



Faculté de Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire

EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME DE Master

Domaine : Science et Technologie Filière : Génie des Procédés
Spécialité : Génie Alimentaire

Présenté par

M^{lle} SADI Chalabia & M^{lle} TIGHIDET Sara

Thème

Évaluation des propriétés de thé vert incorporé avec quelques épices

Soutenue le 04 / 07 /2023

Devant le jury composé de :

Nom et Prénom	Grade		
M ^{me} BOURAS. KAHINA	MCA	Université de Bejaia	Présidente
M ^{me} ARKOUB. LYNDA	MCA	Université de Bejaia	Examinatrice
M ^{me} BEY ZAKIA	MAA	Université de Bejaia	Encadrante

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciements

Nous tenons, en premier lieu, à remercier Dieu le tout puissant, clément et miséricordieux qui nous a donné la force, la volonté et le courage pour achever ce modeste travail.

Nos sincères remerciements les plus profonds et les plus chaleureux s'adressent à notre promotrice : Mme Bey.Z , qui nous a donné l'honneur de diriger ce travail ,pour tout l'aide fournie et ses précieux conseils.

Nous tenons à remercier les membres du jury d'avoir accepté d'examiner notre mémoire et de faire partie du jury, c'est un grand honneur pour nous

Nous remercions également l'équipe pédagogique de l'université de Bejaïa, les responsables de notre formation et les membres du laboratoire pour leurs gentillesse, le partage des connaissances scientifiques, leur collaboration, leur soutien et leur influence positive qui se propage autour d'eux.

Un grand merci à nos parents, pour tout l'amour et le soutien qu'ils nous ont apporté à tous les moments de notre vie. Ils sont toujours été une source de tendresse et un modèle de travail, de sagesse et d'humilité.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous ceux qui ont contribués de prêt ou de loin à mener à terme ce travail.

Merci à tous et à toutes

Dédicaces

Je dédie ce travail

Aux deux êtres les plus chers au monde, cette source de tendresse, de patience et de générosité, mes parents en reconnaissance de leurs efforts, leurs amour et leurs encouragements et sans eux je n'aurais jamais pu atteindre mon objectif, que dieu me les garde.

A mes frères Walid et Abed Raouf.

A ma meilleure copine Narimane.

A mes très chers Chalabia, Lamia, tinhinane, idira et yasmine.

A notre promotrice Mme BEY pour son encadrement tout au long de ce travail.

A toute ma famille.

A toute personne qui m'aime et que j'aime.

Sara

Dédicace

Avant tout, je suis reconnaissant envers Dieu Tout-Puissant de m'avoir donné la force, la santé et les moyens de pouvoir accomplir ce modeste travail.

Du fond de mon cœur, je dédie ce travail à tous ceux qui me sont chers Dédicace

A mes chers parents

Aucune dédicace ne saurait exprimer mon respect, mon amour éternel et ma considération pour les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien-être. Je vous remercie pour tout le soutien et l'amour que vous me portez depuis mon enfance et j'espère que votre bénédiction m'accompagne toujours. Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices. Puisse Dieu, le Très Haut, vous accorder santé, bonheur et longue vie .

***En mémoire de mon grand-père** ce travail lui est dédié, car il m'a toujours encouragé et motivé dans mes études.*

***A ma chère grand-mère** qui je souhaite une bonne santé.*

***A mes chers frères** Hamadi, Abderrezzaq, Oussama pour leur appui et leur encouragement.*

***A mes chères sœurs** Saloua, Manal pour leurs encouragements permanents et leur soutien moral.*

***A mon cher** Lhani qui a été ma source de force et de soutien.*

*Je tiens à remercier Madame **Bey.Z**, mon encadrante, pour sa patience, sa disponibilité et ses conseils avisés.*

Je souhaitais exprimer ma gratitude envers ma binôme Sarah, qui a partagé avec moi tous les moments de bonheur et de joie. Sa présence et son soutien ont été essentiels pour moi.

A tous ceux qui me sont chers, aux personnes qui m'ont aidé et encouragé de près ou de loin, qui étaient toujours à mes côtés et qui m'ont accompagné durant mon chemin d'études.

Chalabia

Table des matières

Remerciement	
Dédicaces	
Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction générale	1

Chapitre I : Généralité sur le thé vert

I.1. Le thé vert	2
I.1.1. Historique	2
I.1.2. Description botanique	2
I.1.3. Classification systématique	3
I.1.4. Origines et répartition géographique	3
I.1.5. Procédé de fabrication	3
I.1.5.1. cueillette.....	4
I.1.5.2. Flétrissage	4
I.1.5.3. Torréfaction	5
I.1.5.4. Roulage	5
I.1.5.5. Séchage	5
I.1.6. Les différents types de thé.....	5
I.1.6.1. Thé blanc	5
I. 1.6.2. Thé vert.....	6
I.1.6.3. Thé noir.....	6
I.1.6.4. Thé jaune	6
I.1.6.5. Thé oolong	7
I.1.6.6. Thé vieillis	7
I.1.7. Composition chimique des feuilles de théier	8
I.1.8. Activités biologiques du thé.....	9
I.1.8.1. Activités antioxydantes.....	9
I.1.8.2. Activité antidiabétique.....	9
I.1.8.3. Activité anti-inflammatoire.....	9
I.1.8.4. Effets anticancéreux.....	10

I.1.8.5. Effets cardiovasculaires	10
---	----

Chapitre II: Généralité sur les épices

II.1.Epices.....	11
II.1.1. Armoise.....	11
II.1.1.1. Description botanique.....	11
II.1.1.2. Classification botanique	11
II.1.1.3. Composition chimique	12
II.1.1.4. Activité biologique	12
II.1.2.Gingembre.....	13
II.1.2.1. Description botanique.....	13
II.1.2.2. Classification botanique	14
II.1.2.3. Composition chimique	14
II.1.2.4. Activités biologiques.....	16
II.1.3. Etoile d’anis	17
II.1.3.1. Description botanique.....	17
II.1.3.2. Classification botanique	17
II.1.3.3. Composition chimique	18
II.1.3.4. Activités biologiques.....	18
II.1.4. Clou de girofle	19
II.1.4.1. Description botanique.....	19
II.1.4.2. Classification botanique	19
II.1.4.3. Composition chimique	20
II.1.4.4. Activités biologiques.....	20
II.1.5. Cannelle	21
II.1.5.1. Description botanique.....	21
II.1.5.2. Classification botanique	22
II.1.5.3. Composition chimique	22
II.1.5.4. Activités biologiques.....	23
II.1.6. Menthe (<i>mentha spicata</i> L)	24
II.1.6.1. Description botanique.....	24
II.1.6.2. Classification botanique	25
II.1.6.3. Composition chimique	25
II.1.6.4. Activités biologiques.....	26

Chapitre III : Matériels et méthodes

III.1. Matière végétale	27
III .2. préparation des extraits aqueux	27
III .3. Analyse quantitative	27
III .3.1. Dosage des polyphénols	27
III .3.2. Dosage des flavonoïdes	28
III.4. Evaluation de l'activité antioxydante	29
III.4. 1. piégeage du radical DPPH (diphényl picryl-hydrazyl).....	29
III.4. 2. Pouvoir réducteur	30
III.4. 3. Activité antioxydante total.....	30
III.5. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire.....	31
III.6.Etude statistique.	31

Chapitre IV : Résultats et discussion

IV.1.Analyse quantitative.....	32
IV.1.1. Teneur en polyphénols	32
IV.1.2.Teneur en flavonoïdes	33
IV.2.Activité antioxydante	35
IV.2.1.Piégeage du radical DPPH	35
IV.2.2.Pouvoir réducteur	37
IV.2.3.Activités antioxydante total.....	38
IV.3.Activité anti-inflammatoire.....	39
Conclusion.....	42

Références bibliographiques

Annexes

Résumé

Liste des abréviations :

DPPH : 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl

BHA : Butyle hydroxyle anisole

EGCG : epigallocatechine gallate

EAG: e équivalent acide gallique

EAA: équivalent acide ascorbique

EQ : équivalent quercitrine

BSA : Bovine Albumine Sérique

TCA : acide trichloracétique

pH : potentiel hydrogéné

IC₅₀ : concentration inhibitrice de 50% des radicaux libre

CR_{0,5} : Capacité réductrice à 0,5

Liste des tableaux

Tableau I : classification botanique de <i>camelia sinensis</i>	3
Tableau II : Composition chimique des feuilles du thé vert.....	8
Tableau III : Classification botanique d' <i>Artemisia Herba –Halba</i>	11
Tableau IV : Valeur nutritive de la plante <i>Artemisia herba alba</i> Asso	12
Tableau V : composition chimique des huiles essentielles d' <i>Artemisia herba alba</i>	12
Tableau VI : Classification botanique de gingembre.....	14
Tableau VII : composition de rhizome de gingembre	15
Tableau VIII : classification botanique d'étoile anis.....	17
Tableau IX : composition chimique des huiles essentielles d'anis étoilé	18
Tableau X : classification botanique de clou de girofle	19
Tableau XI : composition chimique de clou de girofle.....	20
Tableau XII : classification botanique de la cannelle.....	22
Tableau XIII : composition chimique de l'écorce de cannelle	22
Tableau XIV :classification botanique de la menthe	25
Tableau XV : Principaux composants chimiques de l'huile essentielle du <i>M. spicata</i>	25
Tableau XVI : Teneurs en polyphénols des différents thé ert aromatisé.....	32
Tableau XVII : teneur en flavonoïdes des différents thé vert aromatisé.	34
Tableau XVIII : l'activité anti radicalaire (exprimé par IC_{50}) des extraits testés.....	35
Tableau XX : le pouvoir réducteur (exprimé par $CR_{0,5}$) des antioxydants des extraits testés.	37
Tableau XX : l'activité antioxydante total des extraits.	38
Tableau XXI : Activités antiinflammatoire des différents extraits.....	39

Liste des figures

Figure1 : plante de <i>Camelia sinensis</i>	2
Figure 2 : les différentes étapes de fabrication du thé	4
Figure 3 : Thé blanc	5
Figure 4 : Thé vert.....	6
Figure 5 : Thé noir.....	6
Figure 6 : Thé jaune	7
Figure 7 : Thé oolong	7
Figure 8 : <i>Artemisia herba-alba asso</i>	11
Figure 9 : Rhizome frais et poudre de gingembre.....	14
Figure 10 : étoile d'anis.....	17
Figure 11 : Bouton de clou de girofle	19
Figure 12 : écorce et poudre de cannelle.....	21
Figure 13 : <i>Mentha spicata L</i>	24
Figure 14 : photographie du Thé vert et différentes épices utilisés	27
Figure 15 : Réaction du test DPPH (2.2 Diphenyl 1 picrylhydrazyl)	29

Introduction générale

Introduction général

Depuis l'antiquité les plantes médicinales sont le pilier de la phytothérapie (**Mittal *et al.*, 2014**), elles sont considérées comme une source exemplaire des remèdes traditionnels en vue de leurs richesses en principe actif.

De nos jours, malgré le développement de la chimie de synthèse, l'utilisation des plantes médicinales a conservé une large place du fait de leur efficacité dans diverses procédures thérapeutiques. Elles constituent un groupe numérique vaste et contiennent des composants actifs utilisés dans le traitement de diverses maladies. Outre leur utilisation comme remède direct, on les emploie aussi dans l'industrie pharmaceutique et cosmétique (**Lazli *et al.*, 2019**). Le thé est une boisson très populaire dans le monde entier provenant de feuilles tendres transformées de la plante de *Camellia sinensis* après infusion avec de l'eau chaude, il est la deuxième boisson la plus consommées après l'eau (**Gonçalves Bortolini *et al.*, 2021; Rana *et al.*, 2021**). Cette dernière est considérée comme une boisson fonctionnelle largement connus comme une denrées essentielle depuis l'antiquité (**Rana *et al.*, 2021**). Traditionnellement il est utilisé contre la toux et les maux de gorge (**Rehman & Fatima, 2018**). Le thé est Une plante riche en métabolites secondaires qui présentent de nombreux avantages pour la santé (**Su *et al.*, 2007**). jusqu'aujourd'hui les études sur les propriétés chimiques et biologique du thé sont en cours de recherche, d'ailleurs il a été démontré qu'il possède des propriétés anti inflammatoire, antidiabétique, cardio protecteur, Ces effets bénéfiques peuvent être attribués à l'activité antioxydante du thé, c'est-à-dire à ses capacités de piégeage des radicaux libres (**Rana *et al.*, 2021**). Le but principal de notre travail est d'évaluer ses activités biologiques du thé vert aromatisées avec quelques épices. Le manuscrit est subdivisé comme suit :

La première partie consacrée pour les données bibliographiques qui englobe des généralités sur le thé et épices utilisées dans cette étude (aspect botanique, composition chimique, activités biologique ...).

La deuxième partie concerne la partie expérimentale et comprend deux parties :

Matériels et méthodes qui comporte la préparation des extraits, les principes et les dosages des polyphénols et les flavonoïdes et l'évaluation de l'activité anti-oxydante et anti-

inflammatoire. La deuxième partie présente les résultats et discussion avec une conclusion générale.

