

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE



MEMOIRE

Présenté à l'Université Mouloud MAMMARI de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences Alimentaires
Spécialité : Agro-alimentaire et contrôle de qualité

Thème

*Etude de l'activité antioxydante et dosage des composés
phénoliques des extraits d'épices et du thé vert.*

Présenté par

Amrane Kenza & Dib Lina

Devant le jury :

Président : M^r Sadoudi R.

Maître de conférences A à l'UMMTO.

Promoteur : M^r Amir Y.

Professeur à l'UMMTO.

Examineurs : M^{me} Remane Benmallem Y.

Maître assistante A à l'UMMTO.

Année universitaire : 2020/2021

Remerciements

Avant tout, nous remercions DIEU tout puissant de nous avoir aidé et donné la santé, le courage, la volonté et la patience de réaliser ce travail.

Au terme de ce travail, nous tenons à adresser l'expression de nos vifs remerciements à toutes les personnes qui nous ont aidé et collaboré de près ou de loin à la réalisation de ce travail.

Nos sincères remerciements à Mr AMIR Y. pour avoir proposé le sujet et accepter de nous encadrer et orienter tout au long de notre travail avec ses judicieux conseils et sa constante disponibilité, c'est grâce à sa compétence et indulgence que ce travail a pu être réalisé.

Nous remercions aussi Mr Sadoudi R. d'avoir accepté la présidence du jury de notre travail.

Nous tenons à exprimer aussi nos remerciements à M^{me} Remane Benmallam Y. pour avoir accepté de juger ce travail.

DEDICACES

Nous avons l'honneur de dédier ce modeste travail

A nos parents

A nos familles

Et à nos amis

Lina ET Kenza

Résumé :

L'objectif de ce travail est basé sur l'étude qualitative et quantitative des composés phénoliques et de l'activité antioxydante de quelques épices (*Curcuma longa*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*) et le thé vert (*Camellia sinensis*) à partir des quelles nos extraits ont été obtenus par décoction avec un solvant d'extraction qui est l'eau distillée.

Les tests qualitatifs ou les tests phytochimiques ont été réalisés par des réactions de caractérisation fondées sur des phénomènes de coloration ou de précipitation et d'observation. Et pour les dosages quantitatifs ont été réalisée par les méthodes de Folin-ciocalteu pour le dosage des polyphénols totaux et le chlorure ferrique pour le dosage des tannins totaux. L'activité antioxydant a été faite par la méthode FRAP : le pouvoir réducteur du fer.

Concernant les résultats obtenus, nous avons noté un rendement élevé pour l'extrait *Camellia sinensis* de 35%, en revanche 28% pour *Cinnamomum verum*, 20% pour *Syzygium aromaticum*, et 8% pour l'extrait de *Curcuma longa*. Les tests phyto-chimiques effectués révèlent la présence des polyphénols totaux, les flavonoïdes et les tannins hydrolysables dans tous les extraits. Le dosage des polyphénols totaux a montré que l'extrait *Syzygium aromaticum* présente un taux élevé soit 995,37 µg E.A.G/mg ES. L'extrait *Cinnamomum verum* marque une teneur très importante de l'ordre de 678,05 (µg E.A.G/mg ES) en tannins totaux, et nous avons enregistré une capacité de réduction du fer intéressante pour tous nos extraits, particulièrement avec l'extrait de *Camellia sinensis*.

Après l'analyse de nos résultats, nous avons déduit que nos extraits sont riches en métabolites secondaires (composés phénoliques), d'où ces extraits peuvent être exploités comme source d'antioxydants qui interviennent de manière significative dans la prévention des maladies et le développement de nouvelles molécules naturelles à base de ces principes actifs.

Mots clés : antioxydant, composés phénoliques, tannins, FRAP, stress oxydatif.

Abstract

The aim of this investigation is based on the qualitative and quantitative studies of phenolic compounds and antioxidant activity of some spices (*Curcuma longa*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*) and green tea (*Camellia sinensis*) from which our extracts were obtained by decoction with an extraction solvent that is distilled water.

The qualitative tests or phytochemical tests were carried out by characterisation reactions based on colouring or precipitation phenomena and observation, and for the quantitative essays were carried out by the Folin-Ciocalteu method for the determination of total polyphenols and ferric chloride for the determination of total tannins. The antioxidant activity was done by FRAP method : the reducing power of iron.

The obtained results displayed a high yield for the *Camellia sinensis* extract of 35%, *Cinnamomum verum* 28%, *Syzygium aromaticum* 20 %, *Curcuma longa* 8%. The carried out phytochemical tests revealed the presence of total polyphenols, flavonoids and hydrolysable tannins in all extracts. The determination of total polyphenols showed that the *Syzygium aromaticum* extract had a high level of 995.37 µg G.A.E/mg ES. The *Cinnamomum verum* extract showed a very high content of 678.05 µg G.A.E/mg ES in total tannins, and we recorded an interesting iron reduction capacity for all our extracts, particularly with the *Camellia sinensis* extract.

After analysis of our results, we deduced that our extracts are rich in secondary metabolites (phenolic compounds), hence those extracts can be exploited as a source of antioxidants that are significantly involved in disease prevention and the development of new natural molecules based on these active ingredients.

Key words : antioxidant, phenolic compounds, tannins, FRAP, oxidative stress.

Sommaire

Liste des abréviations

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction générale 01

Partie bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les épices et thé vert

1. <i>Curcuma longa</i>	03
1.1. Composition chimique	03
1.2. Utilisation	03
1.3. Activité biologique	04
1.4. Effets indésirables du <i>Curcuma longa</i>	05
2. <i>Syzygium aromaticum</i>	05
2.1. Composition chimique	06
2.2. Utilisation	06
2.3. Activité biologique	06
2.4. Effets indésirables du <i>Syzygium aromaticum</i>	07
3. <i>Cinnamomum verum</i>	07
3.1. Composition chimique	08
3.2. Utilisation	08
3.3. Activité biologique	08
3.4. Effets indésirables du <i>Cinnamomum verum</i>	09
4. <i>Camellia sinensis</i>	09
4.1. Composition chimique	10
4.2. Utilisation	10
4.3. Activité biologique	11
4.4. Effets indésirables du <i>Camellia sinensis</i>	11

Chapitre II : Notion de stress oxydatif et de l'activité antioxydante

1. Stress oxydatif	12
1.1. Définition	12
1.2. Origine du stress oxydatif	12
1.3. Radicaux libres	13
1.4. Origine des radicaux libres	14
1.5. Rôle biologique des radicaux libres	14
1.6. Effets du stress oxydatif sur l'organisme	14
2. Antioxydant et activité antioxydante	15
2.1. Définition	15
2.2. Classification des antioxydants	16

2.2.1. Selon leurs mécanismes d'action	16
2.2.2. Selon leurs natures chimiques	17
2.2.2.1. Les antioxydants naturels	17
2.2.2.2. Les antioxydants synthétiques	19
2.3. Les effets des antioxydants sur la santé.....	20

Chapitre III : les métabolites secondaires

3.1. Les acides phénoliques	21
3.2. Les flavonoïdes	21
3.3. Les tanins	22

Partie expérimentale

1. Matériel végétal	23
2. Tests phytochimique	23
2.1. Recherche de composés polyphénols	23
2.2. Recherche des flavonoïdes	23
2.3. Recherche des tanins	25
2.3.1. Tanins condensés.....	25
2.3.2. Tanins hydrolysables	25
3. Tests quantitatifs	25
3.1. Préparation des extraits aqueux	25
3.2. Rendement de l'extraction.....	25
3.3. Dosage des polyphénols totaux.....	26
3.4. Dosage de tanins totaux.....	27
3.5. Le pouvoir réducteur du fer (FRAP)	27

Résultats et Discussion	29
--------------------------------------	----

Conclusion générale	39
----------------------------------	----

Références bibliographiques

Annexes

Liste des abréviations

°C : Degré Celsius

µg E.A.G./mg ES : Microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme de matière sèche

µg E.C/mg ES : Microgramme équivalent de catéchine par milligramme de matière sèche

µg/ml : Microgramme par millilitre

¹O₂ : Oxygène singlet

cm : Centimètre

Da : Dalton

ERA : Espèce réactive de l'azote

ERO : Espèce réactive de l'oxygène

FRAP : Pouvoir réducteur du fer

g : Gramme

h : Heure

H₂O₂^{*} : Peroxyde d'hydrogène

HE : Huile essentielle

m : Mètre

mg : Milligramme

min : Minute

ml : Millilitre

nm : Nanomètre

NO^{*} : Monoxyde d'azote

O₂⁻ : Anion superoxyde

O₂ : Oxygène

OH^{*} : Radical hydroxyle

ONOO^{*} : Péroxynitrite

ROO^{*} : Radical peroxyde

ROOH : Hydroperoxydes organiques

S : Seconde

UV : Ultra-violet

Liste des tableaux

Tableau I : Résultats des tests phytochimiques réalisés sur la poudre de *Curcuma longa*, *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum* et *Camellia sinensis*.....29

Liste des figures

Figure 01 : Balance radicaux libres/antioxydants 12

Figure 02 : Recherche des polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins dans les poudres végétales 24

Figure 03 : Extrait brut de *Cinnamomum Verum* obtenu 31

Figure 04 : Rendements des extraits bruts 31

Figure 05 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique..... 33

Figure 06 : Histogramme des teneurs en polyphénols totaux dans les extraits de *Curcum longa*, *Cinnamomum verum*, *Camellia sinensis*, et *Syzygium aromaticum* en ($\mu\text{g E.A.G./mg ES}$) ... 33

Figure 07 : Courbe d'étalonnage de la catéchine 35

Figure 08 : Histogramme des teneurs en tanins totaux dans les extraits de *Curcum longa*, *Cinnamomum verum*, *Camellia sinensis*, et *Syzygium aromaticum* en ($\mu\text{g E.C./mg ES}$) 35

Figure 09 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Curcuma longa*..... 36

Figure 10 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum*..... 36

Figure 11 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Cinnamomum verum*..... 37

Figure 12 : Pouvoir réducteur des extraits aqueux de *Camellia sinensis*. 37

Introduction

INTRODUCTION GENERALE

Depuis l'aube de l'humanité, les plantes permettent à l'homme non seulement de se nourrir, se vêtir, se loger, se chauffer, se parfumer... mais aussi de maintenir son équilibre, soulager ses souffrances, préserver et soigner les maladies qui nuisent à sa santé (OUIS, 2015). Parmi ces plantes on parle sur les plantes aromatiques d'où ces dernières constituent une source naturelle potentielle de molécules bioactives, elles font l'objet d'études scientifiques rigoureuses pour leur éventuelle utilisation comme alternative aux médicaments. Les effets thérapeutiques de ces plantes dépendent de la présence d'agents bioactifs variés. Pour cela on s'intéresse à l'étude de quelques plantes aromatiques et médicinales tels que : les épices (*Curcuma longa*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*) et le thé vert (*Camellia sinensis*).

En effet, ces types de plantes représentent une source inépuisable de remèdes traditionnels et efficaces grâce aux principes actifs qu'elles contiennent : alcaloïdes, flavonoïdes, hétérosides, saponosides, quinones, vitamines, ... et huiles essentielles. Elles sont utilisées dans différents domaines, en cuisine, comme conservateur, colorant et arômes, mais aussi en médecine. Elles peuvent provenir de différentes parties de la plante, de rhizome (exemple du *Curcuma longa*), des écorces (*Cinnamomum verum*), des graines (*Coriandrum sativum*), des fleurs (*Syzygium aromaticum*) et des feuilles (*Camellia sinensis*).

En revanche, le monde scientifique est envahi par un nouveau concept, celui du « stress oxydant », une situation où la cellule ne contrôle plus la quantité de radicaux libres qu'elle produit, entraînant ainsi la plupart des maladies telles que les maladies cardiovasculaires, neurodégénératives et le cancer (PINCEMAIL et al., 2002). Pour cela les chercheurs s'intéressent aux métabolites secondaires de ces plantes qui sont largement utilisées en thérapeutique comme agents préventifs anti-inflammatoires, antimicrobiens, antiseptiques, antioxydants, diurétiques qui défendent contre le stress oxydatif.

L'étude de l'activité antioxydante des plantes est aujourd'hui devenue importante, car on peut retrouver dans les végétaux de puissants antioxydants afin de permettre de protéger notre santé et même guérir ces différentes maladies ainsi que pour lutter contre le problème des radicaux libres avec des sources naturelles.

D'autre part, l'alimentation joue un rôle très important dans l'apport en antioxydants exogènes qui vont soutenir l'effet des antioxydants endogènes. Parmi les antioxydants apportés par les végétaux, on y retrouve notamment les polyphénols (acides phénoliques, flavonoïdes,

INTRODUCTION GENERALE

lignanés, tannins, stilbènes), les vitamines (vitamine A, vitamine C, vitamine E) ainsi que les oligoéléments (cuivre, manganèse, zinc).

Dans ce contexte, s'inscrit le présent travail de fin d'étude, dont le but principale est d'évaluer les composés phénoliques et d'évaluer l'activité antioxydant des différents extraits : *Curcuma longa*, *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum*, *Camellia sinensis*.

Notre travail est scindé comme suit :

La première partie est consacrée pour les données bibliographiques qui contient trois chapitres dont :

- Le premier chapitre englobe les généralités sur les épices et thé vert (aspect botanique, composition chimique et intérêts sur la santé...).
- Le deuxième chapitre résume des notions sur le stress oxydatif et l'activité antioxydante.
- Le troisième chapitre décrit les principaux métabolites secondaires sécrétés par les végétaux.

La deuxième partie concerne la partie expérimentale qui comporte les points suivants :

- Le matériel végétal traité.
- Etude qualitative ou détection des composés phénoliques totaux, flavonoïdes, tannins hydrolysables et tannins condensés (tests phytochimiques).
- Préparation des extraits.
- Dosage des polyphénols totaux et les tannins totaux.
- Etude de l'activité antioxydant par la méthode de réduction de fer (FRAP).

Qui seront ensuite suivi d'une partie intitulé résultats et discussions et une conclusion finale.

Partie bibliographique

Chapitre I

Généralités sur les épices et thé vert

I.1. le Curcuma « *Curcuma Longa* »

Le *Curcuma longa* L. appartient au règne végétal, angiosperme, monocotylédone, famille des Zingiberaceae, genre Curcuma. La partie utilisée est le rhizome qui doit être récolté 7 à 8 mois après la plantation, quand il commence à sécher.

