vitro* antioxidant, and antidiabetic activities of the aqueous extract of *Eleutheria cardamomum* L. family Zingiberaceae. UPLC-ESI-MS/MS analysis is used for the aqueous extract characterization in both ionization modes. The analysis revealed the tentative identification of forty-seven compounds based on their MS/MS fragmentation pattern and comparison with the reported data. The identified compounds include eight flavones, thirteen phenolic and rosetonolonic acids, one coumarin, and numerous anthocyanins. Moreover, the *in vitro* antioxidant and antidiabetic activities were also studied. The results showed that *E. cardamomum* L. aqueous extract inhibits pancreatic lipase and α -amylase enzyme in a concentration-dependent manner, as 1 mg/mL extract was able to inhibit pancreatic lipase and α -amylase by $62.25\% \pm 0.30$ ($IC_{50} = 298.75 \pm 1.3$ μ g/mL) and $70.42\% \pm 1.5$ ($IC_{50} = 126.5 \pm 1.3$ μ g/mL), respectively. Conclusively, the current study indicated that the investigated biological activities of *Eleutheria cardamomum* aqueous extract were attributed to the existence of biologically active metabolites such as flavones, phenolic and rosetonolonic acids, coumarins, and anthocyanins. Moreover, it proposed that the aqueous cardamom extract can be used as a natural potential source in different pharmaceutical preparations to protect against variable chronic disorders, especially obesity and diabetes. Deeper *in vivo* investigations, isolation, purification, and structural elucidation of the major active metabolites from cardamom are recommended.

1. Introduction

Plants and their secondary metabolites have played a crucial and important role in the human's life particularly those which are used in traditional medicine or as food due to their healing and nutritional properties [1]. Spices are often used as food additives and considered a promising source for finding newer digestive enzyme inhibitors that do not have the same side effects as synthetic ones [2, 3].

Spices are well known to improve gastric function by increasing salivary flow and gastric juice secretion and help in digestion [3]. *Eleutheria cardamomum* L. is a member of the

family Zingiberaceae. It is known as “Queen of Spices” and considered as the second essential “national spice” of India [4]. Traditionally, cardamom is used to treat different disorders, such as pain, infections, asthma, cataracts, and cardiac, digestive, and kidney diseases. It also has antidiabetic, anti-inflammatory, antioxidant, and anticarcinogenic effects [5, 6].

Most of the previous biological investigations focused on cardamom volatile oil [7] which has valuable constituents such as terpenes, esters, and flavonoids. The major constituents of cardamom volatile oil are 1,8-cineole (36.3%) and α -terpinyl acetate (21.9%). It was also reported that organic

Résumé

Ce travail s'inscrit dans le cadre de l'analyse et le traitement des articles et des recherches réalisées sur deux activités biologiques : l'activité antioxydante et l'activité inhibitrice de l'alpha amylase de la plante médicinale *Elettaria cardamomum* de la famille des zingibéracées originaire de l'Asie du sud. Les résultats des différents travaux montrent que la cardamome révèle une bonne source d'antioxydants y compris les phénoliques et les flavonoïdes présentant donc une activité antioxydante élevée. Les chercheurs ont conclu que l'utilisation de la cardamome dans l'alimentation non seulement donne de la saveur aux aliments, mais aussi réduit les risques d'oxydation. L'ensemble des expériences ont rapporté que les constituants phénoliques de la cardamome sont responsables de l'inhibition des enzymes glucosidases (α -amylase). Ainsi, ces études donnent des nouvelles idées sur l'utilisation de la cardamome dans les futures stratégies de la gestion de la glycémie.

Mots clé : *Elettaria cardamomum*, activité antioxydante, activité inhibitrice de l'alpha amylase, constituants phénoliques.

Abstract

This work is part of the analysis and processing of articles and research conducted on two biological activities (antioxidant activity and inhibitory activity of alpha amylase) of the medicinal plant *Elettaria cardamomum*. The latter belongs to the family Zingiberaceae native of South Asia. The results of the different research have shown that cardamom reveals a good source of antioxidants including phenolics and flavonoids with high antioxidant activity. The researchers concluded that the use of cardamom in food not only gives flavor to food, but also reduces the risk of oxidation. All the experiments reported that the phenolic constituents of cardamom are responsible for the inhibition of glucosidase enzymes (α -amylase). Thus, these studies provide new insights into the use of cardamom in future blood glucose management strategies.

Keywords: *Elettaria cardamomum*, antioxidant activity, alpha amylase inhibitory activity, phenolic constituents.

ملخص

يعد هذا العمل جزءاً من تحليل ومعالجة المقالات والبحوث التي أجريت على نشاطين بيولوجيين: النشاط المضاد للأكسدة والنشاط المثبط لألفا أميليز من النبات الطبي *Elettaria Cardamomum* لعائلة Zingiberaceae الأصلية في جنوب آسيا. تظهر نتائج البحوث المختلفة أن الهيل يكشف عن مصدر جيد لمضادات الأكسدة بما في ذلك الفينولات والفلافونويدات وبالتالي يظهر نشاطاً عالياً مضاداً للأكسدة. خلص الباحثون إلى أن استخدام الهيل في الطعام لا يضيف نكهة للطعام فحسب، بل يقلل أيضاً من خطر الأكسدة. ذكرت جميع التجارب أن المكونات الفينولية للهيل مسؤولة عن تثبيط إنزيمات الجلوكوزيداز (ألفا أميليز). وبالتالي، توفر هذه الدراسات رؤى جديدة حول استخدام الهيل في الاستراتيجيات المستقبلية لمعالجة نسبة السكر في الدم.

الكلمات المفتاحية: *Elettaria cardamomum*، نشاط مضاد للأكسدة، نشاط مثبط لـ ألفا أميليز، مكونات الفينول.