Chapitre I

Généralité sur le thé

I.1. Le thé vert

I.1.1. Historique

Le thé est une boisson largement consommée dans le monde entier, c'est une infusion des feuilles de la plante *Camellia sinensis* cultivée dans au moins 30 pays et pousse mieux dans certaines régions tropicales et subtropicales tel que ; l'Inde, la Chine, le Sri Lanka et le Kenya, Indonésie et Turquie (Es, 2020 ; Krieps, 2009)

Selon la légende chinoise, le thé a été découvert en 2700 avant JC par un empereur Shen Nong par hasard lorsque des feuilles de thé ont soufflé dans une bouilloire d'eau bouillante.

Il a été confiné en grande partie en Asie jusqu'à la fin du XVIe siècle , plus tard, les explorateurs européens ont établi ses tendances commerciales en tant que pionniers (Mahmood et al., 2010) .

I.1.2. Description botanique :

Le théier, dont le nom scientifique est *Camellia sinensis*, est un membre de la famille des théacées, Il existe deux variétés principales, la variété *sinensis* (de Chine) utilisée plus particulièrement pour la production de thés verts avec des feuilles petites et vert olive et la variété *assamica* (d'Assam) utilisée pour les thés noirs à la pousse large, claire et charnue (Mossion, 2007).



Figure1 : plante de *Camellia sinensis* (anonyme I)

Le théier est un arbre ou arbuste à feuilles persistantes qui pousse de 10 à 15m de haut à l'état sauvage et de 0,6 à 1,5m en culture (Iserin et al., 2001 ; Mahmood et al., 2010) .Les feuilles sont dentelées, elliptiques : la partie supérieure est d'un vert vif, la partie inférieure est mate, de couleur vert claire .Les jeunes pousses et les bourgeons sont couverts par un duvet blanchâtre

(c'est pourquoi le nom « pekeo » est donné aux bourgeons (Aubert, 2016). La taille des feuilles est de 5 à 14 cm de longueur sur 1,9 à 5 cm de largeur (Krieps, 2009).

Les fleurs sont blanches parfumées (Iserin *et al.*, 2001), le fruit est une capsule aplatie, lisse, arrondie et trigonale à trois cellules, avec une graine solitaire dans chacune d'elles, de la taille d'une petite noix (Mahmood *et al.*, 2010).

I.1.3. Classification systématique :

Tableau I : classification botanique de *Camellia sinensis* (Mahmood *et al.*, 2010) .

<i>Règne</i>	<i>Plantea</i>
<i>Division</i>	<i>Magnoliophyta</i>
<i>Classe</i>	<i>Magnoliopsida</i>
<i>Ordre</i>	<i>Theales</i>
<i>Genre</i>	<i>Theaceae</i>
<i>Famille</i>	<i>Camellia</i>
<i>Espèces</i>	<i>Camellia sinensis</i>

I.1.4. Origines et répartition géographique :

L'origine du thé se trouve probablement dans le Yunnan chinois (culture de *Camellia sinensis*), dans le nord de l'Inde dans les régions de l'Assam (culture de *Camellia assamica*) en s'étirant jusqu'au Sud de la Chine. En général, les jardins de thé se trouvent souvent dans des régions humides, près des forêts pluvieuses. L'origine du thé se situe surtout en Chine, Inde, Bruma et en Thaïlande, car des plants sauvages de théier ont été retrouvés dans les forêts de ces pays (Krieps, 2009). à nos jours, il est largement cultivé dans toute l'Asie, l'Afrique, et diverses parties du Moyen-Orient (Mahmood *et al.*, 2010).

I.1.5. Procédé de fabrication

Le thé est commercialisé sous trois formes principales : les thés verts (25 % de la production mondiale en 2005), noirs (70 % de la production mondiale en 2005) et semi fermentés ou *Oolong* (5 %). Les trois types principaux du thé proviennent de la même plante (le théier), la différence entre les trois variétés se distingue par le type de traitement des feuilles fraîchement cueillies, L'étape déterminante du traitement est la fermentation, qui permet une modification de la composition chimique des feuilles (Fillon, 2014).

Le procédé de fabrication des différents types du thé est illustré sur **Figure 2** :

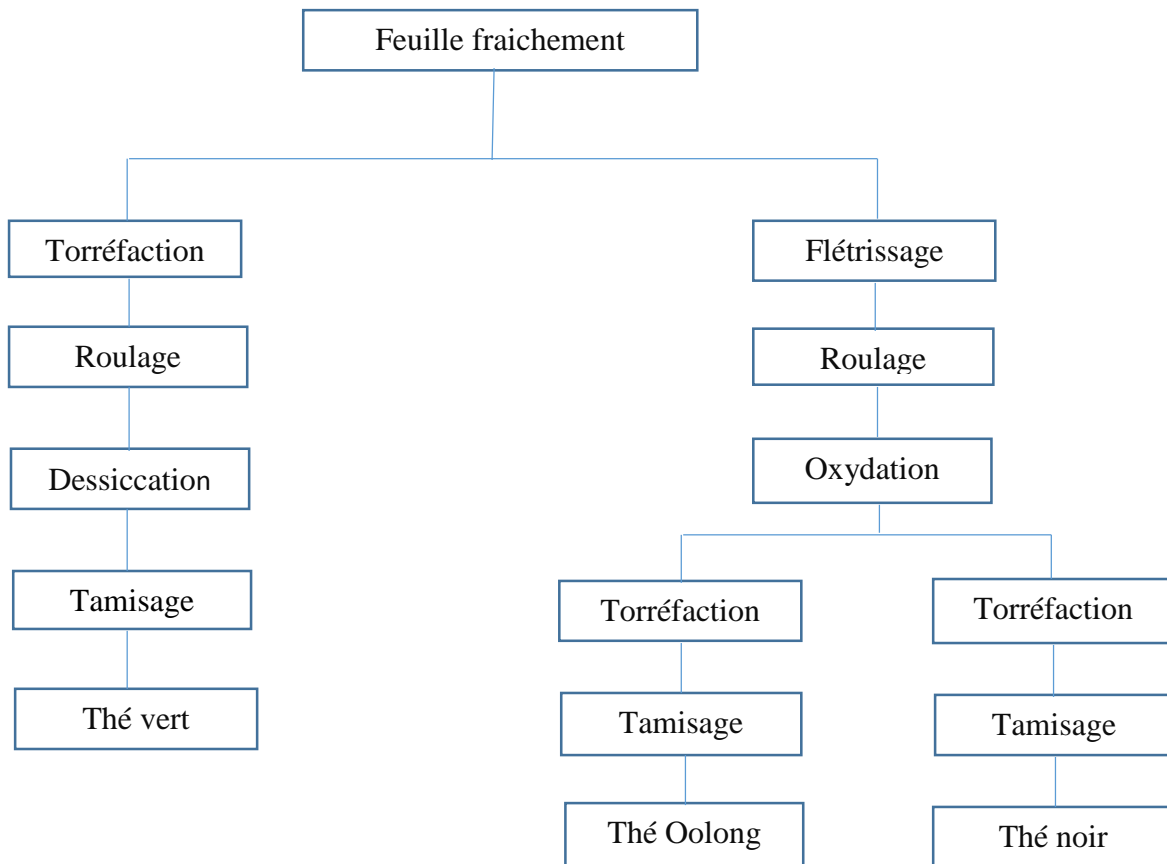


Figure 2 : les différentes étapes de fabrication du thé (Fillon, 2014).

Le thé vert est obtenu selon cinq étapes principales :

I.1.5.1. La cueillette : du thé est bien plus compliquée qu'il n'y paraît, les feuilles ne sont pas censées être arrachées par poignées, mais arrachées une à une, donc la cueillette se fait toujours à la main. La quantité de feuilles récoltées à chaque passage doit être prise en compte pour déterminer la qualité de feuilles de thé. Les feuilles récoltées passent par différentes étapes de transformation, et le traitement des feuilles est caractéristique du thé (vert, noir ou oolong) plutôt que du théier dont elles sont issues (Aubert, 2016).

I.1.5.2. Flétrissage: les feuilles cueillies sont étalées sur des plateaux de séchage, des claies, des toiles ou des treillis métalliques où on les expose à un courant d'air chaud pendant 24 heures. Cette étape réduit leur teneur en eau à environ 50 %. En conséquence, ils sont plus légers et plus flexibles, ce qui facilite le roulage (Aubert, 2016 ; Fillon, 2014).

I.1.5.3. La torréfaction : La torréfaction consiste à chauffer les feuilles quelques minutes à 100°C en atmosphère humide pour inhiber les enzymes responsables de l'oxydation. Cette étape dure entre 30 s et 5min (Mossion, 2007) .

I.1.5.4. Le roulage : cette étape a pour but de donner une forme de bâtonnet aux feuilles, ces dernières sont enroulées sur elles-mêmes dans le sens de la longueur(Mossion, 2007 ; Fillon, 2014).

I.1.5.5. Le séchage : consiste à sécher les feuilles avec de l'air chaud pendant 2 à 3 min avec alternance de périodes de 30 min de repos pour atteindre 5 à 6 % d'eau (Mossion, 2007).

I.1.6. Les différents types de thé :

Les Européens croyaient que les thés verts et les thés noirs provenaient de plantes différentes. Mais réellement c'est le phénomène de l'oxydation qui transforme l'état naturel de la feuille en modifiant sa couleur et son goût. Cette oxydation s'effectue par l'oxydase, une enzyme qui réagit quand les cellules de la feuille de thé sont brisées. Réagissant à l'oxygène, cette enzyme provoque l'oxydation de la feuille, ce qui permet de transformer de nouvelles feuilles fraîchement récoltées en n'importe quelle famille de thé (House& Chartier., 2016).

I.1.6.1.Thé blanc :

Le thé blanc est issu de récoltes très précieuses composées seulement de bourgeons, dans le cas des meilleurs grades. C'est aussi le thé blanc qui subit le moins de manipulations. Les feuilles sont séchées naturellement ou à avec ventilateurs, pour éliminer une partie de leur Humidité. Leur liqueur est peu tannique, rafraîchissante et faible en caféine (House& Chartier., 2016).



Figure 3: Thé blanc (Anonyme II)

I. 1.6.2. Thé vert :

Produit principalement en Chine et au Japon, il en existe plus de 1500 variétés, les thés verts sont les préférés des Orientaux.

Les feuilles fraîches subissent une dessiccation pour arrêter toute possibilité d'oxydation, ce qui conduit à une augmentation des tannins et du caractère végétal de la liqueur (**House& Chartier., 2016**).



Figure 4: Thé vert (**Anonyme III**)

I.1.6.3. Thé noir :

Il représente environ 72 % de la production mondiale totale de thé. Alors que la plupart des antioxydants (epigallocatechine gallate) sont oxydés pendant la fermentation, le thé noir conserve des quantités importantes de polyphénols antioxydants tels que les flavonoïdes. Ces antioxydants aident à éliminer les toxines nocives du corps (**Sharangi, 2009**).



Figure 5: Thé noir (**Anonyme IV**)

I.1.6.4. Thé jaune :

Le thé jaune, subit une légère oxydation par étouffement en recouvrant les feuilles encore chaudes après la dessiccation avec un linge humide. Il en résulte une légère oxydation des

enzymes cela donne à la feuille une couleur jaunâtre présente également dans sa liqueur (House& Chartier., 2016).



Figure 6: Thé jaune (Anonyme V)

I.1.6.5. Thé oolong :

Le processus du thé oolong datant d'environ trois siècles, consiste à oxyder partiellement les feuilles, qui sont ensuite intensément roulés ou torsadés. Il existe deux types principaux en chine et en Taiwan : ceux qui subissent une oxydation d'environ 10 à 45 % et qui sont similaire aux thés verts par leurs arômes floraux légèrement sucrés ; et ceux qui sont oxydés de 45 à 70 %, ce qui leur donne une saveur boisées, fruitées et parfois même caramélisées... (House& Chartier., 2016).



Figure 7: Thé oolong (Anonyme VI)

I.1.6.6. Thé vieillis :

Originaires du Yunnan (sud de la Chine), où les feuilles étaient récoltées sur de vieux théiers sauvages avant d'être compressées pour faciliter leur transport, les thés vieillis sont encore

aujourd'hui une spécialité de la Chine. La médecine chinoise les utilise depuis plusieurs siècles pour leurs vertus digestives et leur action nettoyante (House & Chartier., 2016).

I.1.7. Composition chimique des feuilles de théier :

Le thé contient près de 4000 composés bioactifs dont un tiers est apporté par les polyphénols (Namita *et al.*, 2012).

Les composants chimiques des feuilles de thé comprennent les polyphénols (catéchines et flavonoïdes), les alcaloïdes (caféine, théobromine, théophylline, etc.), les huiles volatiles, les polysaccharides, les acides aminés, les lipides, les vitamines (par exemple, la vitamine C), les éléments inorganiques (l'aluminium, fluor et manganèse), etc. Le thé vert contient six composés primaires de catéchine, à savoir la catéchine, la gallo catéchine, l'épicatéchine, l'épigallocatechine, l'épicatéchine gallate et l'épigallocatechine gallate (EGCG), ce dernier étant le composant le plus actif (Sharangi, 2009). La composition chimique du thé, en particulier les composés phénoliques, peut varier en raison des facteurs géographiques, génétiques, écologiques, physiologiques et de transformation. La transformation joue un rôle important dans la composition phénolique, puisque certains composés ne sont mis en évidence qu'après la fermentation des feuilles, et certains composés sont dégradés au cours de ce processus (Gonçalves Bortolini *et al.*, 2021).