Le *Curcuma longa* L. est une plante persistante qui peut mesurer de 60 à 100 cm de hauteur. Le rhizome se compose de plusieurs parties. Le rhizome commercialisé est le rhizome primaire, il est ovale, oblong, piriforme et communément appelé « ampoule » ou curcuma « rond ». Les rhizomes secondaires sont plus cylindriques, mesurent 4 à 7 cm de long pour 1 à 1,5 cm de large et sont appelés « doigts ». Ils sont de couleur jaunâtre à brun-jaunâtre à l'extérieur et jaune ou jaune orange à l'intérieur. Leur odeur est aromatique, leur goût chaud et légèrement amer.

Les pays producteurs de curcuma sont nombreux et géographiquement répartis dans le Sud-Ouest de l'Asie, on peut citer la Chine, la Thaïlande et le Cambodge mais le plus grand producteur est l'Inde avec quasiment 1 400 000 tonnes produites en 2012.

I.1.1. Compositions chimiques

La teneur en curcumine d'un rhizome est très faible. En effet, bien que le parenchyme et la moelle soient les parties les plus riches en curcumine, on y retrouve une grande quantité de grains d'amidon, un panel très large de composants chimiques dont certains sont des analogues directs de la curcumine, et enfin, la curcumine elle-même, qui ne représente que 1,11 % de cet ensemble.

I.1.2. Utilisations

Le curcuma est utilisé sous différentes formes brutes ou produits d'extraction.

Concernant les effets métaboliques, l'huile essentielle de curcuma administrée en régime alimentaire avec de l'oléorésine de curcuma est capable de réduire la prise de poids ventrale et de réguler l'hyperglycémie chez une souris génétiquement modifiée pour exprimer un diabète de type 2. Ces extraits sont capables d'activer l'expression de gènes codant pour des enzymes de la glycolyse, de la β -oxydation des acides gras et du métabolisme du cholestérol au niveau du foie. Ils sont également de réprimer les gènes codant pour les enzymes de la néoglucogenèse hépatique (HONDA S. et al., 2006).

L'huile essentielle de curcuma possède également des propriétés préventives de cancers. Ces propriétés sont médiées par une activité anti-inflammatoire et antioxydante démontrée par des études scientifiques (XIA G. et al., 2015).

- Dans un domaine de santé différent, la prévention de la piqûre de moustique, l'huile essentielle de curcuma est utilisée, en association avec l'huile de citronnelle, pour augmenter l'effet répulsif de lotions anti-moustiques. Cet effet dure environ 5 h pour ces associations de produits naturels contre 7,5 h pour un rappel de synthèse (DAS N. G. et al., 2015).
- Dans le domaine agricole, l'huile essentielle de curcuma est utilisée pour lutter contre les proliférations fongiques des denrées (DHINGRA O. D. et al., 2007).
- Utilisation en industrie, le curcuma est utilisé, pour sa couleur jaune foncée, en tant que colorant alimentaire au même titre que 2 autres épices naturelles que sont le safran et le paprika. Cette couleur très caractéristique du curcuma est due à un groupe de pigments naturels que l'on appelle « curcuminoïdes ».
- Utilisation en pharmacologie, le curcuma est décrit comme possédant un très large spectre d'actions dans plusieurs domaines: utilisations traditionnelles ou études scientifiques actuelles. En médecine traditionnelle, le curcuma peut être utilisé pour traiter les affections hépatiques, les helminthiases, l'éléphantiasis et autres parasitoses, les ulcères gastriques ou cutanés, l'eczéma, les maladies inflammatoires, les hémopathies, les vertiges et les gonorrhées, etc... En 2003, Duke a fait une liste exhaustive des utilisations du curcuma dont les activités ont été validées par des essais pharmacologiques ou même cliniques, on en compte 114.

I.1.3. Activités biologiques

Le curcuma fait l'objet de très nombreuses recherches et grâce à ses différents bénéfices pour la santé, en présence de plusieurs substances chimiques qui le constitue et qui lui procure différentes propriétés biologiques :

- Propriété antioxydante, des dizaines de recherches de laboratoire ont aussi démontré que la curcumine, le principal ingrédient actif du curcuma, possède effectivement une activité anticancer, d'ailleurs les pays qui consomment plus de curcuma sont moins atteints du cancer de colon. Il a été démontré que la curcumine est dix fois plus antioxydante que la vitamine E (AGGARWAL et al., 2006).

- Propriété anti-inflammatoire, si le curcuma ne soulage pas les douleurs, son action anti-inflammatoire le rend néanmoins efficace en cas d'arthrite et autres affections inflammatoires comme l'asthme et l'eczéma (Larousse, 2001).
- Propriété stimulante, il est utilisé pour traiter la faiblesse et l'épuisement.

I.1.4. Effets indésirables du « *Curcuma longa* »

Les effets indésirables rapportés cliniquement sont limités et réduits à des désordres gastrointestinaux de type nausées et diarrhées, ce qui peut être minimisé par la consommation de curcumine au moment des repas. Le curcuma peut provoquer des problèmes d'estomac, surtout à haute dose ou s'il est pris sur une longue période. Des brûlures d'estomac ont été rapportées chez les patients traités pour des ulcères gastriques.

I.2. Le clou de girofle « *Syzygium aromaticum* »

Le clou de girofle provient d'une plante appelée giroflier, ce dernier est un arbre originaire des îles Moluques en Indonésie, de la famille des Myrtaceae. C'est une espèce caractéristique des régions de basses altitudes (0-300 m) au climat tropical humide sans saison sèche marquée (Maistre, 1964). Chaque bouton floral de cette plante est un clou de girofle. Le moment de la récolte est très important car cueillis trop tôt les clous n'auront pas synthétisé la totalité de leurs composants, et cueillis trop tard ils perdront leurs pétales. Concernant sa période de récolte est différente selon les zones de production, par exemple à Madagascar les clous sont récoltés d'octobre à janvier.

Le giroflier est fleuri deux fois par an (AMIT et PARUL, 2011). Le moment le plus favorable à la récolte des boutons floraux, ou clous de girofle est avant l'épanouissement de la corolle (GHEDIRA et al., 2010), quand ils commencent à prendre une teinte rosée. Les clous de girofle sont mis ensuite à sécher sur des claies au soleil ou à feu doux. Au cours du séchage, les clous perdent 67 à 72% d'eau (BENZEGGOUTA, 2015).

I.2.1. Compositions chimiques

Le clou de girofle est très riche en substances bioactive telle que :

- L'huile essentielle (20%) : HE contenant d'eugénol (85-95% de l'huile de clou de girofle), acétate d'eugénol (5 à 10%), alpha- et bêta caryophyllène (5 à 12%) et un dérivé cétonique (GHEDIRA et al., 2010 ; PAUL et FERDINAND, 2005).
- Autres constituants : flavonoïdes (environ 0,4%), tannins (environ 12%), acide phénolique, stérols, tri terpène et des chromos (MAX et ROBERT, 2003).

I.2.2. Utilisations

Le Clou de girofle (*Syzygium aromaticum*) est l'épice la plus utilisée pendant plusieurs siècles en conservation des aliments et est utilisé comme une épice très prisée pour parfumer les viandes, vins chauds, et pains d'épices et voir même en médecine (KATHE, 2007). Et grâce à son composant phénolique comme eugénol, acétate d'eugénol et acide gallique il est utilisé en pharmacie et cosmétologie (DIEGO FRANCISCO et al., 2014).

En médecine traditionnelle, les clous de girofle étaient utilisés en usage externe contre le rhumatisme, les myalgies (douleurs musculaires), anesthésiant local dans les soins des plaies (BENZEGGOUTA, 2015), soigner l'acné (KATHE, 2007), utilisé par voie locale comme antalgique dans les affections de la cavité et/ou du pharynx et antalgique (douleurs dentaires). Par voie orale les clous de girofle sont utilisés dans le traitement de bronchite, des troubles digestifs et calmer les maux d'estomac, le vomissement, la fièvre (UGWU et al., 2017) et la diarrhée. Il serait aussi efficace dans le traitement de l'hyperglycémie (GHEDIRA et al., 2010).

I.2.3. Activité biologique

Sa richesse en métabolites secondaires lui confère plusieurs effets biologiques dont :

- Les activités anti-inflammatoires.
- Antimicrobiennes.
- Anticancéreux (GHEDIRA et al., 2010).
- Antioxydants.
- Activité cytotoxique (DIEGO FRANCISCO et al., 2014).

- Antiparasite (YASHAB K et al., 2014).
- Propriété anesthésique, analgésique (PULIKOTTIL et NATH, 2015), antiseptique (SARMISTHA et al., 2006), Stimulus et diurétique (AMIT et PARUL, 2011).

I.2.4. Effets indésirables du « *Syzygium aromaticum* »

L'usage abusif du clou de girofle peut devenir toxique (100g de clous de girofle en une fois est mentionné toxique) (KECEMI, 2017).

L'utilisation de l'huile essentielle de girofle sous forme concentrée, irrite les tissus, aussi une réaction allergique est signalée chez les sujets exposés régulièrement aux fleurs du giroflier ou ayant au préalable une dermatite au niveau de l'extrémité des doigts. L'huile essentielle doit être évitée pendant la grossesse et chez l'enfant de moins de 6 ans (GOETZ et GHEDIRA, 2012).

I.3. La Cannelle « *Cinnamomum verum* »

Le mot cannelle viendrait du latin canna signifiant roseau ou tuyau, du fait de la forme sous laquelle on la recevait d'Extrême-Orient.

Connue depuis l'Antiquité, la cannelle est une épice aromatique provenant de l'écorce interne du cannelier.

La cannelle est originaire de Ceylan ou actuellement le Sri Lanka et des côtes de Malabar de l'Inde. On trouve actuellement «les jardins de cannelle» principalement sur la partie méridionale de l'île : sur les basses terres aux alentours de Galle, de Matara et de Colombo. Le Sri Lanka est premier exportateur de la véritable cannelle au niveau quantitatif et qualitatif.

Le cannelier de Ceylan est un arbre d'une dizaine de mètres de haut (VERNON F. et RICHARD H., 1976) et peut atteindre 20m (LEUNG ALBERT Y., 1980), La première récolte est possible au bout de cinq ans, ensuite elle se fait tous les deux ans à la saison des pluies lorsque l'écorce est gorgée de sève (VERNON et RICHARD, 1976). L'écorce est détachée des jeunes pousses ou des branches, par incision, découpée en lanières de 30 cm de long, qui sont mis à sécher puis grattée pour en séparer le liège. Elle se présente sous forme de tuyaux emboîtés les uns dans les autres (RICHARD et LOO, 1992).

Sur le marché des épices, la cannelle peut se présenter en tuyaux entiers (épiderme gratté de l'écorce interne), en tuyaux brisés, en morceaux, en copeaux ou en poudre.

I.3.1. Compositions chimiques

La connaissance de la composition, présente un intérêt important : compte tenu de la forte demande des pays industrialisés en cannelle.

L'écorce contient des tanins, résines, mucilage, gomme, sucres, oxalate de calcium, peu de coumarine (LEUNG ALBERT, 1980), de l'amidon, des diterpènes polycycliques, des oligomères proanthocyanidoliques et des huiles volatiles.

I.3.2. Utilisations

La cannelle est une épice connue et reconnue pour agrémenter tous les plats par son odeur chaude et sucrée. Son huile essentielle possède des vertus très intéressantes pour lutter contre tous types d'infections, bactéries, champignons, parasites responsables de troubles gastriques, verrue, mycose, vers, et acné ne font pas le poids face à cette huile essentielle puissante.

I.3.3. Activités biologiques

- Anti-infectieuse majeure (trans cinnamaldéhyde) : l'huile essentielle de Cannelle va détruire les champignons responsables d'infections pulmonaires et de candidoses. Elle est efficace contre les infections respiratoires, intestinales, digestives, urinaires et gynécologiques.
- Antiparasitaire (trans cinnamaldéhyde) : l'huile essentielle de Cannelle est efficace contre les poux et les lentes et également sur les parasites intestinaux (vers).
- Antispasmodique (eugénol) : l'huile essentielle de Cannelle contrôle les spasmes des muscles lisses. Elle est surtout efficace sur les spasmes intestinaux.
- Tonique et stimulante (trans cinnamaldéhyde) : l'huile essentielle de Cannelle est un stimulant sexuel (aphrodisiaque). Elle est également sympathicotonique.
- Insecticide : acaricide contre tous insectes (moustiques, mouches, puces, pucerons, acariens, cochenilles).

I.3.4. Effets indésirables de la cannelle

- Hépatotoxicité : pas d'utilisation interne à long terme et/ou à doses élevées. Prévoir 40 à 160 mg par jour, sur un délai maximum de trois semaines.
- Dermo causticité : phénols et aldéhydes aromatiques brûlent la peau et les muqueuses à l'état pur. Nos trois huiles essentielles sont concernées. La dilution dans une huile végétale est donc obligatoire pour chacune d'entre elles. Le cinnamaldéhyde et l'eugénol sont des molécules potentiellement allergisantes, susceptibles de provoquer des irritations cutanées même à faible dose.
- Interactions médicamenteuses : aucune des trois ne devra être employée parallèlement à la prise de paracétamol, ni en cas de traitements anticoagulants. C'est particulièrement le cas pour la cannelle de Chine riche en coumarines, molécules responsables de ses propriétés anticoagulantes et fluidifiantes.
- Déconseillé chez la femme enceinte et celle qui allaite, ainsi que chez l'enfant de moins de 6 ans.

I.4. Le thé vert « *Camellia sinensis* »

Le thé, obtenu par infusion des feuilles de théier, est la boisson la plus consommée dans le monde entier après l'eau. Bien qu'il fût longtemps considéré comme simple boisson alimentaire, les chercheurs lui réattribuent aujourd'hui son vrai statut de plante médicinale (KREIPS, 2009).

Son origine se situe probablement au Yunnan Chinois, au nord de l'Inde dans les régions de l'Assam en s'étendant jusqu'au sud de la chine (KRIEPS, 2009).

L'espèce *Camellia sinensis* est un arbuste à fleurs persistantes, appartenant à la famille des théaceae. A l'état naturel, le théier est un petit arbre très rameux, de 5 à 10 mètres de haut et pouvant atteindre 15 mètres, Il est maintenu à une taille d'environ 1,50 mètre à fin de facilité la cueillette de ses feuilles (FILLON, 2014).

Cette plante ayant besoin d'un climat chaud à humidité constante et abondante, pousse principalement dans les régions tropicales et subtropicales, le sol qui lui convient le mieux est le sol acide (OKAMURA et al., 2012)

I.4.1. Compositions chimiques

Les tisanes représentent une source majeure de composés phénoliques dans notre alimentation d'ailleurs le groupe de produits chimiques considérés comme responsables de l'effet bénéfique sur la santé sont les polyphénols. Ils comprennent un groupe de produits chimiques de plantes appelé les catéchines. Ce type d'antioxydant peut protéger les cellules dans le corps contre les dommages oxydatifs qui peuvent conduire à des cancers.

Le thé contient des polyphénols, des alcaloïdes, des acides aminés, des glucides, des protéines, de la chlorophylle, des composés organiques volatils, de l'aluminium, des fluorures, des minéraux et des oligoéléments.

I.4.2. Utilisations

Son usage traditionnel connu et fréquent dans le monde, dans le domaine culinaire et celui de la médecine traditionnelle (FILLON, 2014).

- Utilisations d'extrait de thé dans les boissons, dans l'alimentation en générale, donne un attrait plus sain pour les consommateurs. Le marché potentiel pour ces aliments peut être amélioré par la présence d'antioxydants naturels.
- Les extraits de thé sont utilisés comme arôme dans les boissons alcoolisées, ou en combinaisons avec des fruits dans les boissons gazeuses, les boissons fonctionnelles et les eaux aromatisées, ainsi que dans les produits de boulangerie et les pâtisseries, desserts laitiers glacés, les bonbons, et les assaisonnements.
- L'huile de graines de thé raffinée est une huile utilisée dans la fabrication d'huile à combustion, et est considérée comme un substitut approprié pour les huiles de colza, d'olive ou de saindoux.
- Utilisation dans l'industrie non alimentaire, les ingrédients cosmétique issus du thé, sont utilisé comme antioxydants et agents revitalisants: l'extrait de la fleur, l'huile de la feuille, la poudre des feuilles, l'extrait aqueux de la feuille, l'extrait de la racine, la

poudre du tégument, l'extrait ou la poudre de la graine, sont reconnus pour être utilisés dans différents produits cosmétiques (shampooing, produit à rincer, cosmétiques pour le bain, etc.)

I.4.3. Activités biologiques

En effet, de nombreux avantages du thé vert ont été constatés sur la santé de l'organisme notamment comme un effet protecteur contre le cancer de prostate (STUART et al, 2008), de la peau (KUZUHARA, 2008), du colon et du pancréas (FUJIKI, 2005).

Le thé diminuerait les risques d'ostéoporose, protégerait des affections hépatiques, des infections bactériennes et virales (COOPER, 2012 ; DA SILVA PINTO, 2013 ; MUKHTAR, 2000). Les autres effets positifs du thé sont associés à leurs propriétés anti-mutagéniques et anti-inflammatoires (COOPER, 2012 ; DA SILVA PINTO, 2013).

I.4.4. Effets indésirables du « *Camellia sinensis* »

- Thé et taux de fer :

En cas de forte consommation, le thé réduirait l'absorption du fer par l'organisme. Il est d'ailleurs déconseillé d'en boire aux personnes anémiques.

- Polyphénols et jaunissement :

Les polyphénols présents dans le thé, mais aussi dans les minéraux contenus dans l'eau, seraient responsables du jaunissement des dents.

- Caféine :

Même si la caféine du thé n'a pas tout à fait le même effet sur l'organisme que celle du café, absorbée en trop grande quantité, le résultat est le même : insomnies et éventuellement palpitations cardiaques.

Chapitre II
Notion du stress
oxydatif et l'activité
antioxydante

II.1. Stress oxydatif

II.1.1. Définition

Le stress oxydatif est caractérisé par un déséquilibre entre la production des espèces radicalaires et les capacités de défense antioxydante de l'organisme (BEAUDEUX, 2011).

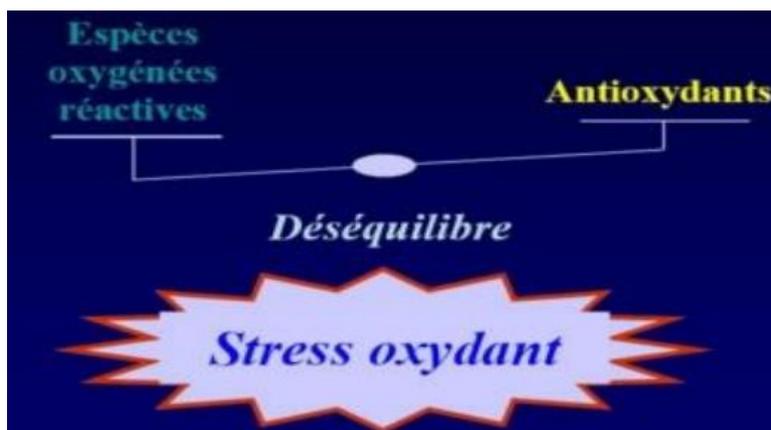


Figure 01 : Balance radicaux libres/antioxydants (SHIMIZU, 2004).

Dans les circonstances quotidiennes normales, des radicaux libres sont produits en permanence et en faible quantité et cette production physiologique est parfaitement maîtrisée par des systèmes de défense ; dans ces circonstances normales, on dit que la balance antioxydants/pro-oxydants est en équilibre. Si tel n'est pas le cas, que ce soit par déficit en antioxydants ou par suite d'une surproduction énorme de radicaux, l'excès de ces radicaux est appelé stress oxydant (FAVIER, 2003).

II.1.2. Origine du stress oxydatif

La production de radicaux libres chez les organismes vivants est un processus physiologique régulé par le biais de divers processus chimiques ou enzymatiques de détoxification. En effet l'organisme possède ses propres moyens de défense lui permettant de lutter contre ces radicaux libres. Quand ce système de protection perd son efficacité ou quand le nombre de radicaux libres augmente de manière importante, il survient un stress oxydatif (KOECHLIN et al., 2006)

Ce dernier, appelé aussi stress oxydant se définit comme étant un déséquilibre profond de la balance entre les systèmes oxydants et les capacités antioxydantes de l'organisme en faveur des premiers, ce qui conduit à des dommages cellulaires irréversibles (HALENG et al., 2007). Il se

développe lorsque les radicaux libres des molécules oxydantes sont produits plus rapidement qu'ils ne peuvent être neutralisés par l'organisme (TREMELLEN, 2008).

II.1.3. Radicaux libres

Les radicaux libres peuvent être dérivés de l'oxygène (espèce réactive de l'oxygène ERO), ou d'autres atomes comme l'azote (espèce réactive de l'azote ERA). La présence d'un électron célibataire confère aux radicaux libres une grande réactivité (demi vie courte) ils peuvent être aussi bien des espèces oxydantes que réductrices (DELATTRE et al., 2005).

L'oxygène est un élément essentiel pour les organismes multicellulaires parce qu'il permet de produire de l'énergie en oxydant la matière organique. Mais nos cellules convertissent une partie de cet oxygène en métabolites toxiques, nommés radicaux libres organiques (MEZITI, 2007). Selon la définition proposée par HALLIWEL et GUTTERIDGE (1996). Les radicaux libres sont des espèces capables d'exister indépendamment, contenant un ou plusieurs électrons non appariés dits électrons célibataires, ces radicaux libres peuvent se former par transfert mono-électroniques ou par scission homolytique de liaison covalente.

Du fait de leur instabilité énergétique, les radicaux libres ont tendance à revenir immédiatement à un état stable en donnant un électron ou en prenant un à une autre molécule. Ils peuvent donc être réducteurs ou oxydants. En jouant le rôle d'accepteur ou de donneur d'électrons, les radicaux libres ont donc la propriété d'être extrêmement réactifs vis-à-vis des autres molécules, possédant un temps de demi-vie courte (de nanoseconde à la milliseconde) (KOECHLIN-RAMONATXO, 2006).

Les radicaux libres sont très instables de par leur configuration électronique et leur durée de vie est très courte (de 4 à 10 S). Leur réactivité réside dans le fait qu'ils recherchent un électron pour rappairier leur électron célibataire, entraînant la propagation du phénomène par création d'un nouveau radical libre. Il produit ainsi des réactions en chaîne qui peuvent aboutir à des dénaturations ou destructions au niveau cellulaire (GARDES-ALBERT, 2003).

- L'anion super oxyde (O_2^-) est la forme primaire des ERO et il est formé par l'addition d'un électron à l'oxygène moléculaire (O_2). Il peut être ensuite converti en ERO secondaire tel que le radical hydroxyle (OH^\cdot), le radical peroxyde (ROO^\cdot) ou le peroxyde d'hydrogène ($H_2O_2^\cdot$); ce dernier n'étant toutefois pas un radical libre puisqu'il ne contient pas d'électrons non paires. Ces radicaux libres impliquant plutôt un atome

d'azote se nomment espèces réactives de l'azote, le monoxyde d'azote ($\text{NO}\cdot$) et le peroxydinitrite ($\text{ONOO}\cdot$) étant deux espèces bien connues (TREMELLEN, 2008).

II.1.4. Origine des radicaux libres

- Origine endogène

Les radicaux libres sont produits par divers mécanisme physiologique, d'ailleurs la plupart des radicaux libres se forment au cours de métabolisme de l'oxygène (réduction de l' O_2 moléculaire en eau) dans les mitochondries. Le passage d'une molécule d'oxygène à deux molécules d'eau nécessite l'action de quatre électrons.

- Origine exogène

L'organisme humain est soumis à l'agrégation de différents agents extérieurs capables de donner naissance à des espèces oxygénée réactives (FAVIER, 2003) : les rayonnements UV (par l'intermédiaire d'agents photon sensibilisants) et les radiations ionisantes qui induisent à la synthèse de radicaux libres dérivés de l'oxygène tels que : l' $\text{O}_2\cdot^-$, $\text{OH}\cdot$.

II.1.5. Rôles biologiques des radicaux libres

Les radicaux libres sont indispensables à la vie car ils participent à de nombreuses fonctions physiologiques lors de la croissance ou de la défense de l'organisme. En effet, ils participent au fonctionnement de certains enzymes, à la transduction de signaux cellulaires, à la défense immunitaire contre les agents pathogènes, à l'apoptose des cellules tumorales, au cycle cellulaire, au fonctionnement de certains neurones et notamment ceux de la mémoire, à la fécondation de l'ovule, à la régulation des gènes (FAVIER, 2003).

II.1.6. Effets du stress oxydatif sur l'organisme

Les Espèces Réactives de l'Oxygène réagissent avec de nombreuses molécules, ce qui entraîne certaines modifications de ces dernières. Elles perdent alors leurs activités au sein de la cellule et cela a un impact sur le fonctionnement cellulaire physiologique.

Les EOR sont en effet capables de réagir avec différents acides aminés des chaînes de protéines, altérant également leur fonction. Les plus sensibles à leur action sont le tryptophane, la tyrosine, l'histidine, la cystéine et la méthionine.

L'attaque des radicaux libres au sein des doubles liaisons lipidiques membranaires, induit des processus de peroxydations en cascade aboutissant à la désorganisation complète de la membrane, altérant de ce fait ses fonctions d'échange, de barrière et d'information (KOECHLIN-RAMONATXO, 2006).

Les EOR sont aussi capables de couper des liaisons peptidiques. L'ADN, qu'il soit nucléaire ou mitochondrial, est également une cible majeur des EOR.

Ceux-ci peuvent en effet interagir avec les désoxyriboses de l'ADN, mais aussi avec ses bases puriques et pyrimidiques. Ces altérations structurales lorsqu'elles ne sont pas réparées entraînent à long terme des altérations géniques (KOECHLIN-RAMONATXO, 2006).

Les conséquences biologiques du stress oxydant seront extrêmement variables selon la dose et le type cellulaire. De nombreuses anomalies biologiques sont induites par le stress oxydant : mutation, carcinogénèse, malformation des fœtus, dépôt de protéines anormales, fibrose, formation d'auto-anticorps, dépôt de lipides oxydés, immunosuppressions.

La plupart des maladies induites par le stress oxydant apparaissent avec l'âge, car le vieillissement diminue les défenses anti-oxydantes et augmente la production mitochondriale de radicaux. En faisant apparaître des molécules biologiques anormales et en sur-exprimant certains gènes, le stress oxydant sera la principale cause initiale de plusieurs maladies : cancer, cataracte, sclérose latérale amyotrophique, syndrome de détresse respiratoire aigu, œdème pulmonaire, vieillissement accéléré.

Le stress oxydant est aussi un des facteurs potentialisant l'apparition de maladies plurifactorielles que le diabète, la maladie d'Alzheimer, les rhumatismes et les maladies cardiovasculaires (FAVIER, 2003).

II.2. Antioxydant et activité antioxydante

II.2.1. Définition

Les antioxydants sont des substances qui inhibent ou ralentissent l'oxydation d'un substrat ; ce sont des molécules qui neutralisent les radicaux libres. Ils sont présents sous de nombreuses formes et peuvent intervenir en prévention de la formation des radicaux libres, aussi bien que pour participer à leur élimination (antioxydants primaire et secondaires).

Les antioxydants sont des composés chimiques capables de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme et qui permettent de minimiser efficacement les rancissements, retarder la peroxydation lipidique, sans effet sur les propriétés sensorielles et nutritionnelles du produit alimentaire. Ils permettent le maintien de la qualité et d'augmenter la durée de conservation du produit.

II.2.2. Classification des antioxydants

II.2.2.1. Selon leur mécanisme d'action

Pour lutter contre ces radicaux libres, notre organisme dispose d'enzymes (catalase, glutathion peroxydase) pour les transformer en eau, et de diverses molécules anti-oxydantes appelées éboueurs. Un antioxydant est une molécule réductrice qui se sacrifie en donnant un électron à un radical libre, ce qui le rend lui-même oxydé (WUYTS, 2011).

Les antioxydants sont en fait des agents de prévention, ils bloquent l'initiation en complexant les catalyseurs, en réagissant avec l'oxygène, ou des agents de terminaison capables de dévier ou de piéger les radicaux libres, ils agissent en formant des produits finis non radicalaires.

Suivant leurs mécanismes d'action les antioxydants peuvent être classés en trois types :

- Les antioxydants de type I

L'action des antioxydants de type I repose sur leur capacité à inactiver les radicaux libres. Ils inhibent la propagation des réactions radicalaires en fournissant des hydrogènes aux radicaux libres présents.