Tableau II: Composition chimique des feuilles du thé vert (Fillon, 2014).

COMPOSÉS	POURCENTAGE DE LA MATIÈRE SÈCHE
Polyphénol	20-36%
Flavanols	20-30%
Flavonols	3%
Acide phénoliques	5%
Méthyl-xanthines	3,5%
Caféine	2-4%
Théobromine	0,2%
Théophylline	0,02-0,04%
Protéines	15%
Acide aminé	4%
Glucides	25-30%
Lipides	2-16%
Vitamine et minéraux	5%
Acide organique	0,5-1,5%
Pigments liposolubles	<0,5%
Composés volatils	<0,1

I.1.8. Activités biologiques du thé :

De nombreuses études ont indiqué que le thé et ses composants bioactifs possèdent de multiples effets bénéfiques pour la santé, notamment antioxydant, anti-inflammatoire, anticancéreux, cardio-protecteur, anti-diabète, anti-obésité(**Tang et al., 2019**).

I.1.8.1. Activités antioxydantes :

L'action fortement antioxydant du thé vert vient des polyphénols (**Iserin et al., 2001**), dont les catéchines, les théaflavines et les théarubigine. De nombreuses études ont confirmé l'activité de piégeage des radicaux libres de l'EGCG in vitro et in vivo. Les catéchines du thé se sont révélées être de meilleurs antioxydants que les vitamines C et E, le tocophérol et le carotène. L'activité antioxydante des polyphénols du thé n'est pas seulement due à leur capacité à piéger le superoxyde, mais également à l'activité accrue de certaines enzymes détoxifiantes telles que la glutathion peroxydase, la glutathion réductase, la glutathion-S-transférase, la catalase et la quinone réductase dans l'intestin grêle, le foie et les poumons. Les propriétés antioxydantes du thé peuvent prévenir l'athérosclérose (c'est-à dire le durcissement, l'épaississement ou la perte d'élasticité des artères), en particulier les maladies coronariennes(**Sharangi, 2009**).

I.1.8.2. Activité antidiabétique

Au cours des deux dernières décennies, diverses études ont montré que le thé, en particulier le thé vert a un effet antidiabétique, Il abaisse les niveaux de glucose dans le sang des souris diabétiques sans affecter les niveaux d'insuline(**Namita et al., 2012**).

Il a été rapporté que la consommation de boissons au thé améliore l'hyperglycémie, offrant ainsi des avantages aux patients atteints de diabète de type 2. Des études in vitro ont démontrés que le thé inhibe l' α -glucosidase, retarde l'absorption du glucose et réduit l'hyperglycémie Les extraits de thé vert, ont exercé une forte activité inhibitrice contre l' α -glucosidase, il a été démontré également in vivo que l'extrait aqueux de thé noir inhibait l'hydrolyse des disaccharides en monosaccharides par l' α -glucosidase dans l'intestin grêle.

Ainsi, la consommation de thé peut être une stratégie prometteuse pour prévenir et traiter le diabète et ses complications en régulant l'absorption et le métabolisme du glucose, en contrôlant le taux de glucose postprandial et en améliorant la résistance à l'insuline(**Tang et al., 2019**).

I.1.8.3. Activité anti-inflammatoire

L'effet anti-inflammatoire important du thé et de ses constituants bioactifs a été démontrée avec un aperçu de plusieurs mécanismes d'action, à potentiel thérapeutique et de traitement des maladies inflammatoires. Plusieurs groupes de recherche ont étudié l'activité anti-inflammatoire in vitro du thé et les mécanismes associés et elle a été évaluée plus en détail in vivo, chez des rats arthritiques induits par un adjuvant et il a été découvert que les extraits du thé vert ont remarquablement atténué l'arthrite chez les rats, accompagnés d'une amélioration de l'inflammation.

En gros, à partir des nombreuses données épidémiologiques, il a été établi que les extraits de thé et ses composants bioactifs possèdent une forte activité anti-inflammatoire et peuvent donc être un agent potentiel de l'arthrite, de la septicémie, les mécanismes comprenant principalement la régulation de facteurs pro-inflammatoires et anti-inflammatoires, comme les interleukines, chimiokines, , ainsi que les voies de signalisation associées(**Tang et al., 2019**).

I.1.8.4. Effets anticancéreux

Les flavonoïdes du thé vert sont considérés comme des agents chimio préventifs, les catéchines du thé vert ont gagné en importance dans la prévention du cancer en raison de leur similitude de structure avec les chaperons et de leurs interactions avec les molécules cibles en interagissant de la même façon avec diverses protéines y compris celles qui sont impliquées dans le développement de cancer et induit des effets inhibiteurs ou stimulants et régule leurs activités . Ces propriétés suggèrent que le thé vert prévient le cancer en raison de son activité de chaperon (**Mahmood et al., 2010 ; Kuzuhara et al., 2008**). .

.1.8.5. Effets cardiovasculaires

Des études épidémiologiques montrent qu'un apport élevé en flavonoïdes provenant du thé peut réduire l'incidence des maladies coronariennes car il améliore la vasomotion.

Diverses études animales ont montré une activité hypolipidémie par l'utilisation de constituants du thé vert. Dans une étude utilisant 2,5 % de thé vert, les feuilles nourries aux rats pendant plusieurs semaines ont entraîné une diminution du cholestérol sérique, des triglycérides et n'ont montré aucune toxicité pour les reins et le foie(**Mahmood et al., 2010**).

Chapitre II

Généralité sur les épices

II.1. Epices

II.1.1. Armoise

II.1.1.1. Description botanique :

Artemisia herba-alba Asso (" armoise blanche "en français et " shaih " en arabe).

C'est un genre de petites herbes et arbustes que l'on trouve principalement dans les régions tempérées du nord (Abu-Darwish *et al.*, 2015) . Cette espèce appartient à la famille des Astéracées et compte environ 400 espèces réparties sur les cinq continents. Parmi les 13 espèces les plus importantes, on trouve l'*Artemisia herba-alba*, une plante herbacée de 30-60 cm de hauteur, à tiges nombreuses et tomenteuses, très feuillues avec une souche épaisse (Ghanmi *et al.*, 2010). Les fleurs sont regroupées en grappes, avec des capitules ovoïdes très petites de 1,5 à 3mm de diamètre, de couleur jaune à rougeâtre. Les feuilles sont caractérisées par une forte odeur aromatique (Bezza *et al.*, 2010)



Figure 8: *Artemisia herba-alba* asso (AnonymeVII)

II.1.1.2. Classification botanique

Tableau III : Classification botanique d'*Artemisia Herba –Halba* :(Mohamed *et al.*, 2010)

Règne	Plante
Sous règne	Tracheobionta
Superdivision	Spermatophyta
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Asteridae
Ordre	Asterales
Famille	Asteraceae
Sous famille	Asteroideae

Tribu	Anthemideae
Sous tribu	Artemisiinae
Genre	Artemisia
Sous genre	Seriphidium
Espèce	ArtemisiaHerba -Halba

II.1.1.3. Composition chimique

la valeur nutritive et la composition chimique des huiles essentielles de la plante d'*Artemisia herba alba* sont illustrées dans les tableaux suivant

Tableau IV : Valeur nutritive de la plante *Artemisia herba alba* Asso. (Boussaid *et al.*, 2004)

MS%				Ext	P	Ca	K	Na	MAD
M.m	MC	MA	MG	n.az					g/KgMS
11,7	26,3	14,1	4,1	43,2	0,22	1,33	2,68	0,79	118

(MS) Matière sèche ; (M.m) matière minéral ; (MC) matière cellulosique ; (MA) matière azotée ; (MG) matière grasse ; (MAD) matière azotée digestible ; (Ext n. az.) extrait non azoté ; (P) phosphore ; (Ca) calcium ; (K) potassium ; (Na) sodium.

Tableau V : composition chimique des huiles essentielles d'*Artemisia herba alba* (Akrouit *et al.*, 2010)

Composées	Quantité (%)
Sabinéne	1,4
1-8, cineole	6
α -thuyone	25,5
β -thuyone	30
Trans-pinocarveol	1,3
Camphor	4,5
Chrysanthénone	0,5
Bornéol	1
Terpinène-4-ol	2,8
Acétate de bornyle	5,7
Camphène	0,8

II.1.1.4. Activité biologique

Artemisia herba-alba Asso, une plante médicinale fortement aromatique, a été utilisée depuis l'Antiquité par de nombreuses cultures dans le cadre de la médecine traditionnelle. Elle est

largement reconnue pour ses propriétés curatives et est utilisée pour traiter divers troubles inflammatoires tels que le rhume, la toux, la bronchite et la diarrhée. De plus, elle est également employée pour lutter contre les maladies infectieuses telles que les affections cutanées, la gale et la syphilis, ainsi que pour le traitement du diabète et des névralgies.

Dans la médecine traditionnelle jordanienne, cette plante est spécifiquement utilisée comme antiseptique pour les maladies de peau, la gale et la syphilis. De plus, elle est également employée pour réduire la fièvre, soulager les troubles menstruels et atténuer les problèmes nerveux (Abu-Darwish *et al.*, 2015)

Mighri *et al.*, (2010) ont évalué l'activité antioxydante de l'huile essentielle de l'armoise blanche d'origine Tunisienne par trois méthodes différentes :

- DPPH (2,2-diphényl-1-1-picrylhydrazil).
- ABTS (2,2'-azinobis-3-éthylbenzthiazoline-6-sulphonic).
- Technique d'inhibition de l'oxydation du couplée de l'acide linoléique.

Les résultats ont montré que cette huile essentielle d'*A. herba-alba* présente :

- Une faible capacité antioxydante pour prévenir l'oxydation de l'acide linoléique (12,5%), et réduire les radicaux libre DPPH (IC50 = 8,552 µg/ml) et ABTS (27,6 µmol Trolox Equivalent/g).

II.1.2. Gingembre

II.1.2.1. Description botanique

Gingembre (*Zingiber officinale Roscoe*), originaire d'Asie du Sud (Braga *et al.*, 2006). Le gingembre est une plante tropicale herbacée vivace poussant dans les régions ensoleillées et humides, se dressant sur une tige de 1.5 m en moyenne, mais pouvant atteindre 3 m de haut

La partie souterraine, la plus utilisée est le rhizome. Celui-ci se divise dans un seul plan et est constitué de tubercules globuleux ramifiés. La peau du rhizome est beige pâle et sa chair est jaune pâle juteuse et parfumé. La cassure est fibreuse et granuleuse, l'odeur est aromatique avec une saveur chaude et piquante (Gigon, 2012).

Les feuilles sont persistantes, lancéolées et pointues pouvant atteindre une vingtaine de centimètres. Elle possède deux sortes de tiges : tiges hautes stériles servant à l'assimilation chlorophyllienne et des tiges plus courtes (20 cm environ) portant des fleurs irrégulières en épi. L'inflorescence se présente en courts épis axillaires très serrés, à tige couverte d'écailles, avec

des fleurs parfumées, de couleur blanche à jaunâtre munies de bractées pourpres (Faivre *et al.*, 2006 et Gigon, 2012).

La floraison a lieu entre les mois d'août et de novembre. Les fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires. En raison de son aspect esthétique et de son adaptabilité en climat chaud, le gingembre est souvent utilisé pour l'aménagement paysager dans les régions subtropicales(Gigon, 2012).



Figure 9 : rhizome frais et poudre de (Anonyme VIII)

II.1.2.2. Classification botanique :

Tableau VI : Classification botanique de gingembre(Gigon, 2012).

Règne	plantea
Division	Angiospermes
Classe	Monocotylédones
Sous-classe	Zingibéridées
Ordre	Zingibérales
Famille	Zingibéracées
Sous-famille	Zingibéroïdées
Genre	Zingiber

II.1.2.3. Composition chimique

L'analyse chimique du gingembre montre qu'il contient plus de 400 composés différents.

Tableau VII : composition de rhizome de gingembre(Prasad & Tyagi, 2015 ;Khan *et al.*, 2019 ; Faivre *et al.*, 2006) .

constituants	Quantités (%)
Glucides	50-70%
Lipides	3-8%
Protéine	9%
eau	9-12%
Composées phénoliques	
Gingérols	23-25%
Shogaol	18-25%
Huiles essentielles	
Sesquiterpènes	
Zingibrène	30%
β -sesquiphellandrène	9%
β -phellandrène	4,2%
Germacrène B	0,6%
Germacrène D	0,4%
ar - curcumène	8%
α -curcumène	7-19%
Monoterpènes	
Linalol	0,6%
Citronnellol	2%
Monoterpènes	
Limonène	3,1%
α -pinène	2,5%
B-pinène	0,4%
Camphène	8%
Myrcène	0,9%
β -phellandrène	4,2%
Monoterpènes	
Citronnellal	0,4%
Phellandral	0,2%
Néral	0,5%
Géranial	0,9%

Les principaux constituants des rhizomes de gingembre comprennent les glucides, les lipides, les huiles essentielles (terpènes) et les composés phénoliques. Les huiles essentielles du gingembre comprennent le zingiberène, β -sesquiphellandrène, et α -curcumène, α -curcuméne, tandis que les composés phénoliques comprennent le gingérol, les paradols et le shogaol. Ces gingérols et shogaol se trouvent en plus grande quantité que les autres. Outre ceux-ci, des acides aminés, des fibres brutes, des cendres, des protéines, des phytostérols, des vitamines (par exemple, l'acide nicotinique et la vitamine A, la vitamine B6, la vitamine C) et des minéraux sont également présents (Prasad & Tyagi, 2015).