- Les antioxydants de type II

Ce type d'antioxydant a un effet de prévenir la formation des radicaux libres et il intervient par différents mécanismes. Ces antioxydants secondaires englobent une large gamme de différents substances chimiques : chélateurs de métaux pro-oxydatifs, des désactivateurs de l'oxygène singulet ; les flavonoïdes rentrent dans cette catégorie d'antioxydant, ils agissent en piégeant les radicaux libres et en complexant les métaux pro-oxydants.

- Les antioxydants de type III

Ils regroupent les facteurs de l'environnement qui ont une action antioxydante en agissant sur le potentiel redox du milieu, la température, la pression en oxygène, la lumière.

II.2.2.2. Selon leur nature chimique

II.2.2.2.1. Les antioxydants naturels

Les antioxydants naturels peuvent stabiliser les membranes en diminuant leur perméabilité et ont également la capacité de lier les acides gras libres. Parmi ces substances on cite : la beta carotène, l'albumine, les flavonoïdes, l'acide ascorbique, les composés phénoliques, la vitamine E.

A. Les antioxydants naturels enzymatiques

Les antioxydants enzymatiques s'agissent principalement de trois enzymes : le superoxyde dismutase (SOD), la catalase (CAT) et la glutathion peroxydase (GPx).

- Le superoxyde dismutase (SOD)

Les superoxydes dismutases sont des métalloenzymes (ce sont des enzymes utilisant des métaux comme cofacteurs). Il s'agit d'une des premières lignes de défense contre les ERO. Leur cible privilégiée est l'anion superoxyde (O_2^-) qu'il le transforme en peroxyde d'hydrogène (H_2O_2).

Il existe plusieurs iso formes selon le métal utilisé par l'enzyme (cuivre/zinc, manganèse, fer, nickel).

- La catalase

Essentiellement présente dans les peroxysomes et dans les érythrocytes, est capable de transformer le peroxyde d'hydrogène en eau et en oxygène moléculaire (DELATTRE et al., 2005).



Le fonctionnement de la catalase est coordonné avec la concentration en H_2O_2 .

- **Glutathions peroxydases**

Les glutathions peroxydases sont localisés dans le cytosol et dans les mitochondries. Le rôle de la glutathion peroxydase (GPx) est de réduire d'une part le peroxyde d'hydrogène en molécules d'eau, et d'autre part les hydroperoxydes organiques (ROOH) en alcools. Lors de cette réaction, qui demande l'intervention de deux molécules de glutathion, celles-ci se transforment en glutathion-disulfure (GSSG) (MARFAK, 2003).

B. Les antioxydants naturels non enzymatiques

Ce sont des antioxydants naturels capables de prévenir les dommages oxydatifs. Ils peuvent se comporter comme des piègeurs des radicaux libres. Ce type d'antioxydants possède un avantage considérable par rapport aux antioxydants enzymatiques. Du fait de leur petite taille, ils peuvent en effet pénétrer facilement au cœur des cellules et se localiser à proximité des cibles biologiques. Ce type d'antioxydants regroupe un grand nombre de substances hydrophiles ou lipophiles (MCCALL et al., 1999).

La plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation. Dans cette catégorie d'antioxydant nous retrouvons les oligoéléments, les vitamines E et C et les polyphénols (KANOUN, 2011).

- **La vitamine C**

La vitamine C ou l'acide L-ascorbique est considéré comme le plus important antioxydant dans les fluides extracellulaires. C'est un piègeur très efficace des ions superoxydes O_2^- , du peroxyde d'hydrogène H_2O_2 , des radicaux hydroxyles HO^\cdot , et de l'oxygène singlet 1O_2 , le rôle antioxydant de la vitamine C est basée sur sa réaction avec les radicaux peroxydes aqueux, la vitamine C protège ainsi les biomembranes et les lipoprotéines (BOULDJADJ, 2009).

La vitamine C intervient dans de nombreux métabolismes et renforce les défenses naturelles de l'organisme. La carence en vitamine C provoque le scorbut, mais on peut aussi observer une diminution de l'effet antioxydant, une augmentation du risque de développement d'un cancer et de la cataracte.

- La vitamine E

La vitamine E étant liposoluble, elle se fixe aux membranes et peut ainsi séquestrer les radicaux libres empêchant la propagation des réactions de peroxydation lipidique. En protégeant ainsi les cellules contre les dommages associés aux radicaux libres et par conséquent, prolonge la vie cellulaire tout en ralentissant le processus de vieillissement.

- Les oligoéléments

Le terme oligoélément vient du grec « oligo » signifiant « petit » ou « peu abondant ». Ils sont présents dans le corps humain en concentration inférieure à 0.01%. Ce sont des éléments qui doivent être apportés par l'alimentation. Ces oligoéléments jouent le rôle de cofacteur pour maintenir l'activité catalytique des enzymes antioxydantes (GARAIT, 2006).

- Les polyphénols

Les polyphénols sont des molécules organiques hydrosolubles largement retrouvées dans le règne végétal. Ils sont issus du métabolisme secondaire des plantes. Sont représentés par les flavonoïdes, les acides phénoliques, les tannins, coumarines, et les lignines. Sont caractérisés par leurs propriétés antioxydantes et leur pouvoir dans la prévention des diverses pathologies associées au stress oxydant.

Les polyphénols sont capables de piéger des espèces radicalaires et de chélater les métaux de transition comme le Fer et le Cuivre qui permettent de catalyser les oxydations. Ils sont cependant présents en faible concentration dans le plasma. Il paraît néanmoins que les polyphénols interagissent avec des cibles protéiques (enzymes, signalisation intracellulaire, récepteurs nucléaires...) ce qui leur assure des effets anti-inflammatoires, anti-thrombotiques, anti-cancérogènes (STEVENSON et HURST 2007).

II.2.2.2. Les antioxydants synthétiques

A cause de l'instabilité inhérente des antioxydants naturels, on utilise plusieurs antioxydants synthétiques pour assurer une meilleure stabilité des matières grasses. Ces composés sont cependant utilisés depuis 1954 comme antioxydants dans les aliments destinés à la consommation humaine et ce sont peut-être les plus répandus aujourd'hui (SHERWIN, 1976).

Les antioxydants synthétiques les plus largement utilisés dans les industries alimentaires sont :

- Butylhydroxyanisole (BHA).
- Butylhydroxytoluène (BHT).
- Gallate propylée (PG).
- Tétrabutylhydroquinone (TBHQ).

En effet, le BHA convertirait certains produits ingérés en substances toxiques ou carcinogènes en augmentant la sécrétion des enzymes microsomaux du foie et des organes extra hépatiques (BARLOW, 1990). Le BHT présenterait des effets carcinogènes chez le rat (ITO et al., 1985)

II.2.3. Les effets des antioxydants sur la santé

Nous avons vu que le stress oxydant avait un réel impact négatif sur la santé, notamment par la favorisation de la survenue de pathologies telles que l'athérosclérose, le cancer, le diabète de type 2, les maladies neurodégénératives. Ainsi, il est légitime de penser que si l'on supplémente la population en antioxydants, toutes ces pathologies pourraient tendre à disparaître.

Les antioxydants agissent un peu partout :

- Sur la peau, ils participent à la prévention du vieillissement cutané et agissent ainsi contre la fermeté et la formation des rides.
- Sur le cœur, ils préservent la souplesse des artères, aident à baisser le taux de mauvais cholestérol et préviennent ainsi le développement de maladies cardiovasculaires.
- Sur les yeux, ils empêchent la dégénérescence des cellules et participent ainsi à la prévention de la cataracte.
- Sur l'organisme, en préservant la jeunesse des cellules, ils jouent un rôle dans la prévention contre les cancers, les maladies inflammatoires, Parkinson et Alzheimer.

Chapitre III
Les métabolites
secondaires

Les plantes produisent un grand nombre de composés pour lesquels on ne sait pas toujours le rôle qu'ils jouent pour la plante. Ces composés ne sont pas produits directement lors de la photosynthèse mais résultants de réactions chimiques ultérieures, on les appelle donc métabolites secondaires (CHALANDRE, 2000).

Les composés phénoliques sont des métabolites secondaires qui sont largement distribués dans le règne végétal (HARBORNE, 1994). L'élément structural fondamental qui les caractérise est la présence d'un ou plusieurs noyaux aromatiques auxquels sont directement liés un ou plusieurs groupement hydroxyles libres ou engagés dans une autre fonction (éther, ester) (BRUNETON, 1999).

Les composés phénoliques sont constitués de :

III.1. Les acides phénoliques

Les acides phénoliques, ou acides phénols ont une fonction acide et plusieurs fonctions phénols, ils sont incolores (HASLAM, 1994).

Cette vaste famille regroupe des composés présentant des cycles aromatiques le plus souvent soluble dans l'eau et présent sous forme de glycoconjugués (GAVOT 2009). Ils sont contenus dans un certain nombre de plantes surtout médicinales. Parmi les acides phénoliques on cite : acide chlorogénique, acide caféique, acide protocathéchique, acide vanillique et acide gallique (HALE, 2003).

III.2. Les flavonoïdes

C'est le groupe le plus représentatif des composés phénoliques, ces molécules ont des structures chimiques variées et des caractéristiques propres (BENHAMMOU, 2012). Ils sont considérés comme des pigments, quasiment universels, des végétaux et souvent responsables de la coloration des fleurs, des fruits et parfois des feuilles. À l'état naturel, les flavonoïdes se trouvent le plus souvent sous forme d'hétérosides (BRUNETON, 1999; GHESTEM et al., 2001). Du point de vue structural, ces composés ont une structure de base formée de 2 noyaux benzéniques A et B reliés par un noyau C qui est un hétérocycle pyranique (LOBESTEIN, 2010).

Les principales catégories de flavonoïdes sont définies par :

- La présence ou l'absence d'une double liaison entre les carbones 2 et 3 du cycle C, qui déterminent la planéité de la molécule. Les flavones, flavonols et dérivés présentent une double liaison et sont des molécules planes, contrairement aux flavanes, flavanones et dérivés.
- La présence de fonctions cétones, alcools et méthoxy (GAVOT, 2009).

III.3. Les tannins

Les tanins sont des composés phénoliques complexes, hydrosolubles ayant un poids moléculaire compris entre 500 et 3000 Da (KAMRA et al., 2006). Ils se localisent dans divers organes: racine ou rhizome (ratanhia, rhubarbe), écorce (chêne, quinquina), feuilles (hamamélis), fleurs (rose rouge), fruit (péricarpe du noyer), graines (kola). On observe surtout une accumulation dans les écorces âgées et les tissus d'origine pathologiques (galles).

On distingue 2 groupes de tanins différents par leurs structures et également par leurs origines biogénétiques : Tanins hydrolysables et Tanins condensés.

- Les tannins hydrolysables :
Ce sont des polyesters de glucides et d'acides phénols, ils sont facilement hydrolysables par les acides et les enzymes (tannase) en ose (généralement le glucose) et en acides phénols. Selon la nature de l'acide phénol.
- Les tannins condensés (pyrocatéchique ou proanthocyanidols) :
Les tanins condensés sont des composés non hydrolysables ayant un poids moléculaire plus élevé, issus de la polymérisation d'unités flavan-3-ols en dimères, oligomères (2-10 monomères) et polymères (>10 monomères), qui sont hydroxylés en position 3. Cette condensation leur confère une structure voisine à celle des flavonoïdes.
Ils diffèrent des tanins hydrolysables par :
 - Une structure voisine à celle des flavonoïdes.
 - Absence de partie osidique.
 - Non hydrolysables, en milieu acide fort et à chaud ils se polymérisent en donnant des précipités insolubles rouges bruns appelés phlobaphènes.

Partie expérimentale

Ce travail a été effectué dans le laboratoire de technologie alimentaire physicochimie du département d'agronomie à l'Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou, dans le but d'évaluer le potentiel antioxydant de quatre extraits aqueux de *Curcuma longa*, *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum* et *Camellia sinensis*.

1. Matériel végétal

Les échantillons étudiés sont constitués du rhizome pour le *Curcuma longa*, écorce de canelle *Cinnamomum verum*, fleur de clou de girofle *Syzygium aromaticum* et les feuilles de thé vert de Chine *Camellia sinensis*, achetés chez un herboriste de la wilaya de Tizi-Ouzou.

2. Tests phytochimiques

L'étude qualitative vise la recherche des principaux groupes chimiques présents dans les différents échantillons d'épices et du thé ; elle a été réalisée selon le protocole déterminé par SALLOUH et al (2019).

2.1. Recherche des composés polyphénols

Une solution de 12ml d'eau distillé et 24ml d'acétone a été ajouté à 12g de poudre de chaque échantillon déjà broyé et tamisé. Après chauffage à 60°C pendant 5min avec agitation et filtration, quelques gouttes de FeCl₃ (1%) ont été ajoutées. La présence de polyphénols est déduite par formation d'un précipité noir-vert intense.

2.2. Recherche des flavonoïdes

Une quantité de 5g de poudre végétale a été macérée dans 75ml HCl 1%, pendant 24h. Quelques gouttes de NH₄OH ont été ajouté au filtrat obtenu, ainsi formation d'un anneau jaune clair est indice de présence des flavonoïdes.

PARTIE EXPERIMENTALE



Figure 02 : Recherche des polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins dans les poudres végétales

2.3. Recherche des tanins

2.3.1. Tanins condensés (catéchiques)

Selon la réaction de BATE-SMITH, 9ml du butanol chlorhydrique ont été ajoutés à 6g de poudre de chaque échantillon, et chauffé en bain-marie 90°C pendant 5-10min. Une coloration rouge intense indique la présence de tanins condensés dans les échantillons.

2.3.2. Tanins hydrolysables

Selon la réaction de Stiansy, une solution eau/acétone (6/12) a été ajoutée à 6g de poudre de chaque échantillon, et chauffé en bain-marie 60°C pendant 5min avec agitation. Le filtrat obtenu a été saturé par l'acétate de sodium, puis 3 gouttes de FeCl₃ ont été ajoutées. Une coloration bleu-noir intense indique la présence de tanins hydrolysables dans les échantillons.

3. Tests quantitatifs

3.1. Préparation des extraits aqueux

Les extraits sont préparés par dissolution de 20g de poudre des végétaux déjà broyés et tamisé dans 200ml d'eau distillé et laisser sous ébullition avec agitation pendant 15min., l'extrait a été ensuite maintenu pendant 24h à 4°C, l'opération est répétée deux fois, filtrer sur un papier filtre Wathman n°1, puis le filtrat obtenu est placé dans l'étuve à 40°C, et enfin les extraits ont été conservé au réfrigérateur à 4°C jusqu'à utilisation (BOUBAKEUR et al., 2017).

3.2. Rendement d'extraction

Le rendement d'extraction est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenu et la masse du matériel végétal traité. Ce rendement est calculé par l'équation suivante :

$$R(\%) = (Me/Mv) \times 100$$

Avec :

R(%) : rendement exprimé en %.

Me : masse de l'extrait sec résultant en gramme.

Mv : masse du matériel végétal à traiter en g (ABUDUNIA, 2018)

3.3. Dosage des polyphénols totaux

Le dosage des polyphénols totaux a été déterminé par spectrophotométrie, selon la méthode colorimétrique utilisant le réactif de Folin-Ciocalteu décrite par GEORGE et al. (2005).

A- Principe

L'oxydation des composés phénoliques par le réactif de Folin-Ciocalteu résulte de la réaction entre l'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et l'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$) en milieu alcalin. Cette réduction se traduit par l'apparition d'une coloration noir-verdâtre formé d'un mélange d'oxyde bleu de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) qui sont proportionnels à la concentration en polyphénols dans le mélange (CHARPENTIER, 2006; DIF et al., 2015).

B- Mode opératoire

A 2.5ml de réactif Folin-Ciocalteu dilué 10 fois sont ajoutés 0.5ml de chaque extrait préparé à C (mg/ml). Après 2min, 2ml de carbonate de sodium (75%) sont ajoutés, les tubes sont agités puis incubés pendant 15min à 50°C, et refroidis dans un bain de glace. Les absorbances des mélanges sont mesurées à 760nm à l'aide d'un spectrophotomètre, contre un blanc qui comporte les mêmes composants à l'exception de la substance testée.

La teneur en polyphénols totaux (TPT) est calculée à partir de la courbe d'étalonnage de l'acide gallique et les résultats sont exprimés en milligramme-équivalent d'acide gallique par gramme de chaque extrait, selon l'équation suivante :

$$TPT = C \times V / M$$

Avec :

C : concentration de l'extrait équivalent à l'acide gallique obtenu à partir de la courbe d'étalonnage ($\mu\text{g/ml}$)

V : volume d'extrait (ml)

M : poids de l'extrait sec/ poids de la matière sèche brute (mg)

3.4. Dosage des tanins totaux

L'estimation de la teneur en tanins totaux contenus dans les extraits est réalisée par la méthode de MOLE et WATERMAN (1987).

A- Principe

La méthode utilisée est basée sur une réaction avec le chlorure ferrique. Le mélange des extraits tanniques avec le réactif chlorure ferrique provoque la coloration rouge violette du complexe, d'où la formation des ions (Fe^{3+}) (BATE-SMITH, 1973).

B- Mode opératoire

A 1ml de chaque extrait à différentes dilutions (100 à 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$) a été préparé, puis additionné de 1ml de réactif de chlorure de fer. Le blanc est préparé dans les mêmes conditions avec un standard de tanin. Les absorbances sont mesurées à 540nm.

La teneur en tanins totaux est calculée selon l'équation suivante :

$$\text{Concentration}_{\text{extrait}} = \text{abs}_{\text{extrait}} \times \text{concentration}_{\text{blanc}} / \text{abs}_{\text{blanc}}$$

3.5. Pouvoir réducteur du fer FRAP :

Le pouvoir réducteur des extraits a été estimé selon le protocole rapporté par KHALED-KHODJA et al (2014).

A- Principe

L'évaluation du pouvoir réducteur est basée sur la réduction du complexe fer ferrique (Fe^{3+}) du complexe ferricyanure en fer ferreux (Fe^{2+}), en présence des antioxydants réducteurs, dont la couleur est bleu qui est proportionnelle au pouvoir réducteur des extraits (GÜLÇİN et al., 2003).

B- Mode opératoire

Une série de dilutions de chaque extrait a été préparée (100 à 1000 $\mu\text{g}/\text{ml}$). Un volume de 1ml de chaque extrait a été mélangé avec 2.5ml d'une solution tampon phosphate (0.2M ; pH=6.6) et 2.5ml d'une solution de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ à 1% (m/v). Ensuite les tubes

PARTIE EXPERIMENTALE

ont été incubés à 50°C pendant 20min. après refroidissement, un volume de 2.5ml d'acide trichloracétique ($C_2HCl_3O_2$) à 10% a été ajouté pour chaque tube pour arrêter la réaction. 2.5ml ont été récupéré de chaque tube et additionné de 2.5ml d'eau distillée et 0.5ml de $FeCl_3$ 1%. L'absorbance de chaque solution a été mesuré à 700 nm contre un blanc.

Les résultats obtenus ont été représenté par de graphes d'absorbances en fonction des différentes concentrations utilisées. L'augmentation de l'absorbance correspond à une augmentation du pouvoir réducteur des fractions testées (BENIKHLEF, 2017).

Résultats
Et
Discussion

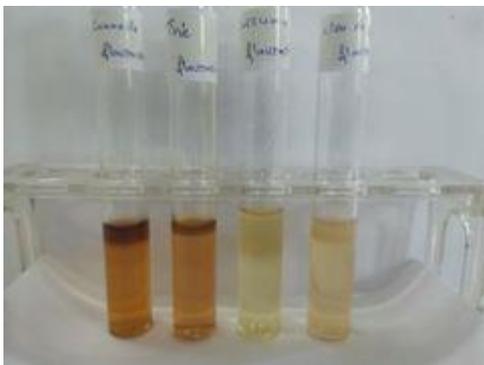
RESULTATS ET DISCUSSION

1. Tests phytochimiques

Les tests phytochimiques nous ont permis de détecter la présence ou l'absence des groupes phénoliques (polyphénols totaux, flavonoïdes, tanins) existants dans les échantillons choisis, par des réactions de précipitation ou de coloration, avec utilisation de réactifs spécifiques. Les tests qui se produisent sont classés de : positif (+) ou négatif (-).

Les résultats des tests phytochimiques des extraits de poudre d'épices et thé vert préparé par décoction sont représentés dans le **tableau I**.

Tableau I : Résultats des tests phytochimiques réalisés sur la poudre de *Curcuma longa*, *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum* et *Camellia sinensis*.

Classe du composé chimique	Présence/Absence	Résultats/ Indicateurs
Polyphénols totaux	Présence	
Flavonoïdes	Présence	

RESULTATS ET DISCUSSION

Tanins	Tanins condensés	Absence	
	Tanins hydrolysables	Présence	

Dans les quatre extraits de *Curcuma longa*, *Cinnamomum verum*, *Syzygium aromaticum* et *Camellia sinensis* séchés et broyés la recherche des polyphénols totaux, flavonoïdes et tanins hydrolysables a été montrée positive, contrairement aux tanins condensés.

La présence des polyphénols totaux a été confirmée par la coloration noire-verdâtre dans tous les tubes préparés avec l'ajout du réactif FeCl_3 , et une coloration bleu-noire a été observée lors du test de présence des tanins hydrolysables avec la même intensité dans tous les échantillons.

Les flavonoïdes sont faiblement présents dans l'extrait de *Curcuma longa* et de *Syzygium aromaticum*, contrairement aux extraits de *Camellia sinensis* et de *Cinnamomum verum* qui ont été caractérisés par la formation d'un anneau jaune remarquable après addition du réactif NH_4OH .

Outre, aucun changement n'a été enregistré lors du test de tanins condensés ce qui signifie leur absence dans les extraits préparés par décoction.

2. Tests quantitatifs

2.1. Rendement d'extraction

L'extraction à partir des échantillons séchés et broyés est préparée par décoction dans de l'eau distillée, les extraits bruts récupérés par évaporation effectué dans une étuve (**Figure 03**) ont été pesés pour déterminer le poids sec obtenu. Le rendement a été déterminé par rapport à 20g de matériel végétal sec et les résultats ont été exprimés en pourcentage massique.



Figure 03 : Extrait brut de *Cinnamomum Verum* obtenu (photo originale).

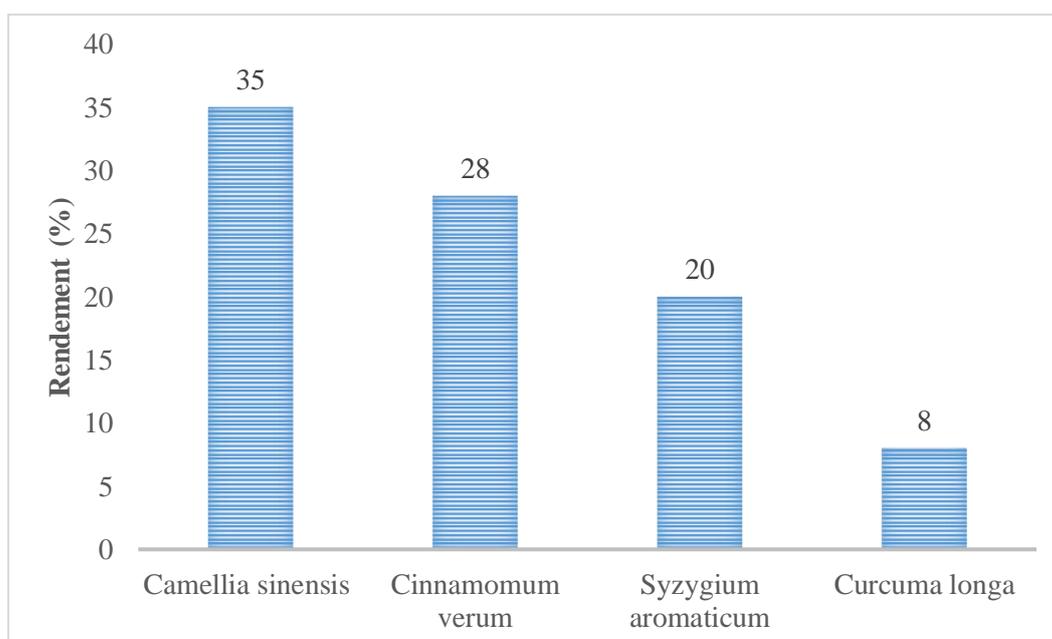


Figure 04 : Rendements des extraits bruts.

RESULTATS ET DISCUSSION

Selon les résultats illustrés dans l'histogramme dans la **figure 04**, nous avons remarqué que l'extrait de *Camellia sinensis* présente le rendement le plus élevé d'ordre de 35%.

Le rendement en extrait brut obtenu pour *Cinnamomum verum* (28%) est similaire à celui trouvé par ATTI (2014).

Dans une étude réalisée par Arifur et al. (2016), il a été montré que le rendement de *Syzygium aromaticum* est de 17.04% et 17.8% par TEMBELY (2020).

Le rendement d'extraction de *Curcuma longa* obtenu par AMEUR et al. (2018) est de 6% qui est un résultat légèrement inférieur au résultat obtenu dans notre étude. Et dans l'étude de BENAÏSSA et al (2020) des résultats similaires aux nôtres ont été obtenus.

Le rendement dépend probablement de l'espèce végétale étudiée et de son contenu en métabolites secondaires, la partie utilisée dans l'extraction, les conditions de récolte et d'entreposage, ainsi que la méthode d'extraction elle-même.

2.2. Dosage des polyphénols totaux

Les analyses quantitatives des phénols totaux réalisés par la méthode basée sur le réactif de Folin-Ciocalteu ont été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard (**Figure 05**): $y=0.0001x+0.0207$ et $R^2=0.5856$. Les résultats obtenus sont exprimés en microgramme équivalent d'acide gallique par milligramme de matière sèche ($\mu\text{g E.A.G./mg ES}$).

RESULTATS ET DISCUSSION

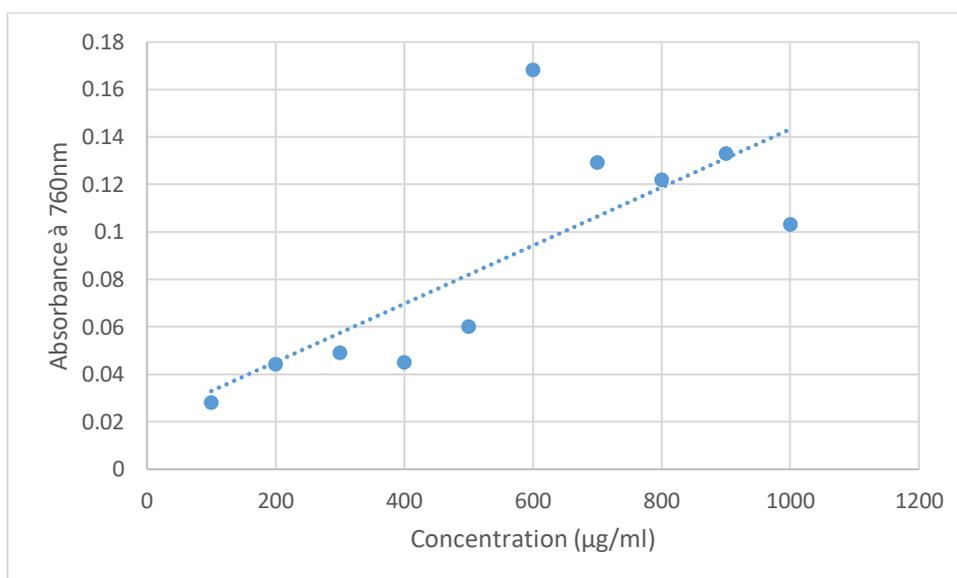


Figure 05 : Courbe d'étalonnage de l'acide gallique.

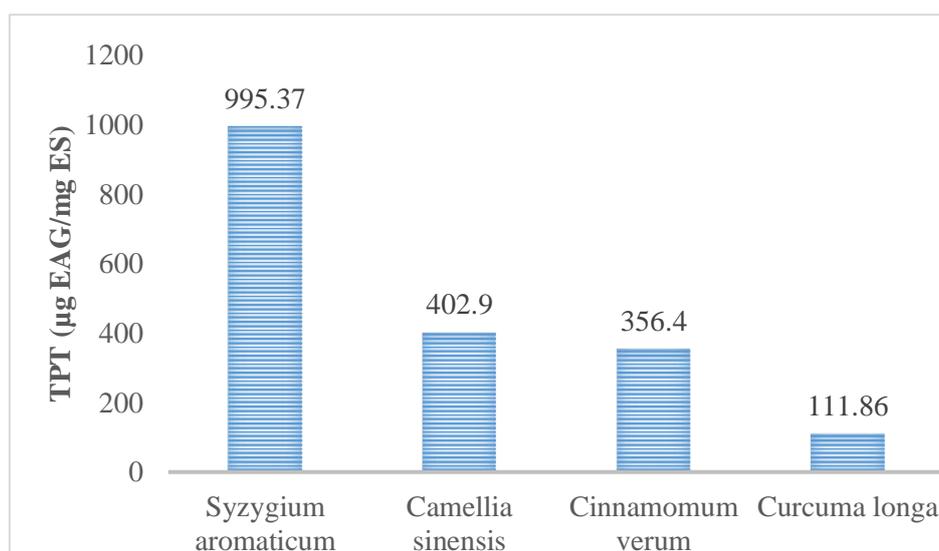


Figure 06 : Histogramme des teneurs en polyphénols totaux dans les extraits de *Curcum longa*, *Cinnamomum verum*, *Camellia sinensis*, et *Syzygium aromaticum* en (µg E.A.G./mg ES)

Les résultats représentés dans la **figure 06** montrent que toutes les épices étudiées ainsi que le *Camellia sinensis* contiennent une teneur importante en composés phénoliques. Nous constatons que l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum*, est le plus riche en polyphénols 995.37 (µg E.A.G. / mg ES).