II.1.2.4. Activités biologiques

De multiples propriétés pharmacologiques sont à mettre à l'actif du rhizome de gingembre. Cette plante d'une composition exceptionnelle révèle des propriétés antitumorales, antioxydantes, anti-inflammatoires, anti-infectieuses, de protection cellulaire (cutanée et hépatique), une action antiulcéreuse, des activités antidiabétique et hypolipémiante, immunomodulatrices et antithrombotiques (Gigon, 2012).

Les extraits de racines de gingembre contiennent des composés polyphénoliques (6-gingerol et ses dérivés), qui ont une activité antioxydante élevée. Les composés antioxydants sont des composés largement utilisés pour contrer les radicaux libres médiant le stress oxydatif dans la cellule. La propriété antioxydante du gingembre est une activité extrêmement importante qui peut être utilisée comme agent préventif contre un certain nombre de maladies (Gupta & Sharma, 2014).

L'effet anti hyperglycémiant a été fortement influencé par le gingembre et ses constituants. Il a été confirmé par des études sur des modèles animaux que le gingembre et ses extraits ont un effet considérable sur la réduction de la glycémie dans les groupes diabétiques et non diabétiques. Outre ce gingembre retarde également l'activité de la glycosidase intestinale avec l'amylase qui finalement diminue l'absorption du glucose à l'intérieur des cellules (Khan *et al.*, 2019).

Le gingembre contient de puissants composés anti-inflammatoires appelés gingérols sont efficaces pour inhiber la synthèse et la libération des cytokines et ils sont efficaces pour moduler les voies biochimiques actives dans les inflammations chroniques (Talebi *et al.*, 2021).

II.1.3. Etoile d'anis

II.1.3.1. Description botanique

Anis étoilé (*Illicium verum*) est un petit arbre de la famille des plantes Illiciaceae. *Illicium verum* est un arbre ou un arbuste persistant bien ramifié qui mesure environ 8–15 m de hauteur, L'écorce est blanche à gris clair. Les feuilles sont vert clair, lancéolées, coriaces et alternes, mesurent de 6 à 12 cm de long, et se trouvent à l'extrémité des rameaux. Les fleurs sont solitaires, bisexuelles, de couleur blanc-jaune ou verdâtre d'un diamètre de 1 à 7 cm. Ils poussent seuls ou disposés en grappes. Le fruit est en forme d'étoile composé de six à dix follicules semblables à des capsules avec une petite graine brune à l'intérieur de chacun. Les graines sont ovoïdes et présentent une surface brillante et lisse. Chaque partie du fruit possède une senteur aromatique(Sharafan *et al.*, 2022).



Figure 10: étoile d'anis (Anonyme IX).

II.1.3.2. Classification botanique

Tableau VIII : classification botanique d'étoile anis (Wang *et al.*, 2011).

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Sous classe	Magnoliidae
Ordre	Austrobaileyales

Famille	Illiciaceae
Genre	Illicium
Espace	Illicium verum

II.1.3.3. Composition chimique

L'anis étoilé est une source bien connue de glucides, protéines, vitamine A et acide ascorbique. Il contient des protéines (2-4g), des glucides (65-75g), des lipides (4-6g), des fibres alimentaires et des sucres. L'anis étoilé est riche en minéraux, notamment de sodium, de calcium, de zinc, de magnésium, de potassium, de fer et de cuivre, etc. Près de 359 kcal d'énergie sont obtenues pour 100 g d'anis étoilé(Boota *et al.*, 2018).

La composition chimique des huiles essentielles d'anis étoilé est détaillé dans le **tableau IX** :

tableau IX : composition chimique des huiles essentielles d'anis étoilé (Yu *et al.*, 2021).

Composants	Quantités (%)
Trans-anéthole	81,40 – 95,36
Limonène	0,40 – 6,50
Linalol	0,30 – 0,80
P-anisaldehyde	0,60 – 1,84
B-Caryophyllène	0,10 – 0,60
α - Pinéne	0,70
β -phellandréne	0,20

II.1.3.4. Activités biologiques

L'étoile d'anis est une plante médicinale importante qui est un dépositaire de divers types de molécules bioactives. Les études scientifiques récentes ont prouvé que le fruit et l'huile essentielle de cette plante sont caractérisés par des activités biologiques telles que des effets antibactériens, antifongiques, anti-inflammatoires et antioxydants.

Son effet antioxydants est lié à sa forte teneur en phénylpropanoïdes (92,2 %) dont la transe-anéthol. Ils ont supposé que les doubles liaisons de transe-anéthole et l'effet synergique des différents composants de l'huile essentielle a contribué à l'activité antioxydante(Sharafan *et al.*, 2022).

L'action anti-inflammatoire a été évalué par une étude menée par (Sung *et al.*, 2012) , leurs résultats expérimentaux fournissent des preuves scientifiques pour l'utilisation d'illicium verum dans le traitement des maladies inflammatoire.

II.1.4. Le clou de girofle

II.1.4.1. Description botanique

Le giroflier du nom scientifique *Syzygium aromaticum* est un arbre originaire des îles de l'archipel des Moluques (Indonésie). Il peut atteindre une hauteur moyenne de 10 à 12 mètres, jusqu'à 20 mètres de haut, avec un port pyramidal et un tronc gris clair ridé. Ses feuilles, de 8 à 10 cm de long, sont coriaces, persistantes, opposées, pétiolées, ovales, au limbe lancéolé. La face supérieure est vert rougeâtre et la face inférieure vert sombre, légèrement ponctuée. Elles sont aromatiques et dégagent une forte odeur de clou de girofle au froissement. L'inflorescence comprend des petites cymes (4 à 5 cm) compactes et ramifiées, regroupées en panicules de 3 à 5 petites fleurs parfumées, au calice tubulaire blanc cassé, puis rouge et à la corolle blanc rosé. La fleur hermaphrodite, possède de nombreuses étamines (formant un pompon), et un pistil à ovaire infère à deux loges (Goetz, 2021).

Le nom de clou de girofle provient de leurs formes qui rappellent un clou, d'une couleur brun rougeâtre, mesurant 16 à 20 mm de long et se termine par quatre sépale et quatre pétale fermé qui forment une petite graine au centre (Parle & Khanna, 2011).



Figure 11 : bouton de clou de girofle (Anonyme X)

II.1.4.2. Classification botanique :

Tableau X : classification botanique de clou de girofle (Barbelet, 2018).

Règne	Plantae
Classe	Angiospermes
Sous -classe	Tiporées
Ordre	Myrtales
Famille	Myrtaceae

Sous-famille	Myrtoideae
Genre	Syzygium
Espace	Syzygium aromaticum

II.1.4.3. Composition chimique :

Le clou de girofle représente l'une des principales sources végétales de composés phénoliques tels que les flavonoïdes, les acides hydroxybenzoïques, les acides hydroxycinamiques et les propènes hydroxyphényliques. Les bourgeons de clou de girofle contiennent 15 à 20 % d'huile essentielle, dont le composé majoritaire est l'eugénol, les autres ingrédients de l'huile essentielle de clou de girofle sont la vanilline, l'acide cratégolique, les tanins, l'acide gallotannique, le salicylate de méthyle, les flavonoïdes eugénine, le kaempférol, la rhamnétine, l'eugénitine et les triterpénoïdes comme l'acide oléanolique (Mittal *et al.*, 2014).

La composition chimique du clou de girofle est illustrée dans le **tableau XI**.

Tableau XI: composition chimique de clou de girofle (Mittal *et al.*, 2014).

Composant	Quantités (%)
Huiles essentielles	
l'eugénol	70- 85
l'acétate d'eugényle	15
β -caryophyllène	5-12
sesquiterpènes	
α - cubebène	1,3
α -copaène	0,4
β -humulène	9,1
γ - cadinène	2,6
δ - du cadinène	2,6

II.1.4.4. Activités biologiques

Le clou de girofle est une plante médicinale importante en raison du large éventail d'activités biologique. Les propriétés anti-inflammatoires et antioxydants de clou de girofle sont due à la présence d'une large variété de flavonoïdes, dont le kaempférol, la rhamnétine et le β -caryophyllène (Mittal *et al.*, 2014) .

Il a été rapporté que le Clou de girofle (bourgeons) est un épice présente une activité antioxydante élevées, Il a été mis en évidence l'énorme potentiel du clou de girofle comme piègeur de radicaux (**Cortés-Rojas et al. 2014**), ainsi l'huile de girofle dégage les voies respiratoires, agissant comme un expectorant pour le traitement de nombreuses affections des voies respiratoires supérieures, notamment le rhume, les yeux, la bronchite, les affections des sinus, la toux et l'asthme. Une des études a montré que l'huile essentielle possède un effet antiinflammatoire significatif à des doses de 0,05 ml/kg (90,15 % d'inhibition) et 0,200 ml/kg (82,78 % d'inhibition) (**Mittal et al., 2014**).

De plus certaines données révèlent que *Syzygium aromaticum* agit comme l'insuline dans les hépatocytes, donc la consommation de clou de girofle peut avoir des effets bénéfiques pour le traitement de diabète(**Chakraborty et al., 2005**).

II.1.5. Cannelle

II.1.5.1. Description botanique

Cinnamomum verum est un arbre à feuilles persistantes de la famille des Lauracées, originaire de sri Lanka. Le cannelier atteint une hauteur de 10 à 15 m de long. Ses feuilles sont opposées, de forme ovale à oblongue, glabres et généralement coriace des deux faces. Les feuilles vert foncé mesurent 7–18 cm de long avec des extrémités pointues. Le limbe est blanc verdâtre sur la face inférieure et vert luisant sur la face supérieure. Les fleurs vertes ou blanc jaunâtre sont disposées en panicules avec une senteur unique. Son fruit est une baie qui attirent 1 cm de long composé d'une seule graine(**Singh et al., 2021**)La cannelle est constituée de l'écorce interne du cannelier, qui' est tubulaire isolée ou emboîtée, mats, de 0,2 à 0,7 mm d'épaisseur et environ 30 cm de longueur. La face externe, de couleur brun-jaune, est lisse et marquée de fines stries longitudinales blanchâtres (**Goetz et al., 2012**).



Figure 12 : écorce et poudre de cannelle (Anonyme XI)

II.1.5.2. Classification botanique :

Tableau XII: classification botanique de la cannelle (Likhitha *et al.*, 2022)

Règne	Plantae
Division	Magnoliophyta
Classe	Magnoliopsida
Ordre	Lurales
Famille	Lauraceae
Genre	Cinnamomum
Espèce	Cinnamomum verum

II.1.5.3. Composition chimique

C.verum est un riche réservoir de phytoconstitués diversifiés. Son huile essentielle contient différentes classes de composés comme les monoterpènes, les diterpènes, les sesquiterpènes, les hydrocarbures oxygénés et les polyphénols, cinnamaldéhyde, eugénol, (E)-caryophyllène (Singh *et al.*, 2021). La composition détaillée est dans le tableau suivant :

Tableau XIII: composition chimique de l'écorce de cannelle (Lallemand *et al.*, 2000 ; Singh *et al.*, 2021).

composant	Quantité (%)
Eau	8
Cellulose	33
Amidon	25
Protide	4
Lipide	2
Composés minéraux	5,5
aldéhyde	2

Cinnamaldéhyde	74,49
Alcool	
Linalol	3,70
α -Terpinéol	0,76
Esters	
Acétate de cinnamyle	8,78
Phénols	
Eugénol	71
Acides	
Acide férulique	0,022
Acide caféique	0,009
Monoterpènes	
Limonène	1.21
α -Pinène	3.34
Sesquiterpènes	
β -Caryophyllène	8

II.1.5.4. Activités biologiques

La richesse de l'huile essentielle de la cannelle, a produit une plante aux nombreuses activités biologiques, à savoir antioxydant, antibactérien, antifongique, anti-inflammatoires et antidiabétique.

Les composés phénoliques de la cannelle présentent un bon potentiel antioxydant, il été rapporté que l'huile essentielle de la cannelle possède une activité antioxydante puissante, comparable à celle de l'hydroxyl anisole butylé (BHA) antioxydant synthétique.

Les extraits et l'huile essentielle de *C.verum*, possède également une bonne activité anti-inflammatoire, ayant été démontré par plusieurs études in vivo ; des souris ont été induites par une arthrite médiée par le collagène et ont été traitées avec de l'extrait de cannelle, donc Il a été conclue que l'huile essentielles a réduit l'inflammation arthritique et a inhibé la production des cytokines pro-inflammatoires(Singh *et al.*, 2021).

La cannelle est signalée comme une plante antidiabétique puissante, d'après des études il a été démontré que la glycémie est abaissée de façon significative à une dose de 100 mg/kg de poids corporel (Goetz *et al.*, 2012).

II.1.6. Menthe (*mentha spicata L*)

II.1.6.1. Description botanique

La menthe verte ou menthe crépue, *Mentha spicata L.* est une plante vivace de la famille des Lamiacées (ou Labiacées, Labiées), du genre *Mentha*, cultivée comme plante aromatique.

(El-Haoud *et al* , 2018).

La menthe verte, scientifiquement appelée *M. spicata L.*, est une plante herbacée vivace qui peut atteindre une hauteur de 30 à 100 cm. Elle présente des tiges et un feuillage qui peuvent varié de glabres à poilus, ainsi qu'un rhizome souterrain charnu et étalé. Les feuilles mesurent entre 5 et 9 cm de long et entre 1,5 et 3 cm de large, avec une marge dentelée. La tige, caractéristique de la famille des herbes à la menthe, a une forme carrée. La menthe verte produit de minces épis de fleurs, chaque fleur mesurant entre 2,5 et 3 mm de long et de large, et pouvant être rose ou blanche. (Snoussi *et al.*, 2015).

Il existe de nombreuses variétés de *Mentha spicata L.*, parmi lesquelles les plus courantes sont :

- *Mentha spicata L. var. glabra* (glabre)
- *Mentha spicata L. var. crispa* (crépue, frisée)
- *Mentha spicata L. var. nahna* (du Maroc) (Carlier-loy, 2015)



Figure 13: *Mentha spicata L* (Anonyme XII)

II.1.6.2. Classification botanique

Tableau XIV: classification botanique de la menthe (Moon *et al.*, 2009)

Règne	plantea
Ordre	Lamiales
Famille	Lamiaceae
Sous famille	Nepetoideae
Tribu	Mentheae
Sous tribu	Menthinea
Genre	Mentha
Espèce	Mentha spicata L

II.1.6.3. Composition chimique :

Tableau XV : Principaux composants chimiques de l'huile essentielle du *M. spicata* (Ismaili *et al.*, 2014)

Principaux composants Chimiques	Composition en pourcentage Massique (%)
<i>Alphapinène</i>	0,32
<i>Sabinène</i>	0,32
<i>Bétapinène</i>	0,60
<i>Myrcène</i>	0,38
<i>Limonène</i>	9,14
<i>1,8 cinéole</i>	3,80
<i>Linalol</i>	0,21
<i>Alphaterpinéol</i>	1,98
<i>Cis carvéol</i>	1,17
<i>Carvone</i>	57
<i>Pipériténone</i>	0,14
<i>Bétabourbonène</i>	2,79
<i>Bétacaryophyllène</i>	2,96
<i>Germacrène-D</i>	8,12
<i>Delta cadinène</i>	0,29
<i>Oxyde de caryophyllène</i>	0,65

II.1.6.4. Activités biologiques

Mentha spicata possède une valeur médicinale considérable en raison de son importance dans les systèmes de médecine ayurvédique et siddha (médecine traditionnelle indienne). Elle est utilisée pour traiter diverses affections telles que le rhume, la toux, la sinusite, la fièvre, la bronchite, la nausée, les vomissements, l'indigestion, les coliques intestinales et la perte d'appétit. De plus, la menthe peut également avoir un effet apaisant lorsqu'elle est utilisée pour l'insomnie ou les massages. L'huile essentielle de menthe verte s'est avérée avoir une certaine activité antimicrobienne (Yousuf, 2013).

Une étude réalisée par (Barchan *et al.*, 2016), il a été démontré que l'extrait de *Mentha spicata*, à une concentration de 12 mg/ml, présentait une activité antibactérienne puissante contre différentes souches bactériennes (Gram+ et Gram-).

La Menthe verte est souvent utilisée pour extraire des huiles essentielles servant d'agents aromatisants. De plus, son acide rosmarinique possède des propriétés antioxydantes qui en font une précieuse source pour les industries nutraceutiques et cosmétiques (Yousuf, 2013).

Des études ont étudiés les propriétés biologiques d'huiles essentielles provenant de plantes aromatiques, dont *Mentha spicata* L (Martins *et al.*, 2012). L'activité antioxydante a été étudiée pour différentes concentrations d'huile essentielle (1,2 et 4mg/ml), par le test du DPPH, ainsi que l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique.

Les résultats indiquent que l'activité antioxydante mesurée par le test du DPPH était de 26,5%, 26,9% et 31,5% pour les différentes concentrations testées, tandis que pour l'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique, les pourcentages étaient de 7,8%, 13,0% et 14,9%. Dans les deux méthodes, l'activité antioxydante augmentait avec la concentration d'huiles essentielles, et pour certaines concentrations, les résultats étaient significativement différents. Il est important de noter que la capacité de piégeage des radicaux libres était significativement plus élevée que la capacité d'inhibition de l'oxydation de l'acide linoléique (Martins *et al.*, 2012).

Chapitre III

Matériels et Méthodes

III.1.Matière végétale

L'étude porte sur un thé vert chinois commercialisé en Algérie sous le nom "El marwane", dans des boîtes en carton sous vide, additionné de quelques épices : armoise, clou de girofle, écorce de cannelle, poudre de gingembre, étoile d'anis et de la menthe, achetée emballés dans une supérette dans la wilaya de Bejaia.



Figure 14: Photographie de Thé vert et différentes épices utilisés.

III .2. préparation des extraits aqueux :

Une masse de 1g de chaque thé (0,9 g de thé / 0,1gd'épices), est pesée et additionnée a 100ml d'eau distillées dans des bécher en verre pyrex et laissées décocter à 100°C pendant 5min. Les résidus de feuilles de thé sont éliminés par filtration, et les extraits de thé sont refroidis avant de commencer l'analyse.

III .3. Analyse quantitative

III .3.1 .Dosage des polyphénols :

- **Principe**

Le dosage des polyphénols dans les extraits étudié (thé vert et épices) a été estimé par la méthode de Follin-Ciocalteu (**Li et al., (2007)**)

Le réactif de Folin-Ciocalteu, un mélange d'acides phosphotungstiques ($H_3PW_{12}O_{40}$) et phosphomolybdiques ($H_3PMo_{12}O_{40}$), est réduit en oxydes bleus de tungstène (W_8O_{23}) et de molybdène (Mo_8O_{23}) lors de l'oxydation du phénol. Cette réaction se produisant dans des

conditions alcalines est réalisée avec du carbonate de sodium La coloration bleue est suivie à 760 nm et reflète la quantité de polyphénols habituellement exprimée en équivalent acide gallique (Georgé *et al.*, 2005).

- **Protocole**

Dans des tubes à essais, 200µL de chaque extrait sont ajoutés à 1mL du réactif Follin-Ciocalteu (dilué 1/10) en utilisant une micropipette. Le mélange est agité pendant 1 min. Après une incubation de 8 min à température ambiante, 1mL de carbonate de sodium 7,5% (Na₂CO₃) sont ajoutés. Les tubes sont ensuite maintenus à température ambiante et à l'obscurité pendant 1 heure. L'absorbance est lue à $\lambda=765$ nm à l'aide d'un spectrophotomètre UV-Visible. La concentration en polyphénols est déterminée en se référant à la courbe d'étalonnage obtenue en utilisant l'acide gallique comme standard. Les concentrations sont exprimées en mg Equivalent Acide Gallique/ millilitre d'extrait aqueux.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle dans les mêmes conditions opératoires en utilisant l'acide gallique (Annexe II).

III .3.2. Dosage des flavonoïdes :

- **Principe**

Le dosage des flavonoïdes est réalisé selon la méthode colorimétrique au trichlorure d'aluminium AlCl₃, qui forme des complexes acides stables avec le groupe céto du carbone C-4 et le groupe hydroxyle dans en C-3 ou C-5 des flavones et flavonols. Comme il peut former des complexes acides labiles avec les groupes ortho di hydroxyles dans le cycle A ou B des flavonoïdes (Chang *et al.*, 2002).

- **Protocole**

Le protocole de dosage consiste à ajouter 1 ml de chaque échantillon ou de standard de quercétine (dilué dans l'éthanol) à 1 ml de la solution d'AlCl₃ (2%). Après 10 minutes d'incubation, l'absorbance est lue à 430 nm avec un spectrophotomètre UV-Visible contre un blanc préparé de la même manière en remplaçant l'extrait par le solvant d'extraction. Les concentrations des flavonoïdes des différents extraits sont déduites à partir de la courbe d'étalonnage établie avec la quercétine et sont exprimées en milligrammes équivalents de quercétine par gramme de matière sèche.

Une courbe d'étalonnage a été réalisée en parallèle en remplaçant l'extrait par la quercétine dans les mêmes conditions opératoires (**Annexe II**).

III.4. Evaluation de l'activité antioxydante :

III.4.1. piégeage du radical DPPH (diphényl picryl-hydrazyl) :

- **Principe**

L'évaluation de l'activité antioxydante des extraits du thé aromatisé est réalisée par la méthode de DPPH qui est une méthode spectrophotométrique.

Le DPPH se caractérise par sa capacité à produire des radicaux libres stables. Cette stabilité est due à la délocalisation des électrons libres au sein de la molécule. La présence de ces radicaux DPPH• donne lieu à une coloration violette foncée de la solution. La réduction des radicaux DPPH• par un agent antioxydant entraîne une décoloration de la solution. Le changement de couleur peut être suivi par spectrophotométrie à 517nm et de cette façon le potentiel antioxydant d'une substance ou un extrait de plante peut être déterminée (**Molyneux, 2004**).

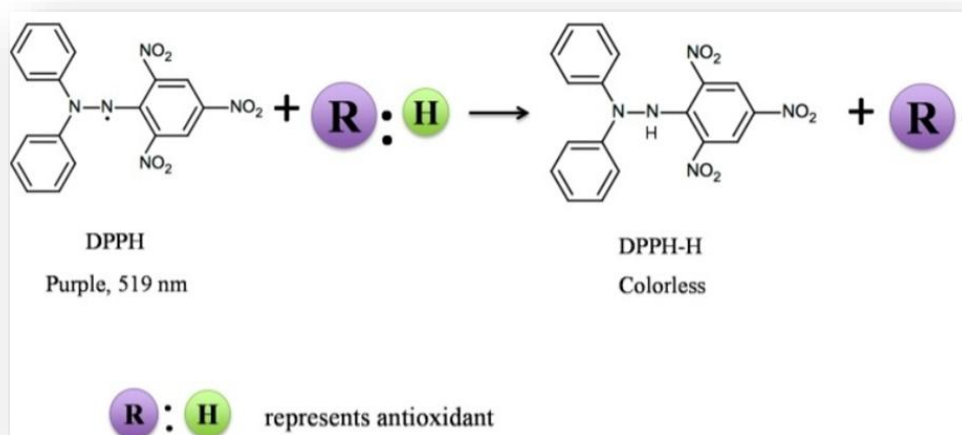


Figure 15 : Réaction du test DPPH (2,2 Diphényl 1 picrylhydrazyl) (**Liang & Kitts,2014**).

- **protocole**

Un volume de 1ml d'extrait (extrait aqueux à différentes dilution) est ajouté à 2 ml de solution éthanolique de DPPH, le mélange a été agité. L'absorbance est mesurée à 517 nm après incubation à température ambiante et à l'obscurité pendant 30 min. Tous les essais ont été effectués en triple. La lecture des absorbances est faite à 517nm contre un blanc préparé à partir de 2ml d'éthanol et 1ml d'eau distillé.

Le contrôle est préparé de la même manière sauf que l'extrait est remplacé par le solvant d'extraction (eau distillé).

Le pourcentage de réduction du radical DPPH est exprimé par la formule suivante :

$$\text{Pourcentage d'inhibition (\%)} = [(A_{\text{Contrôle}} - A_{\text{échantillon}}) / A_{\text{Contrôle}}] \times 100$$

A Contrôle : Absorbance du contrôle.

A échantillon : Absorbance de l'échantillon.

III.4.2. Pouvoir réducteur :

- **Principe**

Le pouvoir réducteur est la capacité d'une substance à donner des électrons, cette méthode est basée sur la réduction du complexe fer ferrique (Fe^{3+}), en fer ferreux (Fe^{2+}), en présence des antioxydants réducteurs (**bijouy et al., 2008**).

- **Mode opératoire**

1ml de l'extrait à différentes concentrations est mélangé avec 2,5ml d'une solution tampon phosphate 0,2 M (pH 6,6) et 2,5ml d'une solution de ferricyanure de potassium $\text{K}_3\text{Fe}(\text{CN})_6$ à 1%. L'ensemble est incubé au bain-marie à 50°C pendant 20 min ensuite, 2,5ml d'acide trichloroacétique à 10% sont ajoutés pour stopper la réaction et les tubes sont centrifugés à 3000 tr/min pendant 10min. 2,5ml de surnageant est combinée avec 2,5ml d'eau distillée et 0,5ml d'une solution aqueuse de FeCl_3 à 0,1%. La lecture de l'absorbance du milieu réactionnel se fait à 700nm contre un blanc semblablement préparé, en remplaçant l'extrait par de l'eau distillée qui permet de calibrer l'appareil (UV-VIS spectrophotomètre).

III.4.3. Activité antioxydante total :

- **Principe**

L'activité antioxydante total des extraits du thé aromatisées est évalué par la méthode de phosphomolybdène, son principe est basées sur la réduction de molybdène Mo (VI) présent sous forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} en présence de l'extrait ou d'un agent antioxydant pour former un complexe vert de phosphate Mo(V) à Ph acide (**Prieto et al., 1999**).

- **Mode opératoire**

Une prise de 1 ml d'un réactif (préparée par molybdate d'ammonium, phosphate de sodium et acide sulfurique) est additionnée à 100 μl d'extrait convenablement dilué (1/10). Le tube est

incubé à 95°C pendant 90 min. Après un repos à température ambiante, l'absorbance est mesurée à 695 nm contre un blanc contenant d'eau distillé à la place de l'extrait. La capacité antioxydante totale est exprimée en microgrammes équivalent d'acide ascorbique par millilitres ($\mu\text{g EAA/ml}$) (**Annexe II**).