RESULTATS ET DISCUSSION

Dans une étude similaire réalisée par MEDFOUNI et al. (2018) il a été montré que la teneur la plus élevée en polyphénols totaux dans un extrait de *Syzygium aromaticum* est de l'ordre de 439.88 µg E.A.G. / mg ES, qui est très faible par rapport à nos résultats.

La teneurs en polyphénols totaux dans l'extrait de *Camellia sinensis* (402.9 µg E.A.G./ mg ES) est supérieure à celle obtenu par QIONG L. et al. (2020) qui est de 243 µg E.A.G./ mg ES. De plus, BIZUAYEHU et al. (2016) ont trouvé dans l'extrait de *Camellia sinensis* une teneur égale à 31,6 µg E.A.G./ mg ES qui est nettement inférieure aux valeurs trouvées dans la présente étude.

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait de *Cinnamomum verum* obtenu dans l'étude effectué par ILHAMI G. et al (2019) est de 153.5 µg E.A.G. / mg ES inférieure au résultats obtenu lors de notre étude (356.4 µg E.A.G./ mg ES).

Dans une étude faite sur le *Curcuma longa* par NAHAK et al (2011), ils ont trouvé une teneur moyenne en polyphénols totaux de 215 µg E.A.G. / mg ES qui est largement supérieure à nos résultats qui est de 111.86 µg E.A.G. / mg ES, ainsi que SAHU et al (2013) qui ont mentionnés une teneur de 260 µg E.A.G./ mg ES.

Ces différences de résultats peuvent être dûs à la faible spécificité du réactif de « Folin Ciocalteu » qui est l'inconvénient principal de ce dosage colorimétrique. Il a été montré que le réactif est extrêmement sensible à la réduction de tous les groupes d'hydroxyles non seulement celles des composés phénolique, mais également de certains sucres et protéine. La teneur phénolique d'une plante dépend aussi d'un certains facteurs tels que, les conditions climatiques, le moment de la récolte, le solvant d'extraction, les conditions de stockage (SAIDI, 2019).

2.3. Dosage des tanins

La teneur en tanins totaux est déterminée par la formation des ions Fe^{3+} , avec ajout du réactif chlorure ferrique, et elle a été déterminées à partir de l'équation de la régression linéaire de la courbe d'étalonnage, tracée en utilisant de la catéchine comme standard (**Figure 07**):

$y = 0.0001 x + 0.1131$ et $R^2 = 0.9785$. Les résultats obtenus sont exprimées en microgramme équivalent de catéchine par milligramme de matière sèche (µg E.C/mg ES) (**Figure 08**).

RESULTATS ET DISCUSSION

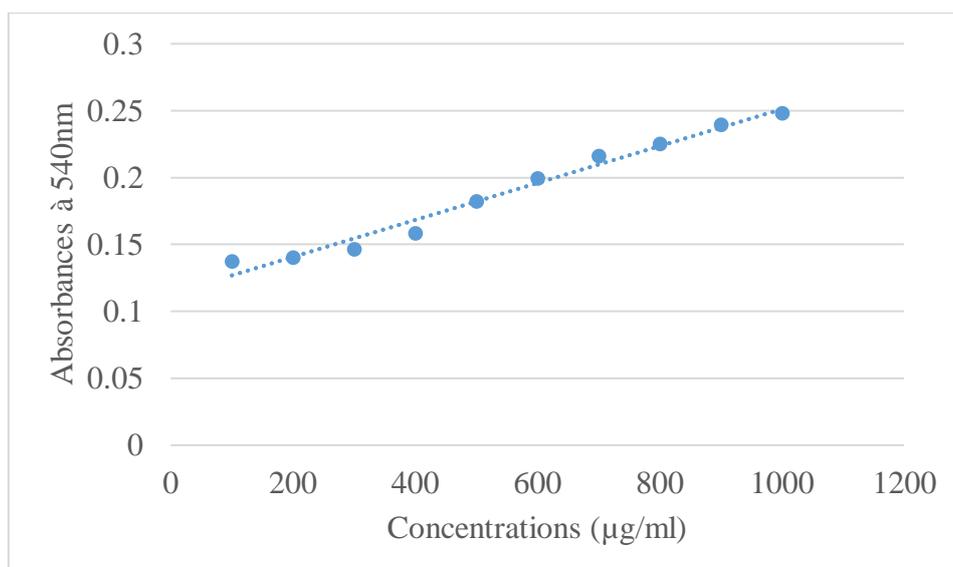


Figure 07 : Courbe d'étalonnage de la catéchine

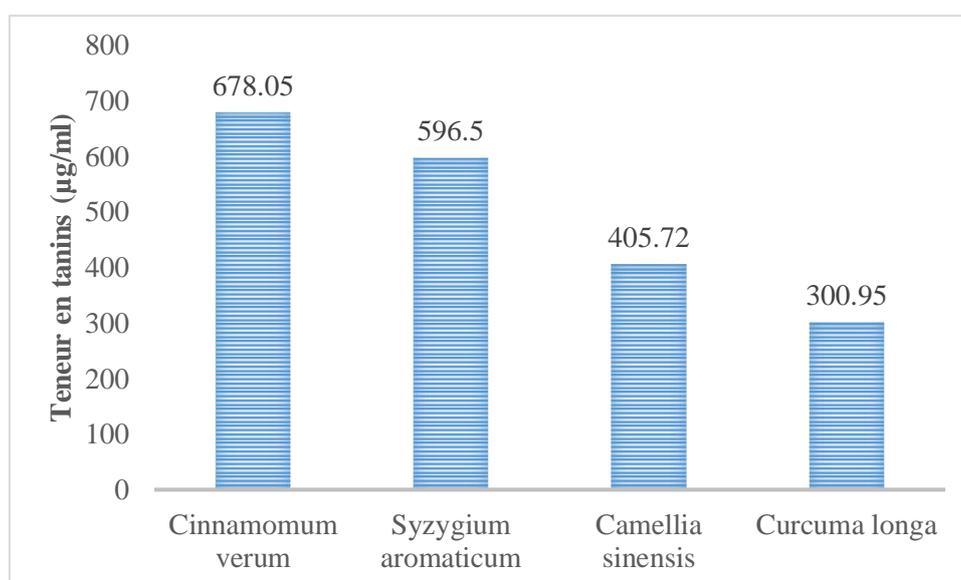


Figure 08 : Histogramme des teneurs en tanins totaux dans les extraits de *Curcum longa*, *Cinnamomum verum*, *Camellia sinensis*, et *Syzygium aromaticum* en ($\mu\text{g E.C./mg ES}$)

Les résultats obtenus dans cette étude montrent que l'extrait de *Cinnamomom verum* est plus riche en tanins totaux de 678.05 ($\mu\text{g E.C./mg ES}$).

RESULTATS ET DISCUSSION

2.4. Réduction du fer (FRAP)

C'est un essai simple, rapide et reproductible. Il est universel peut être appliqué aussi bien chez les plantes que les plasmas et dans les extraits organiques et aqueux. La présence des réducteurs dans les extraits des plantes provoque la réduction de Fe^{3+} complexe ferricyanide à la Forme ferreux. Par conséquent, Fe^{2+} peut être évalué en mesurant et en surveillant l'augmentation de la densité de la couleur bleu dans le milieu réactionnel à 700nm. En d'autres termes, le système $\text{FeCl}_3 / \text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ confère à la méthode la sensibilité pour la détermination « semi quantitative » des concentrations des polyphénols, qui participent à la réaction redox (BOUGANDOURA et al., 2012).

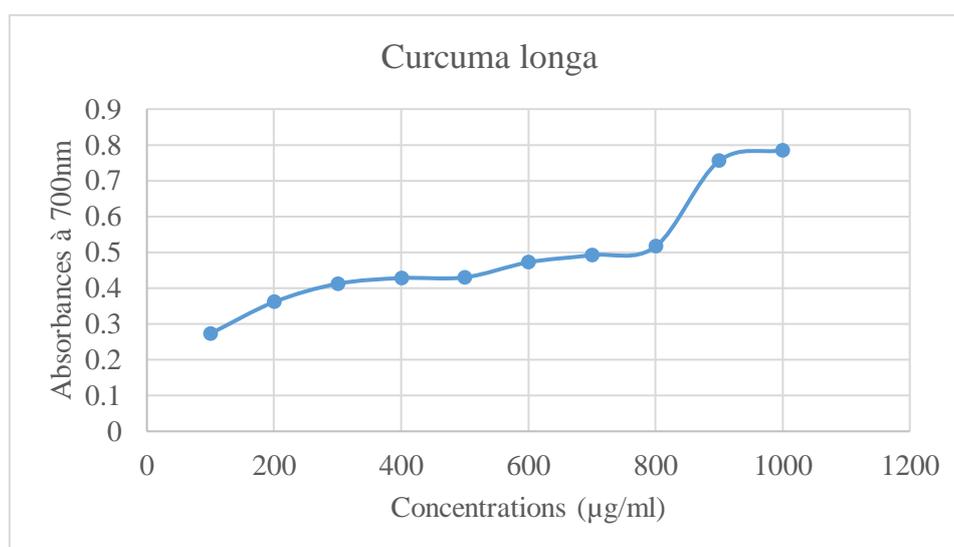


Figure 09 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Curcuma longa*

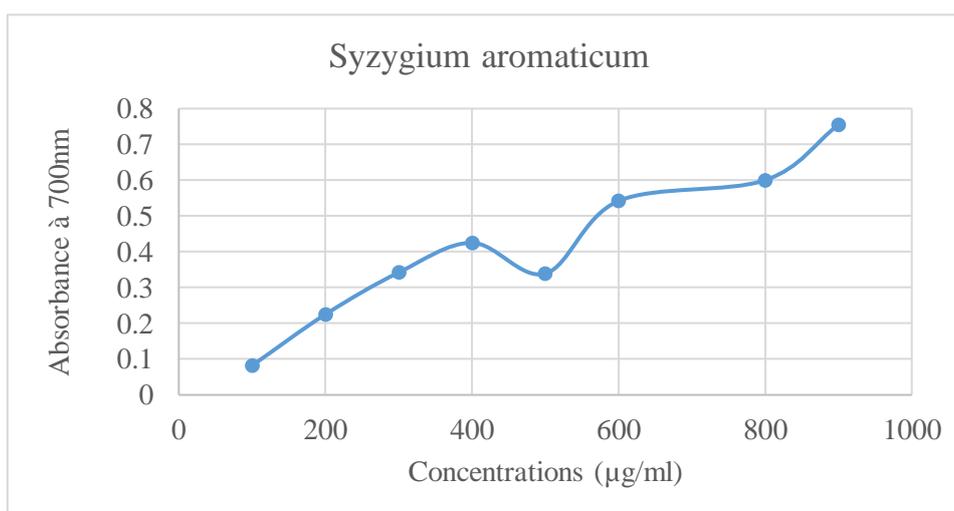


Figure 10 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Syzygium aromaticum*

RESULTATS ET DISCUSSION

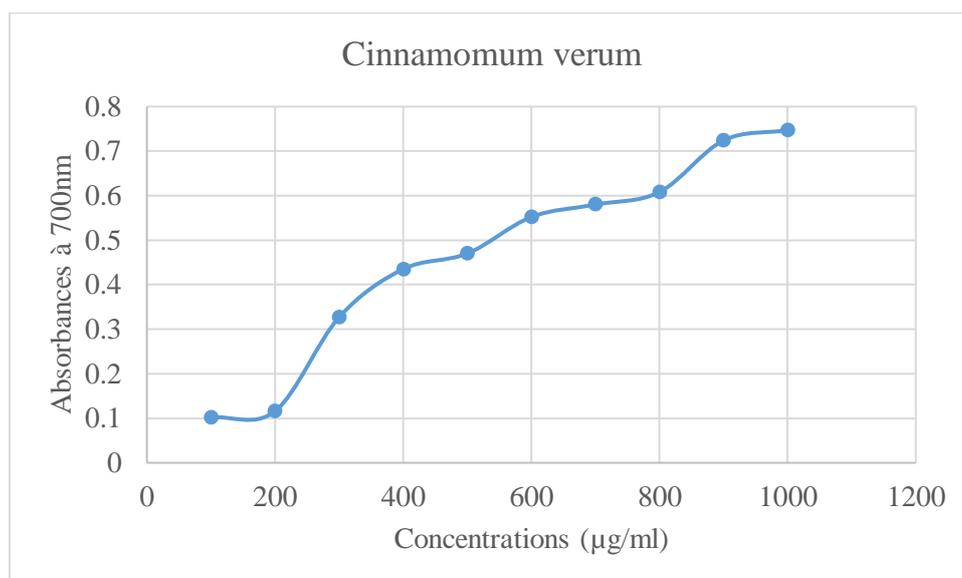


Figure 11 : Pouvoir réducteur de l'extrait aqueux de *Cinnamomum verum*

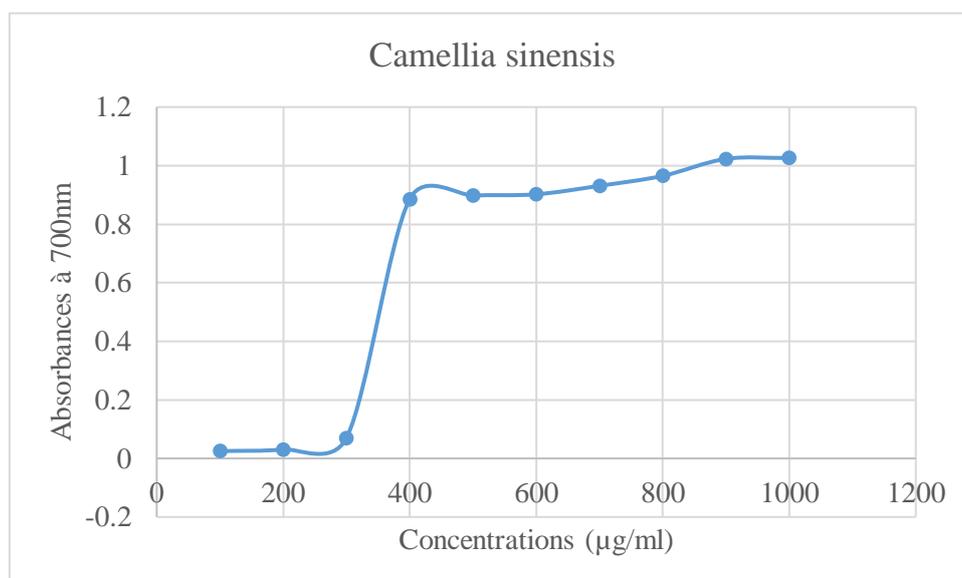


Figure 12 : Pouvoir réducteur des extraits aqueux de *Camellia sinensis*.