III.5. Evaluation de l'activité anti-inflammatoire :

- **Principe**

L'évaluation de l'activité anti-inflammatoire est réaliser par la méthode de dénaturation des protéines, qui est une méthode basé sur la capacité d'un composées à empêcher la dénaturation de la protéine ce qui indique que le composées possède des propriétés anti-inflammatoire (**Karthik *et al.*, 2013**).

- **Protocole**

1ml d'extrait à différentes concentration est additionné à 1ml de bovine albumine sérique (BSA) à 2% préparer avec du tris-HCL à PH 6,6. Le mélange est ensuite incubé pendant 15min à 37°C puis à 72°C pendant 5min. le mélange est refroidi rapidement pour mesurer l'absorbance à 660nm.

Chaque expérience est reproduite à trois reprises en prenant comme résultat la moyenne. Le pourcentage d'inhibition de la dénaturation de la protéine est obtenu par la formule suivante :

$$\% d'inhibition = \frac{(\text{absorbance du controle} - \text{absorbance de l'échantillon traité}) * 100}{\text{absorbance du controle}}$$

III.6. Etude statistique :

Les résultats de chaque échantillon ont été obtenus à partir de Trois mesures et ont été sous la forme : moyenne \pm écart type. Le test LSD ont été effectuées en utilisant le logiciel STATISTICA (ANOVA/MANOVA), les différences ont été considérée comme significative à $\alpha < 0,05$.

Chapitre IV

Résultats et discussion

IV.1. Analyse quantitative

IV.1.1. Teneurs en polyphénols

Les quantités de polyphénols totaux ont été mesurées en utilisant la méthode de folin-Ciocalteu et en se basant sur une courbe d'étalonnage, tracée en utilisant l'acide gallique comme standard $Y=0,0111X+0,0438$ et $R^2= 0,9703$. Les résultats sont exprimés en milligrammes équivalent acide gallique par gramme d'extrait secs

Tableau XVI: Teneurs en polyphénols des différents thés verts aromatisés.

Échantillon	Teneur en polyphénols (mg EAG/g d'ES)
TV	227,11±1,96 ^c
TM	280,32±1,96 ^a
TA	210,38±2,38 ^d
TG	189,76±2,89 ^e
TEA	265,80±1,69 ^b
TC	212,97±3,55 ^d
TCG	178,62±3,32 ^f

Les lettres *a, b, c, d, e, f* indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons

TV : Thé vert, TM : Thé menthe, TA : Thé armoise, TG : Thé gingembre, TEA : Thé étoile anis, TC : Thé cannelle, TCG : Thé clou de girofle, ..

L'analyse statistique établie par le logiciel STATISTICA ANOVA montre qu'aucune différence significative observée entre les extraits de thé cannelle et thé Armoise, par contre il a marqué une différence entre les extraits suivants : thé menthe, thé étoile d'anis, thé vert pure, thé clou de girofle et (Thé cannelle - Thé armoise). Le classement des différents extraits de thé aromatisé est d'ordre décroissant suivant :

TM >> TEA >> Thé >> TC - TA >> TG >> TCG.

Les teneurs en polyphénols des différents extraits varient de 178,621591±3,32 mg EAG/g ES à 280,32398±1,96 mg EAG/g ES. Les résultats représentés dans le **tableau XVI** montrent que

tous les thés étudiés contenant différentes épices contiennent une teneur importante en composés phénoliques.

La teneur en polyphénols totaux dans l'extrait éthanolique de menthe obtenu dans l'étude effectué par (**Fatiha *et al.*, 2015**) est de $12 \pm 0,3$ mg EAG/g d'ES qui est nettement inférieure au résultat obtenu lors de notre étude.

Eddine *et al.*, (2016) ont rapporté une teneur en polyphénols de $61,55 \pm 1,8$ mg EAG/g d'ES pour l'extrait aqueux de l'armoise qui est très faible par rapport à notre résultat. De plus, (**Izzreen & Fadzelly, 2013**) ont trouvé dans l'extrait éthanolique de *Camellia sinensis* une teneur égale à $72, 70 \pm 0,46$ mg EAG/g d'ES qui est nettement inférieure aux valeurs trouvées dans la présente étude ($227,11 \pm 1,96$ mg EAG/g d'ES).

Des teneurs en polyphénols supérieures 269 ± 3 mg EAG/g d'ES et 527 ± 8 mg EAG/g d'ES ont été trouvées par (**Ho *et al.*, 2008**), pour la cannelle et le clou de girofle respectivement.

Ces différences sont dues à la faible spécificité du réactif du folin ciocalteu qui est l'inconvénient majeurs de ce dosage, cette méthode prend en considération les autres composées réducteurs en même temps, car le solvant d'extraction permet d'extraire des substances non phénoliques comme les sucres, les protéines et les pigmentés qui peuvent interférer lors de dosage des composés phénolique (**Djeridane *et al.*, 2007**).

De nombreuses études ont montré que la teneur en polyphénols varie considérablement suivant le système d'extraction appliqué (le choix de solvants d'extraction, la méthode...).

IV.1.2.Teneur en flavonoïdes

Le dosage des flavonoïdes a été réalisé selon la méthode au trichlorure d'aluminium ($AlCl_3$) et l'étalon été la quercétine. Les résultats obtenus sont exprimés en milligramme d'équivalent de la quercétine par g de l'extrait sec (mg EQ/g ES). La courbe d'étalonnage est établie avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,9981$; (l'équation standard de courbe $y = 0,0032x + 0,0148$).

Tableau XVII : teneur en flavonoïdes des différents thés verts aromatisées.

Echantillons	Teneur en flavonoïdes (mg EQ/g ES)
TV	46,75±0,70 ^e
TCG	42,48±0,33 ^f
TM	76,215±0,65 ^a
TEA	58,67±0,13 ^b
TC	53,95±0,22 ^d
TA	57,96±0,25 ^b
TG	46,465±0,11 ^e

Les lettres a, b, c,d,e,f indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons

D'après l'analyse statistique effectuée pour la teneur en flavonoïdes, a montré qu'il n'y avait pas de différence significative entre le Thé gingembre et Thé, ainsi qu'entre le Thé armoise et Thé + étoile d'anis. Cependant, une différence significatives a été enregistrée entre thé menthe, Thé cannelle, Thé clou de girofle et (Thé gingembre et Thé vert), et (Thé armoise - Thé étoile d'anis). Le classement est le suivant :

TM>>TEA -TA >>TC>> TV>>TG >>TCG.

D'après les résultats obtenus et représentés dans le **tableau XVII**, on peut constater que les plantes étudiées sont riches en flavonoïdes. Les teneurs en flavonoïdes des différents extraits varient entre 42,48±0,33 à 76,21±0,65 mg QE/g d'ES, ces résultats montrent que la teneur varie d'un extrait à l'autre. Le thé +menthe présente le taux plus élevé en flavonoïdes avec une teneur 76,21±0,65 mg QE/g d'ES tandis que le thé avec du clou de girofle a la teneur la plus faible de 42,48±0,33 mg QE/g d'ES.

Notre étude montre que le thé à la menthe testé avait une teneur en flavonoïdes de 76,215±0,65 mg QE/g d'ES, ce qui est supérieur à la teneur en flavonoïdes rapportée dans l'étude menée par (**Fatiha et al., 2015**) qui est de l'ordre de 2,45±0,02mg EQ/g ES.

On peut remarquer que la teneur en flavonoïdes du thé non aromatisé est un peu proche de celles de (**Izzreen & Fadzelly, 2013**): 31,83±0,80 mg EQ/g ES.

En effet , les résultats de la teneur en flavonoïdes de thé + étoile d'anis sont assez proches de ceux de (**Aly et al., 2014**) 65,9±0,9 mg EC/g ES.

D'autre part, on a également constaté que le thé au gingembre présente une teneur en flavonoïde légèrement inférieure à celle de (Fotsing *et al.*, 2022) , tandis que thé à la cannelle présente une teneur en flavonoïde supérieure à celle de (Prasad *et al.*, 2009), avec des teneurs $76,52 \pm 10,80$ mg QE/g ES , $1,075 \pm 13,8$ mg QE/ml ES respectivement.

Les flavonoïdes sont des métabolites secondaires qui se trouvent couramment dans les plantes et jouent un rôle important dans la croissance et la reproduction des plantes, ils offrent également une protection (Vuolo *et al.*, 2019) .

La concentration des flavonoïdes dans les extraits de la plante peut être influencée par le type de standard utilisé, tels que la quercétine, rutine, ou la catéchine ce qui peut également modifier les résultats (Ghedadba *et al.*, 2015)

On pourrait expliquer ces différences dans les teneurs en polyphénols et en flavonoïdes par divers facteurs, parmi lesquels ; la variété de la plante, la localisation géographique, des facteurs intrinsèques tels que le climat, précipitation, saison, température et des facteurs du sol. (Aganga & Mosase, 2001; Cheurfa & Allem, 2015).

IV.2. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des différents extraits étudiés a été évaluée par trois méthodes différentes, le piégeage du radical libre DPPH°, le pouvoir réducteur et l'activité antioxydante totale.

IV.2.1. Piégeage du radical DPPH

Tableau XVIII : l'activité anti radicalaire (exprimé par IC₅₀ (en µg /ml)) des extraits testés

Echantillons	DPPH (IC ₅₀) (µg/ml)
TEA	$14,20 \pm 0,01^{a,b}$
TC	$15,55 \pm 0,04^{b,c}$
TCG	$14,67 \pm 0,09^{b,c}$
TG	$11,61 \pm 3,56^a$
TA	$13,04 \pm 0,05^{a,b}$
TV	$17,25 \pm 0,03^c$
TM	$19,05 \pm 1,99^d$

Les lettres a, b, c,d,e,f indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons

L'étude statistique a montré qu'aucune différence significative entre : le Thé étoile d'anis, Thé Gingembre et le Thé Armoise, ainsi que entre le Thé étoile d'anis, le Thé Cannelle, le Thé Clou

de girofle et le Thé Armoise et entre le Thé, Thé Clou de girofle et Thé Cannelle. Le classement est de l'ordre suivant:

TG -TEA -TA>> TEA-TA -TC -TCG>>TC -TCG - TV>> TV -TM.

La capacité antioxydante des extraits a été déterminée à partir de L'IC₅₀ (c'est-à-dire la concentration inhibitrice à 50%), c'est la concentration nécessaire pour réduire 50% du radicale DPPH. Plus la valeur d'IC₅₀ est basse, plus la capacité antioxydante d'un échantillon est élevée. Les valeurs d'IC₅₀ ont été déterminées à partir de la régression linéaire des courbes des pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH des différents extraits et sont illustrée dans le **tableau XVIII**.

Les résultats présentés dans le **tableau XVIII** montrent que tous les échantillons étudiés possèdent une activité antioxydante importante vis-à-vis du radical DPPH. La capacité antioxydante la plus élevée est enregistré pour l'extrait thé gingembre avec un IC₅₀ de 11,61±3,56 µg/ml, par contre l'extrait thé menthe présente la plus faible capacité avec un IC₅₀ de 19,05± 1,99 µg/ml.

Dans une étude similaire réalisée par (**Moraes-De-Souza et al.,2007**) ont montré un IC₅₀ d'un extrait du thé vert égale à 147,63µg/ml qui est très supérieure par rapport à nos résultats

Ayad et al (2022) ont enregistré des valeurs d'IC₅₀ pour l'extrait méthanolique du gingembre et de cannelle de l'ordre 22,50±0,45µg/ml et 5,27±0,11 µg/ml respectivement, en comparant à nos résultats qui est similaire pour le gingembre contrairement à la cannelle qui présente une forte activité antioxydante.

La concentration inhibitrice à 50% de l'extrait de l'armoise obtenu dans l'étude réalisé par (**Bakchiche et al., 2018**) est de 103±1,22 µg/ml qui montre une faible activité antioxydante par rapport aux résultats obtenus lors de notre étude. Ainsi (**Eddine et al., 2016**) ont enregistré une concentration de 38,74±0,63 µg/ml.

Nos résultats sont en accord avec ceux obtenus de l'étude menée par (**Fatiha et al., 2015**) sur l'extrait de *Mentha spicata* qui est de l'ordre de 16,2±0,2 µg/ml.

La différence de l'activité antioxydante observée entre les sept échantillons peut être expliquée par la présence de différentes composées à activité antioxydante, comme les polyphénols et pourrait également être attribuer aux différents épices additionnés pour le thé vert(**Ahmed, 2009**).

Des études ont montré que les molécules antioxydantes telles que l'acide ascorbique, les polyphénols, les flavonoïdes et les tannins réduisent et décolorent le DPPH en raison de leur capacité donatrice d'hydrogène. L'activité antioxydante des extraits analysés peut s'expliquer par leurs richesses en polyphénols et en flavonoïdes (Bougandoura & Bendimerad, 2013). De plus des études ont confirmé qu'il existe une forte corrélation entre la teneur en polyphénols et l'activité antioxydante d'une plante (**Athamena et al., 2010**), cette corrélation dépend de la structure des polyphénols. En effet, les polyphénols dotés d'un nombre élevé de groupements hydroxyles présentent généralement une activité antioxydante plus élevée que les polyphénols avec moins de groupement hydroxyles (**Heim et al., 2002**).