En traçant les courbes des absorbances obtenues pour chaque extrait, nous remarquons que la capacité de réduction du fer est proportionnelle à l'augmentation de la concentration de nos extraits.

Les résultats obtenus montrent que les extraits aqueux de *Camellia sinensis* possèdent un fort pouvoir réducteur par rapport aux autres extraits.

RESULTATS ET DISCUSSION

Le pouvoir réducteur des extraits des plantes étudiées est probablement dû à la présence de groupement hydroxyle dans les composés phénoliques qui peuvent servir comme de donneurs d'électrons. Par conséquent, les antioxydants sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants (BOUGANDOURA et BENDIMERAD, 2012).

Conclusion générale

CONCLUSION GENERALE

Les plantes médicinales et aromatiques constituent une source très importante des molécules qu'ayant des activités biologiques intéressantes. Dans les dernières années, les chercheurs font des études approfondies sur les composés d'origines végétales, plus précisément sur les métabolites secondaires des plantes, qui présentent des intérêts particuliers sur le plan pharmacologiques, cosmétique et agro-alimentaire.

Dans le cadre de notre travail, nous nous sommes intéressés à une étude comparative en composés phénoliques et à l'activité antioxydante des épices (*Curcuma longa*, *Syzygium aromaticum*, *Cinnamomum verum*) et thé vert (*Camellia sinensis*). Ces épices sont connues par leur propriété aromatique, goût appréciable et large utilisation en médecine traditionnelle à travers le monde.

La préparation des extraits est réalisée par la méthode de décoction en utilisant un solvant d'extraction : eau distillé.

De cette étude, nous pouvons ressortir les points suivants :

- L'extrait de *Camellia sinensis* présente le rendement le plus élevé d'ordre 35%.
- L'évaluation quantitative des polyphénols totaux par la méthode de Folin-ciocalteu a révélé la présence de quantités importantes de polyphénols dans l'extrait *Syzygium aromaticum* de l'ordre 995,37 ($\mu\text{g E.A.G/mg ES}$).
- En parallèle, la quantification des tannins totaux a été effectuée par la méthode de chlorure ferrique. Les résultats obtenus par ce dosage nous ont permis de déduire que : l'extrait *Cinnamomum verum* est très riche en tannins totaux par rapport aux autres extraits avec une teneur de 678,05 ($\mu\text{g E.C/mg ES}$), voir même l'extrait *Syzygium aromaticum* marque une teneur importante en tannins totaux de l'ordre 596,5 ($\mu\text{g E.C/mg ES}$).
- L'activité antioxydante a été évaluée par la méthode du pouvoir réducteur de Fer (FRAP). Après l'analyse des résultats l'extrait aqueux de *Camellia sinensis* possède un fort pouvoir réducteur par rapport aux autres extraits.

Donc on peut conclure que ces épices et le thé vert ont une activité antioxydante importante, pour cela elles peuvent représenter une source potentielle de molécules bioactives en thérapeutiques comme des agents antioxydants surtout l'épice *Syzygium aromaticum* et *Camellia sinensis*. Sachant que les antioxydants contribuent de manière très efficace à la prévention des maladies telles que le cancer, et les maladies cardiovasculaires...

CONCLUSION GENERALE

Enfin, il serait intéressant de poursuivre notre travail sur les recherches des principes actifs des épices à fin de déterminer de nouvelles substances bioactives naturelles qui pourront lutter contre différents problèmes de la santé et de les utilisés comme des alternatifs au lieu des molécules de synthèse. Ainsi qu'une valorisation de quelques produits alimentaires et pharmaceutiques à base d'épices pour but de mettre fin au problème des radicaux libres pourra être mise en œuvre.

Références bibliographiques

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

A

ABUDUNIA A.M. Etude phytochimique, screening biologique et pharmacologique des fleurs de calendula arvensis, 2018.

AGGARWAL B., BHATT I., ICHIKAWA H., AHN K., SETHI G., SANDUR S. Curcumin–biological and medicinal properties. Turmeric: the genus Curcuma. Taylor and Francis Group. p. 297–368. 2006.

AI SIRI KOSNAYANI. A qualitative analysis of tannin type and tannin content in Meniran tea (*Phyllanthus Niruri Linn.*) with permanganometry method, Advances in health sciences research, vol. 13, 5th international conference on health sciences, ICHS 2018.

AISSANI N., Etude de l'activité antioxydante et antibactérienne des extraits méthanoliques de *Curcuma longa L.* et *Zingiber officinale* (Rosc.) commercialisés dans la région de Msila, mémoire de master, université Mohamed Boudiaf, Msila, 2019.

AL ASAAD N. et AL DIAB D. Antioxydant activity and phenolic content of eight mediterranean fruit juices, International journal of pharmaceutical sciences and nanotechnology, vol. 9, issue 3, 2016.

ALI RACHEDI F., MERAGHNI S., TOUAIBIA N. et MESBAH S., Analyse quantitative des composés phénoliques d'une endémique algérienne *Scabiosa Atropurpurea sub. Maritima L.*, Bulletin de la société royale des sciences de liège, vol.87, article, 2018.

AMEUR I. et DECHOUCHA S., Evolution de l'activité antioxydant in vitro des plantes *Lavandula stoechas* et *Curcuma longa*, mémoire de master, Université Mohamed Boudiaf-Msila, 2018.

AMIT P. et PARUL S. Antibacterial activity of *Syzygium aromaticum* (clove) with metal ion effect against food borne pathogens. Asian Journal of Plant Science and Research, 1 (2):69-80. 2011.

ASOURI M., ATAEE R., AHMADI A. A., AMINI A. et MOSHAEI M. R., Antioxidant and free radical scavenging activities of curcumin, Asian journal of chemistry, vol 25, No.13, 2013.

ATTI I., Evolution des activités antioxydant et antiradicalaire d'un mélange d'épices « Ras el hanout », mémoire master académique, Université Kasdi Merbah Ouargla, 2014.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

AZIRI H. et DJENAD F., Etude comparative de la composition phénolique et de l'activité antioxydant de quelques infusions (tisane et thé), mémoire de fin de cycle (master), Université A. Mira – Bejaia, 2017.

B

BAKLI S., Activité antimicrobienne, antioxydant et anticoccidienne des extraits phénoliques de quelques plantes médicinales locales, doctorat en sciences, Université Ferhat Abbas Sétif 1, 2020.

BARLOW S M., Toxicological aspects of antioxidants used as food additives. Ed. Hudson. B.J.F. Food Antioxidants, pp 253-307. 1990.

BATE-SMITH E.C., Ahaem analysis of tannin: The concept of relative astringency, Phytochemistry N°12, 1973.

BEAUDEUX J-L., DURAND G. Biochimie médicale – Marqueurs actuels et perspectives (2^e ed.) , Medecine sciences publications/ Lavoisier, France. 2011.

BENAISSA L. et TABET A., Evaluation de l'activité antioxydant des extraits aqueux de *Curcuma longa L.* commercialisé dans la wilaya de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2020.

BENALILECHE M. et BENALILECHE Y., Essais bio-guidés du percolât de *Cinnamomum zeylanicum*, Université des frères Mentouri Constantine, 2016.

BENIKHLEF K., Contribution à l'étude phytochimique et activité biologique des extraits des graines de *Coffea canephora*, mémoire de master, Université Abou Bekr Belkaid Tlemcen, 2017.

BENMAMMAR K. et SMAIL S., Etude de l'extraction et de l'encapsulation de la curcumine, Université A. MIRA, Bejaia, 2020.

BENZEGGOUTA N. Evaluation des Effets Biologiques des Extraits Aqueux de Plantes Médicinales Seules et Combinées. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Mentouri Constantine. P-46, 49. 2015.

BERRABAH A., CHICOUCHE S., KHALDOUNE S., Les médicaments anti-infectieux entre médecine moderne et traditionnelle. Université Mohamed Boudiaf, M'Sila. 2020.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

BIZUAYEHU D., ATLABACHEW M., Ali M.T., Determination of some selected secondary metabolites and their invitro antioxidant activity in commercially available Ethiopian tea (*Camellia sinensis*). Springer Plus 5 (1):412. 2016.

BOUAICHA N. et TIMECHBACHE H., Evaluation de l'activité antibactérienne de *Curcuma longa* commercialisé dans la wilaya de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2020.

BOUBAKEUR H., REBBAS K. ET BELHATTAB R., Activité antioxydante et antibactérienne des extraits d'*Helichrysum stoechas*, Moench. Phytothérapie, 1-11. <https://doi.org/10.1007/s10298-017-1104-5>. 2017.

BOUGANDOURA N., BENDIMERAD N. Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L) Briq Rev «Nature & Technologie» B-Sciences Agronomiques et Biologiques, 2012.

BOULDJADJ R., Étude de l'effet antidiabétique et antioxydant de l'extrait aqueux lyophilisé d'*Artemisia herba alba* Asso. Université de Constantine. 2009.

C

CHOWDHURY M. A. R., MANIRUJJAMAN, BASAK M., RAHMAN M. H. ; SULTANA S., Qualitative and quantitative screening of *Syzygium aromaticum* and evolution of anti-hyperglycemic effect. International journal of pharmacognosy and phytochemical research, volume 8, issue 7, 2016.

COOPER R. Green tea and theanine: health benefits. International journal of food sciences and nutrition 63(sup1):90-97. 2012.

D

DA SILVA PINTO M. Tea: A new perspective on health benefits. Food Research International 53(2):558-567. 2013.

DAS N G., DHIMAN S., TALUKDAR K., RABHA B., GOSWAMI D., VEER V., Synergistic Activity of 118 Mosquito-Repellent of *Curcuma Longa*, *Pogostemon heyneanus* and *Zanthoxylum Limonella* Essential Oils. Journal of Infection and Public Health, 8 (4), 323–328. 2015.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

DEBBACHE K. et GUENNICH A., Evolution de l'activité antioxydant et anticoagulante des polyphénols du *Curcuma longa L.*, mémoire de master, Centre universitaire Abdelhafid Boussouf-Mila, 2019.

DELLATTRE J., BEAUDEUX J. L., et BONNEMENT-ROUSSELOT D., Radicaux libres et stress oxydant (aspects biologiques et pathologiques). 2005.

DHINGRA O. D., JHAM G. N., BARCELOS R. C., MENDONÇA F. A., GHIVIRIGA I. Isolation and Identification of the Principal Fungitoxic Component of Turmeric Essential Oil. *Journal of Essential Oil Research*, 19 (4), 2007.

DIEGO FRANCISCO C.R., CLAUDIA REGINA FERNANDE S et WANDERLEY PEREIRA O., Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*. 4(2): 90-96. 2014.

DIF M., BENCHIHA H., MEHDADI Z., BENALI-TOUMI F., BENYAHIA M., et BOUTERFAS K. Étude quantitative des polyphénols dans les différents organes de l'espèce *Papaver rhoeas L.* *Phytothérapie*, 13(5), 314-319. 2015. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0976-5>.

DUKE J. A., BOGENSCHUTZ-GODWIN M. J., DUCELLIER J., DUKE P.-A. K. *CRC Handbook of Medicinal Spices*; 2002.

E

ELMI DAWELE K., Etude de l'effet hypocholestérolémiant du thé vert (*Camellia sinensis*), étude in vivo chez la souris (swiss), Université Abdelhamid Ibn Badis, Mostaganem, 2017.

F

FAVIER A. Le stress oxydant : intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, *l'actualité chimique*, p 108-115. 2003.

FILLON L. *Le thé et le syndrome métabolique*. 2014.

FUJIKI H. Green tea: health benefits as cancer preventive for humans. *The Chemical Record* 5(3):119-132. 2005.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

G

GHAZI AL-SHAWI S. et KADHIM AL-YOUNS Z., Study of cumin antibacterial and antioxidant activity of alcoholic and aqueous extracts, Pakistan journal of biotechnology, june 2017.

GHEDIRA K., GOETZ P. et LE JEUNE R. *Syzygium aromaticum* (L.) Merr. & Perry (Myrtaceae) Giroflier. Phytothérapie. 8, 37-43. 2010.

GOETZ P., GHEDIRA K. Phytothérapie anti-infectieuse. Springer Science & Business Media. Paris, p 281-289. 2012.

GUILLOUTY A., plantes médicinales et antioxydants, thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie, université Toulouse III Paul Sabatier, 2016.

GULCIN I., RUYA K., GOREN A., AKINCIOGLU H., TOPAL M., BINGOL Z., Anticholinergic, antidiabetic and antioxidant activities of cinnamon (*Cinnamomum verum*) bark extracts: polyphenol contents analysis by LC-MS/MS. International journal of food properties. 2019. <https://doi.org/10.1080/10942912.2019.1656232>.

GÜLÇİN L., OKTAY M E., KIREÇCI E. et KÜFREVIÖĞLU Ö İ. Screening of antioxidant and antimicrobial activities of anise (*Pimpinella anisum* L.) seed extracts. Food Chemistry 83: 371. 2003.

H

HALENG J., PINCEMAIL J., DEFRAIGNE J. O., CHARLIER C., et CHAPELLE J.P. Le stress oxydant. Revue Medicale de Liege, 62(10), 628-38. 2007.

HONDA S.; AOKI F.; TANAKA H.; KISHIDA H.; OKADA S.; MATSUMOTO I.; ABE K.; MAE T. Effects of Ingested Turmeric Oleoresin on Glucose and Lipid Metabolisms in Obese Diabetic Mice : A DNA Microarray Study Effects of Ingested Turmeric Oleoresin on Glucose and Lipid Metabolisms in Obese Diabetic Mice : A DNA Microarray Study. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 54, 2006.

K

KACEMI BEN SOULTANE F. Activité antioxydante des huiles essentielles du gingembre (*Zingiber officinale*) et du clou de girofle (*Syzygium aromaticum*). 2017.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

KANOUN K., Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis* L. (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de Magister en biologie. Université aboubekr belkaid Tlemcen. 2011.

KATHE W., Plantes aromatiques et médicinales. Terres éditions. 2007.

KOECHLIN-RAMONATXO C. Oxygène, stress oxydant et suppléments anti-oxydantes ou un aspect différent de la nutrition dans les maladies respiratoires. Nutrition clinique et métabolisme, 20, 2006.

KRIEPS M. Le The: Origine, Actualité et Potentialités: Thèse de doctorat, Faculté de pharmacie de l'Université Henri Poincaré-Nancy 1. 2009.

KUZUHARA T., SUGANUMA M., FUJIKI H. Green tea catechin as a chemical chaperone in cancer prevention. Cancer letters 261(1). 2008.

L

LAROUSSE Encyclopédie des plantes médicinales. Identification, préparations, soins. Paris: Larousse/VUEF 2001.

LEUNG ALBERT Y. Encyclopedia of common natural ingredients used in food drugs and cosmetics. Wiley-Interscience Publication New York. 1980.

M

MAHMOUDI S., KHALI M. et MAHMOUDI N., Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynaran scolymus* L.) , revue « Nature et Technologie », B-sciences agronomique et biologiques, n°09, juin 2013.

MAISTRE J., Le clou de Girofle. In : Les plantes à épices. G.-P. Maisonneuve, Larose Éditeur, France, 1964.

MARFAK A., Radiolyse gamma des flavonoïdes, étude de leur réactivité avec les radicaux libres issus des alcools : Formation de depsides. Thèse pour obtenir le grade de docteur de l'université de Limoges. 2003.

MAX W ET ROBERT A. Plantes thérapeutiques. 2003.

MCCALL M.R. ET FREI B., "Can antioxidant vitamins materially reduce oxidative damage in humans" Free Radical Biology and Medicine 26(7-8):1034-1053. 1999.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

MEDFOUNI R. et HAFSI N., Contribution à l'étude phytochimique et les activités bioogiques d'une plante médicinale *Syzygium aromaticum*, Université Larbi Ben Mhidi Oum El Bouaghi, 2018.

MEZITI A., activité antioxydante des extraits des grains de *Nigella sativa L.* étude in vitro et in vivo, mémoire de magister, Université de Batna, 2007.

MOUALEK I., Activités biologiques de l'extrait aqueux de feuilles d'*Arbutus unedo* de la région de Tizi-ouzou, thèse de doctorat, Université Mouloud Mammeri de Tizi-Ouzou. 2017.

N

NAHAK G., et SAHU R. K. Evaluation in comparative antioxidant activity of *Curcuma longa* & *Curcuma aromatica*. Natural Products, 2011.

O

OKAMURA K., TAKANASHI A., YAMADA T., HIRAISHI A. Ammonia-oxidizing activity and microbial community structure in acid tea *Camellia sinensis* orchard soil. IOP Publishing. p 012052. 2012.

P

PAUL S. ET FERDINAND P., Guide des plantes médicinales: Analyse, Description et Utilisation de 400 plantes. p-339. 2005.

PULIKOTTIL S.J. ET NATH S. Potential of clove of *Syzygium aromaticum* in development of a therapeutic agent for periodontal disease. A review, SADJ. Vol 70 no 3 p108 - p115. 2015.

Q

QIONG LUO, Green extraction of antioxidant polyphenols from green tea (camellia sinensis), Antioxidants 2020, 9, 785; doi:10.3390/antiox9090785.

R

REFFAS I. et SLIMANI L., Contribution à l'étude phytochimique et à l'évaluation de quelques activités biologiques d'un mélange d'épices « Ras El Hanout » de la région de Biskra, mémoire de master, Université Mohamed Khider de Biskra, 2019.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

RICHARD H. ET LOO A., Nature, origine et propriétés des épices et aromates bruts. In Richard H (coordonnateur) Epice et Aromates. Tec et Doc - Lavoisier, apria. 1992.

S

SAFER S., Teneur en polyphénols, tannins et flavonoïdes et capacité antioxydant d'extrait méthanolique d'une plante, mémoire de master, Université Abdelhamid Ibn Badis-Mostaganem, 2018.

SAHU R. et SAXENA J. Screening of total phenolic and flavonoid content in conventional and non-conventional species of curcuma. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 2013.

SAIDI I. ; Caractérisation et valorisation d'une plante de la famille des fabaceae : Gleditsia triacanthos de la région de Sidi Bel Abbès: Extraction des substances bioactives. Thèse de doctorat, 2019.

SALLOUH M. et NOUIOUI I., Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques de la caroube Algérienne, mémoire de master, université Mohamed Khider de Biskra, 2019.

SARMISTHA B., CHINMAY K.P. et SUKTA D. Clove (*Syzygium aromaticum L.*), a potential chemopreventive agent for lung cancer. Carcinogenesis vol.27 no.8 pp.1645–1654. 2006.

SEGGANI S. et BOUKEHIL H., Corrélation entre le contenu polyphénolique et l'activité antioxydante et antimicrobienne in vitro de *Curcuma longa L.*, mémoire de master, Université des frères Mentouri Constantine, 2017.

SHERWIN ER. Antioxidants for vegetable oils. J Am Oil Chem Soc; 53: 430-436. 1976.

STEVENSON D. et HURST R. Polyphenolic phytochemicals-just antioxidants or more. Cellular and Molecular Life Sciences, 64(22), pp. 2900-2916. 2007.

STUART E.C., ROSENGREN R.J., The combination of raloxifene and epigallocatechin gallate suppresses growth and induces apoptosis in MDA-MB-231 cells. Life sciences 82(17):943-948. . 2008.

T

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

TEMBELY A., Etude phytochimique et activité antiradicalaire de trois plantes pour la mise au point de bains de bouche. Université des sciences, des techniques et des technologies de Bamako, 2020.

THIPPESWAMY N B. et AKHI LENDER N., Antioxidant potency of cumin varieties – cumin, black cumin and bitter cumin- on antioxidant systems, European food research and technology, january 2005.

TREMELLEN K. Oxidative stress and male infertility-a clinical perspective. Human reproduction update, 14(3). 2008.

U

UGWU C. C., EZEONU I. M., MBAH-OMEJE K., AGU C. G. AND ONUORAH S. C. Evaluation of the antimicrobial effects of *syzygium aromaticum* (clove) and *garcinia kola* (bitter kola) extracts singly and in combination, on some bacteria. World journal of Pharmacy and Pharmaceutical sciences. Volume 6, Issue 12, 1-13. 2017.

V

VERNON F. et RICHARD H. Quelques épices et aromates et leurs huiles essentielles Vol. 2. In Série synthèses bibliographiques N° 10 – Centre de documentation internationale des industries utilisatrices de produits agricoles. Technique et Documentation, Lavoisier, Paris. 1976.

W

WUYTS DANIEL. Propriétés diététiques et médicinales de nos aliments et épices. Belgique. 2011.

X

XIA G.; ZHOU L.; MA J.; WANG Y.; DING L.; ZHAO F.; CHEN L.; QIU F. Sesquiterpenes from the Essential Oil of Curcuma Wenyujin and Their Inhibitory Effects on Nitric Oxide Production. Fitoterapia, 103, 143–148. 2015.

Y

YASHAB K., SAKSHI A., ABHINAV S., SATYAPRAKASH K., GARIMA A. et MOHA ZEESHAN A.K. Antibacterial activity of Clove (*Syzygium aromaticum*) and Garlic (*Allium*

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

sativum) on different pathogenic bacteria. International journal of Pure & Applied Bioscience 2 (3): 305-311. 2014.

Annexes

Annexe 1 : La classification botanique des espèces étudiées

Epice	Classification botanique
 <p data-bbox="395 768 592 801">Clou de girofle</p>	<p data-bbox="810 436 1018 470">Règne : Plantae</p> <p data-bbox="810 521 1321 555">Sous embranchement : Tracheobionta</p> <p data-bbox="810 607 1265 640">Embranchement : Magnoliophyta</p> <p data-bbox="810 663 1361 696">Sous-embranchement : Magnoliophytina</p> <p data-bbox="810 719 1118 752">Classe : Magnoliopsida</p> <p data-bbox="810 804 1038 837">Ordre : Myrtales</p> <p data-bbox="810 889 1078 922">Famille : Myrtaceae</p> <p data-bbox="810 945 1054 978">Genre : Syzygium</p> <p data-bbox="810 1030 1382 1122">Espèce : <i>S. aromaticum</i> (BERRABAH et al 2020).</p>
 <p data-bbox="432 1554 552 1588">Curcuma</p>	<p data-bbox="810 1180 1018 1214">Règne : Plantae</p> <p data-bbox="810 1265 1334 1299">Sous embranchement : Magnoliophyta</p> <p data-bbox="810 1350 1054 1384">Classe : Liliopsida</p> <p data-bbox="810 1435 1086 1469">Ordre : Zingiberales</p> <p data-bbox="810 1520 1126 1554">Famille : Zingiberaceae</p> <p data-bbox="810 1606 1038 1639">Genre : Curcuma</p> <p data-bbox="810 1691 1370 1783">Espèce : <i>Curcuma longa</i> (BENMAMMAR et al. 2020).</p>



Cannelle

Règne : Plantae

Sous-Règne : Tracheobionta

Division : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Sous-classe : Magnoliidae

Ordre : Laurales

Famille : Lauraceae

Genre : Cinnamomum

Espèce : Cinnamomum verum
(BENALILECHE M. et al, 2016)



Thé vert

Règne : Plantae

Embranchement : Magnoliophyta

Classe : Magnoliopsida

Ordre : Ericacées

Famille : Theaceae

Genre : Camellia

Espèce : Camellia sinensis (L.) (ELMI
DAWELE K., 2017)

ANNEXES

Annexe 2 : Matériel de laboratoire

- **Appareillage**

Noms	Photo (originale)
Balance marque Kern	
Balance de précision marque Kern	
Plaque chauffante	

ANNEXES

Bain-marie Memert	
Etuve Binder	
Spectrophotomètre Visible Secomam	

- **Matériel et verrerie**

Flacons, béchers, erlenmeyers, entonnoirs, passoires, papier filtre, spatules, pipettes, éprouvettes, verres de montre, portoirs, tube à essais, papier aluminium, papier pH.

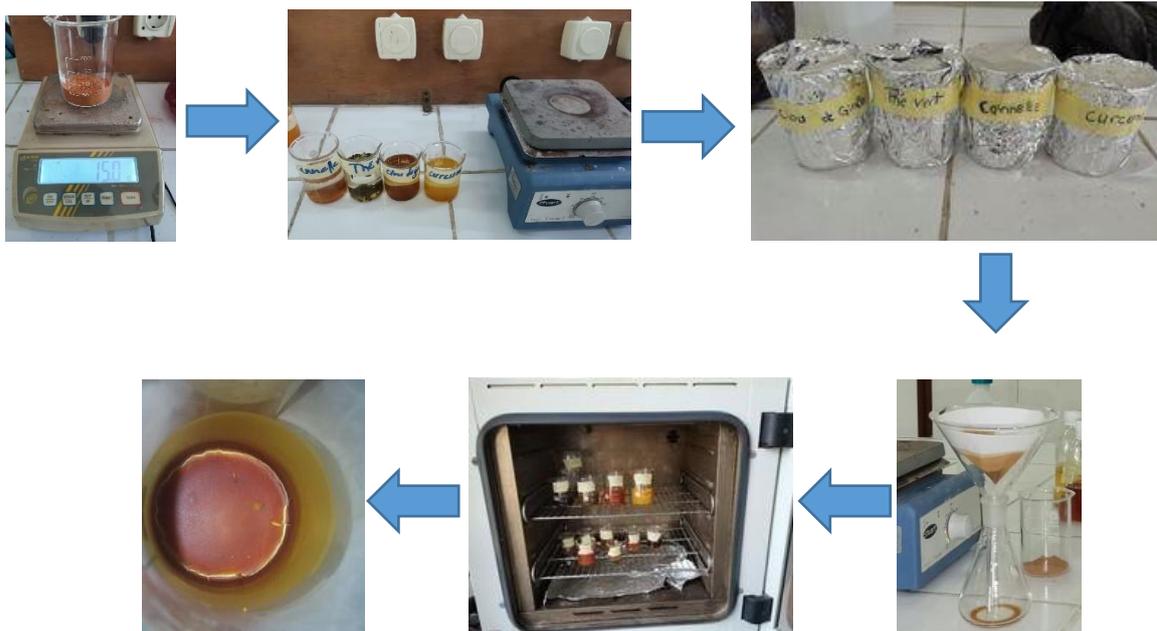
- **Produits chimiques et réactifs**

- Acétone.
- Chlore ferrique FeCl_3 (1%).
- HCl (1%) : 8.30ml HCl (37%) avec 91.7ml d'eau distillé.
- Ammoniac NH_4OH .

ANNEXES

- Butanol chlorhydrique.
- Acétate de sodium.
- Folin-Ciocalteu (dilué 10 fois) : 1 ml du réactif de Folin-Ciocalteu à diluer avec 9ml d'eau distillé.
- Carbonate de sodium (75%) : 75g de carbonate de sodium dissoudre dans un volume final de 100ml d'eau distillée.
- Acide gallique.
- Catéchine.
- Tampon phosphate (0.2 ; pH=6.6) : 11.8g phosphate monopotassique avec 14.8g phosphate dipotassique et ajusté avec de l'eau distillée jusqu'à 100ml.
- Ferricyanure de potassium $K_3Fe(CN)_6$ (1%).
- Acide trichloracétique $C_2HCl_3O_2$ (10%).

Annexe 3 : Les étapes de préparation des extraits bruts par décoction



ANNEXES

Annexe 4 : Photographie des dilutions préparées pour le dosage de polyphénols totaux d'un des extraits aqueux



Annexe 5 : Photographie des dilutions préparées pour le dosage des tanins totaux d'un des extraits aqueux



Annexe 6 : Photographie des dilutions réalisées pour le test du pouvoir réducteur du fer d'un des extraits aqueux