La structure chimique idéal des polyphénols leurs permet d'être des donneurs d'hydrogène efficaces pour le radical DPPH (**Turkmen et al., 2007**)

IV.2.2. Pouvoir réducteur :

Le pouvoir réducteur du fer est estimé par les concentrations IC50 qui ont été calculés à titre de A_{0,5} (µg/ml) correspondant à la concentration indiquant 0,5 d'absorbance. Les résultats sont illustrés dans le **tableau XIX**.

Tableau XIX : le pouvoir réducteur (exprimé par CR_{0,5} (en µg /ml)) des antioxydants des extraits testés.

Echantillons	Pouvoir réducteur CR _{0,5} (µg/ml)
TEA	260,03±1,30 ^f
TC	175,88±1,93 ^c
TCG	118,14±1,04 ^b
TG	200,35±1,46 ^d
TA	243,54±10,99 ^e
TV	109,01±1,36 ^a
TM	182,24±2,72 ^c

Les lettres a, b, c, d, e, f indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons

L'analyse statistique a montré qu'aucune différence significative enregistrée entre le thé cannelle et le thé menthe, comme il a enregistré une différence significatives entre : le thé vert, thé clou de girofle, (thé Menthe – Thé Cannelle), Thé Gingembre, Thé Armoise et le Thé étoile d'anis. Le classement est le suivant :

TV >> TCG >> TM - TC >> TA >> TEA.

En se référant aux résultats présentés sur le **tableau XIX**, l'extrait du thé possède un fort pouvoir réducteur avec unE CR_{0,5} de 109,01±1,36µg/ml par rapport à l'extrait de thé étoile d'anis qui présente le plus faible pouvoir réducteur.

Contrairement à nos résultats, (**Mohammed *et al.*, 2021**) ont rapporté que l'extrait éthanolique de l'armoise possède un pouvoir réducteur plus puissants avec une CR_{0,5} de 8,3µg/ml .

L'étude réalisée par (**Ayad *et al.*, 2022**) sur l'évaluation du pouvoir réducteur de cannelle et le gingembre ont déclaré que la cannelle possède un fort pouvoir antioxydant que le gingembre avec des CR_{0,5} de l'ordre de 108,56±4,18 µg/ml et 310,07±6,94 µg/ml respectivement, en comparant aux résultats obtenus lors de notre étude, nous avons constaté que le pouvoir réducteur de la cannelle est proche de celui de l'étude de (**Ayad *et al.*, 2022**), tandis que celui de gingembre est assez important.

Selon (**Hinneburg *et al.*,2006**) le pouvoir réducteur d'un extrait est un indicateur de son activité de donneur d'électrons dans le milieu réactionnel.

Le pouvoir réducteur des extraits étudiés est dû à la présence de groupements hydroxyle dans les composés phénoliques. Ces groupements hydroxyle peuvent agir comme des donneurs d'électrons. Les antioxydants sont considérés comme des réducteurs qui inactivent les oxydants.

D'après certaines études antérieures le pouvoir réducteur d'un composé est un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle (**Bougandoura & Bendimerad, 2012**)

IV.2.3.Activités antioxydante total :

La capacité antioxydante total des extraits étudiés est déterminé à partir une courbe d'étalonnage ($Y=0,0034x+0,0747$; $R^2=0,9861$) en utilisant l'acide ascorbique comme standard. Les résultats obtenus sont exprimés en µg équivalent d'acide ascorbique par ml (µg EAA/ml).

Tableau XX : l'activité antioxydante total des extraits en (µgEqAA/ml).

Echantillons	Activité antioxydante globale (ugEqAasc/ml)
TEA	232,46±8,36 ^f
TC	154,84±2,46 ^a
TCG	165,22±3,47 ^b
TG	190,84±0,71 ^d

TA	177,70±3,57 ^c
TV	224,56±9,166 ^{e,f}
TM	219,70±1,46 ^e

Les lettres a, b, c,d,e,f indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons.

L'analyse statistique a montré qu'aucune différence significative enregistrée entre le thé vert et le thé Menthe, ainsi qu'entre le Thé étoile d'anis et Thé vert . Le classement est fait comme suite :

TC>> TCG >> TA>> Thé+ Menthe- Thé >> Thé+ étoile d'anis- Thé.

En se basant sur les résultats affichés sur le **tableau XX**, tous les échantillons analysés montrent une bonne activité antioxydante. L'extrait de thé vert étoile d'anis présente une activité antioxydante plus élevée (232,46±8,36 $\mu\text{gEAA/ml}$) par rapport au thé additionné des autres différentes épices.

Une étude réalisée sur l'activité antioxydante totale du thé par (Nibir *et al.*, 2017), a trouvé qu'à 1000mg/ml l'extrait de thé présente une capacité de 21330±0,59 $\mu\text{g/ml}$ qui est largement supérieure aux résultats de notre étude.

La présence des antioxydants dans les différents extrait a entraîné une réduction de Mo(VI) en Mo(V) de ce fait la capacité antioxydante totale des extraits analysés peut être attribué à leur composition chimique et à leur teneurs en composées bioactifs (Prasad *et al.*, 2009).

IV.3. Activité anti-inflammatoire :

L'activité anti-inflammatoire de thé aromatisé par différentes épices a été évaluée en utilisant la méthode d'inhibition de la dénaturation des protéines.

L'effet protecteur des extraits du thé aromatisé contre la dénaturation de la protéine causée par la chaleur a été déterminé à partir de l'IC50 qui est la concentration nécessaire pour inhiber 50% de la dénaturation de BSA. Les valeurs sont représentées dans le **tableau XXI**.

Tableau XXI : Activités antiinflammatoire des différents extraits (exprimée en ($\mu\text{g/ml}$))

Echantillons	Activité anti-inflammatoire IC50 ($\mu\text{g/ml}$)
TCG	6,26±0,06 ^d
TV	4,22±0,42 ^b
TM	5,22±0,06 ^c

TEA	4,21±0,28 ^b
TC	2,85±0,15 ^a
TA	2,41±0,26 ^a
TG	4,93±0,16 ^c

Les lettres a, b, c,d,e,f indiquent les différences significatives ($p < 0,05$) entre les différentes échantillons

L'analyse statistique a montré qu'aucune différence significative enregistrée entre le Thé cannelle et Thé armoise, ainsi qu'entre le Thé vert, Thé Anis étoilé, et entre Thé menthe et Thé gingembre. Il a enregistré une différence entre le Thé clou de girofle, (Thé cannelle – Thé armoise), (Thé vert –Thé Anis étoilé) et (Thé menthe –Thé gingembre)

Le classement est fait comme suite :

TC - TA>> TC - TA>> TC - TA>>TCG.

Les résultats de **tableau XXI** montrent que tous les échantillons étudiés montrent une inhibition de 50% de dénaturation de protéines à des basses concentrations, ce que signifie une capacité anti-inflammatoire élevée, dans lesquelles l'extrait de thé +armoise ayant la plus forte inhibition avec un IC50 de 2,41±0,26µg/ml, la plus faible inhibition est enregistré pour l'extrait thé+clou de girofle avec un IC50 de 6,26±0,06µg/ml.

L'IC50 de l'extrait de thé vert trouvé lors de notre étude 4,22±0,42µg/ml est en accord avec le résultat trouvé par(**Chatterjee et al., 2012**) qui est de 7,10µg/ml.

En comparant nos résultats d'extrait thé+gingembre à ceux de (**Patel, 2017**) , on note que ce dernier a enregistré une protection de l'ordre de 340,38 µg/ml des extraits de gingembre qui est largement supérieure.

Les résultats du thé cannelle sont inférieurs à ceux de (**Shalihah et al., 2022**), qui ont rapporté un IC50 égale à 57,41±0,718µg/ml, cependant (**Hashmi et al., 2022**) ont montré un IC50 d'extrait de menthe de l'ordre de 24,28±0,002µg/ml qui est supérieure à notre résultat.

La présence de flavonoïdes et de tannins dans les différents extraits étudiés pourrait être responsable de l'activité inhibitrice de la dénaturation de BSA. En effet, la dénaturation de la protéine est un phénomène bien documenté qui peut être à l'origine de l'inflammation (**Kandikattu et al., 2013**). Les différents thés analysés ont tous montré une inhibition de la dénaturation de la protéine, ce qui confère à ces extraits une propriété anti-inflammatoire. Cette propriété pourrait s'expliquer par la présence de différents composés bioactifs tels que les

flavonoïdes et les tannins, qui sont connus pour leurs propriétés antioxydantes et anti-inflammatoires (**Padmanabhan P, 2012**).

Nos échantillons sont des mélanges d'épices et de thé vert, la majorité des études auxquelles nous avons comparé nos résultats ont travaillé sur des extraits organiques et sur des matrices végétales uniques, ce qui justifie en partie les différences observées.

Conclusion

Les plantes sont dotées de vertus thérapeutiques remarquables, ce qui suscite l'intérêt de nombreux scientifiques souhaitant confirmer l'efficacité de ces plantes utilisées de manière empirique depuis des millénaires.

L'objectif de ce travail est l'évaluation des activités biologiques des extraits aqueux de thé vert aromatisé.

L'analyse quantitative des polyphénols et des flavonoïdes présents dans les extraits étudiés, réalisée à l'aide des méthodes colorimétriques, ont révélé des concentrations significatives des polyphénols dans les extraits aqueux, allant de $178,62 \pm 3,32$ mg EAG/g d'ES à $280,32 \pm 1,96$ mg EAG/g d'ES, et des teneurs en flavonoïdes allant de $42,48 \pm 0,33$ mg EQ/g ES à $76,215 \pm 0,65$ mg EQ/g ES. Le thé aromatisé à la menthe est le plus riche en polyphénols et en flavonoïdes est. Le potentiel antioxydant des extraits du thé vert aromatisé a été évalué *in vitro* par trois tests biochimiques connus (la capacité antioxydante totale, le piégeage du radical libre DPPH et le pouvoir réducteur), qui ont tous révélé une activité considérablement élevée. L'évaluation de l'activité antioxydante totale a permis de constater que les différents thés aromatisés ont montré des concentrations qui varient de $232,46 \pm 8,36 \mu\text{gEqAA/ml}$ à $154,84 \pm 2,46 \mu\text{gEqAA/ml}$, dont l'extrait de thé vert+ étoile d'anis a montré la plus élevée. L'extrait du thé vert aromatisé au gingembre s'est distingué en présentant l'activité la plus élevée contre le radical libre DPPH, avec un IC_{50} de $11,61979524 \pm 3,56 \mu\text{g/ml}$. En revanche les résultats du test de pouvoir réducteur ont mis en évidence que le thé vert pur a surpassé les autres extraits en montrant un fort pouvoir avec un $\text{CR}_{0,5}$ de l'ordre de $109,01 \pm 1,36 \mu\text{g/ml}$.

L'activité anti-inflammatoire a été étudiée *in vitro* par la méthode de dénaturation des protéines (bovine albumine sérique), les résultats obtenus ont clairement montré que les différents extraits aqueux ont une bonne activité anti-inflammatoire, dont l'extrait du thé aromatisé à l'armoise a révélé la plus forte protection de la dénaturation de la protéine avec un IC_{50} égale à $2,41 \pm 0,26 \mu\text{g/ml}$. Ces propriétés semblent être liées à la richesse des plantes étudiées en polyphénols et flavonoïdes.

Notre travail pourrait être amélioré en explorant les perspectives suivantes :

- ✓ Evaluer la valeur nutritionnelle du thé vert aromatisé (vitamines, minéraux et acide organiques)
- ✓ Confirmer les résultats de l'activité antioxydante et anti-inflammatoire par des méthodes *in vivo*.

Conclusion et perspectives

- ✓ Evaluation quantitative des composés bioactifs par des méthodes spectrales (RMN, UV...) et chromatographiques (HPLC, CCM, CPG).
- ✓ Faire une étude *in vivo* (souris et rats) de l'activité antalgique ; antivirale et anticancéreuse

Références Bibliographiques

Références bibliographique :

A

Abu-Darwish, M. S., Cabral, C., Gonçalves, M. J., Cavaleiro, C., Cruz, M. T., Efferth, T., & Salgueiro, L. (2015). Artemisia herba-alba essential oil from Buseirah (South Jordan): Chemical characterization and assessment of safe antifungal and anti-inflammatory doses. *Journal of Ethnopharmacology*, 174, 153–160. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2015.08.005>

Aganga, A. A., & Mosase, K. W. (2001). Tannin content, nutritive value and dry matter digestibility of *Lonchocarpus capassa*, *Zizyphus mucronata*, *Sclerocarya birrea*, *Kirkia acuminata* and *Rhus lancea* seeds. *Animal Feed Science and Technology*, 91(1–2), 107–113. [https://doi.org/10.1016/S0377-8401\(01\)00235-8](https://doi.org/10.1016/S0377-8401(01)00235-8)

Ahmed, S. H., & Rocha, J. B. (2009). Antioxidant properties of water extracts for the Iraqi plants *Phoenix dactylifera*, *Loranthus europeas*, *Zingiber officinalis* and *Citrus aurantifolia*. *Modern Applied Science*, 3(3), 161-166.

Akrout, A., Jani, H. El, Amouri, S., & Neffati, M. (2010). Screening of Antiradical and Antibacterial Activities of Essential Oils of *Artemisia campestris* L., *Artemisia herba alba* Asso, & *Thymus capitatus* Hoff. Et Link. Growing Wild in the Southern of Tunisia. *Recent Research*, 2(1), 29–39. <http://updatepublishing.com/journal/index.php/rrst/article/view/350>

Aly, S. E., Sabry, B. A., Shaheen, M. S., & Hathout, A. S. (2016). Assessment of antimycotoxigenic and antioxidant activity of star anise (*Illicium verum*) in vitro. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 15(1), 20-27.

<https://doi.org/10.1016/j.jssas.2014.05.003>

Athamena, S., Chalghem, I., Kassah-Laouar, A., Laroui, S., & Khebri, S. (2010). Activite anti-oxydante et antimicrobienne d'extraits de *cuminum cyminum* L. *Lebanese science journal*, 11 (1), 69 – 81.

Aubert, M. (2002). Intérêt nutritionnel du thé dans la prévention des pathologies oxydatives thèse de doctorat, université de Joseph Forler.

Ayad, N., Benaraba, R., Hemida, H., & Abdellah, F. (2022). Comparative Study of Biological Activities of Methanolic Extracts from Two Medicinal Plants *Cinnamomum zeylanicum* (Cinnamon) and *Zingiber officinale* Roscoe (Ginger) . *Phytothérapie*, 20(6), 302–314. <https://doi.org/10.3166/phyto-2022-0306>

B

Bakchiche, B., Guenane, H., Rezzoug, M., & Gherib, A. (2018). DPPH Free Radical Scavenging Activity of Ethanolic Extracts of Twenty two Medicinal Species From South Algeria (Laghouat region). *Journal of Medical and Surgical Research*, 4, 469-474.

Barbelet, S. (2015). Le giroflier: historique, description et utilisations de la plante et de son huile essentielle thèse de doctorat, Université de Lorraine.

Barchan, A., Bakkali, M., Arakrak, A., Laglaoui, A. (2016). Effet antibactérien et anti-biofilm de trois espèces de *Mentha*: *Mentha spicata*, *Mentha pulegium* et *Mentha piperita*. *Phytotherapie*, 14(2), 88–96. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0970-y>

Bezza, L., Mannarino, A., Fattarsi, K., Mikail, C., Abou, L., Hadji-Minaglou, F., & Kaloustian, J. (2010). Composition chimique de l'huile essentielle d'*Artemisia herba-alba* provenant de la région de Biskra (Algérie). *Phytotherapie*, 8(5), 277–281. <https://doi.org/10.1007/s10298-010-0576-3>

Boota, T., Rehman, R., Mushtaq, A., & Kazerooni, E. G. (2018). Star anise: a review on benefits, biological activities and potential uses. *International Journal of Chemical and Biochemical Sciences*, 14, 110-114.

Bougandoura, N., & Bendimerad, N. (2012). Evaluation de l'activité antioxydante des extraits aqueux et méthanolique de *Satureja calamintha* ssp. *Nepeta* (L.) Briq. *Nature & Technologie*,(9), 14 – 19.

Boussaid, M., Fadhel, N. Ben, Zaouali, Y., Salah, a Ben, & Abdelkefi, A. (1992). Plantes pastorales en milieux arides de l' Afrique du Nord. *Ciheam*, 59, 55–59.

Braga, M. E. M., Moreschi, S. R. M., & Meireles, M. A. A. (2006). Effects of supercritical fluid extraction on *Curcuma longa* L. and *Zingiber officinale* R. starches. *Journal of Carbohydrate Polymers*, 63(3), 340–346. <https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2005.08.055>.

C

Carlier-loy, P. (2015). *Mentha spicata*: description et utilisations en thérapeutique et en agriculture comme antigerminatif sur la pomme de terre. thèse de doctorat, Université DE PICARDIE JULES VERNE. <https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-01379512>

Chakraborty, R., Herzog, B., Boone, B., Sims, L., & Waltner-law, M. (2005). An extract of *Syzygium aromaticum* represses genes encoding hepatic gluconeogenic enzymes. *Journal of Ethnopharmacology*, 96, 295–301. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2004.09.024>

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M., & Chern, J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colometric methods. *Journal of Food and Drug Analysis*, 10(3), 178–182. <https://doi.org/10.38212/2224-6614.2748>

Chatterjee, P., Chandra, S., Dey, P., & Bhattacharya, S. (2012). Evaluation of anti-inflammatory effects of green tea and black tea: A comparative in vitro study. *Journal of Advanced Pharmaceutical Technology and Research*, 3(2), 136–138. <https://doi.org/10.4103/2231-4040.97298>

Cheurfa, M., & Allem, R. (2015). Évaluation de l'activité anti-oxydante de différents extraits des feuilles d'*Aloysia triphylla* (L'Hérit.) d'Algérie in vitro. *Phytotherapie*, 14(3), 181–187. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0969-4>

Cortés-Rojas, D. F., de Souza, C. R. F., & Oliveira, W. P. (2014). Clove (*Syzygium aromaticum*): a precious spice. *Asian Pacific journal of tropical biomedicine*, 4(2), 90-96.

D

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Vidal, N., Lesgards, J. F., & Stocker, P. (2006). Screening of some Algerian medicinal plants for the phenolic compounds and their antioxidant activity. *European Food Research and Technology*, 224(6), 801–809. <https://doi.org/10.1007/s00217-006-0361-6>

E

Eddine, L. S., Redha, O. M., & Ladjel, S. (2016). Influence of solvent extraction on phenolic content, antioxidant and anti-inflammatory activities of aerial parts extract from Algerian *Artemisia Herba-alba*. *Journal of Pharmacy Research*, 10(1), 58–64. <http://jpr solutions.info>

ES, E. (2020). Antibacterial Activity of Different Tea Extracts Against *Escherichia Coli*. *International Journal of Biology, Pharmacy and Allied Sciences*, 9(12), 3484–3491. <https://doi.org/10.31032/ijbpas/2020/9.12.5306>

F

Faivre, C., Lejeune, R., Staub, H., & Goetz, P. (2006). *Zingiber officinale* Roscoe. *Phytothérapie*, 4, 99-102.

Fatiha, B., Didier, H., Naima, G., Khodir, M., Martin, K., Léocadie, K., Caroline, S., Mohamed, C., & Pierre, D. (2015). Phenolic composition, in vitro antioxidant effects and tyrosinase inhibitory activity of three Algerian *Mentha* species: *M. spicata* (L.), *M. pulegium* (L.) and *M. rotundifolia* (L.) Huds (Lamiaceae). *Industrial Crops and Products*, 74, 722–730. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.04.038>

Fillon, L. (2014). *Le Thé Et Le Syndrome Métabolique*. Université d'Angers. UFR Sciences Pharmaceutiques et Ingénierie de La Santé, université Angers.

Fotsing, S., Ngogang, M. P., Bérenger, N., Simo, L. J., & Ngogang, J. (2022). Teneurs en polyphénols, en flavonoïdes et activités anti oxydantes des rhizomes de *Zingiber officinale* récoltés dans cinq sites de culture du Cameroun. *Journal of the Cameroon Academy of Sciences*, 18(2), 397–406. <https://doi.org/10.4314/jcas.v18i2.1>

G

Ghanmi, M., Satrani, B., Aafi, A., Isamili, M. R., Houti, H., El Monfalouti, H., aBenchakroun, K. H., Aberchane, M., Harki, L., Boukir, A., Chaouch, A., & Charrouf, Z.(2010). Effect of harvest period on yield, chemical composition and bioactiviy sagebrush's (*Artemisia herba-alba*) essential oils in Guercif (Eastern region of Morocco).

Ghedadba, N., Hambaba, L., Ayachi, A., Aberkane, M. C., Bousselsela, H., & Oueld-Mokhtar, S. M. (2015). Polyphénols totaux, activités antioxydante et antimicrobienne des extraits des feuilles de *Marrubium deserti* de Noé. *Phytotherapie*, 13(2), 118–129. <https://doi.org/10.1007/s10298-015-0944-4>

Gigon, F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. *Phytotherapie*, 10(2), 87–91. <https://doi.org/10.1007/s10298-012-0695-4>

Goetz, P. (2021). *Syzygium aromaticum* (L.)-Giroflier. *Phytothérapie*, 19(1), 55

Goetz, P., & Ghedira, K. (2012). *Cinnamomum zeylanicum* Nees (Lauraceae): Cannelle de Ceylan. In *Phytothérapie anti-infectieuse*, 6,247-252. Springer, Paris.

Gonçalves Bortolini, D., Windson Isidoro Haminiuk, C., Cristina Pedro, A., de Andrade Arruda Fernandes, I., & Maria Maciel, G. (2021). Processing, chemical signature and food

industry applications of *Camellia sinensis* teas: An overview. *Food Chemistry*: X, 12(August).
<https://doi.org/10.1016/j.fochx.2021.100160>

Gupta, S. kumar, & Sharma, A. (2014). Medicinal properties of *Zingiber officinale* Roscoe - A Review. *IOSR Journal of Pharmacy and Biological Sciences*, 9(5), 124–129.

H

Hashmi, Z., Sarkar, D., Mishra, S., & Mehra, V. (2022). An in-vitro assessment of anti-inflammatory, antioxidant, and anti-hyperglycemic activities of traditional edible plants - *Murraya koenigii*, *Mentha spicata*, and *Coriandrum sativum*. *Journal of Biomedical and Therapeutic Sciences* 9(1), 1–10.

Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: Chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *Journal of Nutritional Biochemistry*, 13(10), 572–584. [https://doi.org/10.1016/S0955-2863\(02\)00208-5](https://doi.org/10.1016/S0955-2863(02)00208-5)

Hinneburg I., Damien Dorman H. D. et Hiltunen R., 2006. Antioxidant activities of Extracts from selected culinary herbs and spices. *Food chemistry*. 97 (1): 122-129.

Ho, S. C., Tsai, T. H., Tsai, P. J., & Lin, C. C. (2008). Protective capacities of certain spices against peroxynitrite-mediated biomolecular damage. *Food and Chemical Toxicology*, 46(3), 920–928. <https://doi.org/10.1016/j.fct.2007.10.028>

House, C. S. T., & Chartier, F.(2016) Thé: histoire terroirs saveurs. Edition de l’homme.

I

Iserin, P., Masson, M., Restellini, J. P., Ybert, E., De Laage de Meux, A., Moulard, F., & Botrel, A. (2001). Larousse des plantes medicinales: identification, préparation, soins. Editions Larousse, Paris, 15.

Izzreen, N. M. N. Q., & Fadzelly, M. A. B. (2013). Phytochemicals and antioxidant properties of different parts of *Camellia sinensis* leaves from Sabah Tea Plantation in Sabah, Malaysia. *International Food Research Journal*, 20(1), 307.

Ismaili, R., Lamiri, A., Moustaid, K. (2014). Etude de l’activité antifongique des huiles essentielles de trois plantes aromatiques marocaines [Study of the antifungal activity of essential oils of three moroccan aromatic plants]. *International Journal of Innovation and Scientific Research ISSN*, 12(2), 2351–8014. <http://www.ijisr.issr-journals.org/>

K

Kandikattu, K., Kumar, P. B. R., Priya, R. V., Kumar, K. S., & Rathore, R. S. B. (2013). Evaluation of anti-inflammatory activity of *Canthium parviflorum* by in-vitro method. *Indian Journal of Research in Pharmacy and Biotechnology*, 1(5), 729-731.

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

Kuzuhara, T., Suganuma, M., & Fujiki, H. (2008). Green tea catechin as a chemical chaperone in cancer prevention. *Cancer letters*, 261(1), 12-20.

L

Lallemand, H., Pirot, N., Dornier, M., & Reynes, M. (2000). La cannelle : historique, production et principales caractéristiques. *Fruits*, 55(6), 421-432.

Lazli, A., Beldi, M., Ghouri, L., & Nouri, N. E. H. (2019). Étude Ethnobotanique Et Inventaire Des Plantes Médicinales Dans La Région De Bougous (Parc National D'El Kala,- Nord-Est Algérien). *Bulletin de La Societe Royale Des Sciences de Liege*, 88(June), 22–43. <https://doi.org/10.25518/0037-9565.8429>

Li, H. B., Cheng, K. W., Wong, C. C., Fan, K. W., Chen, F., & Jiang, Y. (2007). Evaluation of antioxidant capacity and total phenolic content of different fractions of selected microalgae. *Journal of Food chemistry*, 102(3), 771-776.

Liang, N., & Kitts, D. D. (2014). Antioxidant property of coffee components: assessment of methods that define mechanisms of action. *Journal of Molecules*, 19(11), 19180-19208

Likhitha K R, Manasa R, Rajeshwari J, Shekhara Naik R, Shivananjappa M(2022). Anti-inflammatory effect of cinnamon (*Cinnamomum verum*). *Journal of Current Trends in Pharmaceutical and Chemical Research* ;4(1):4-7.

M

Mahmood, T., Akhtar, N., & Khan, B. A. (2010). The morphology, characteristics, and medicinal properties of *Camellia sinensis*' tea. *Journal of Medicinal Plants Research*, 4(19), 2028–2033. <https://doi.org/10.5897/jmpr10.010>

Martins, M. R., Tinoco, M. T., & Almeida, A. S. (2012). Chemical Composition , Antioxidant and Antimicrobial Properties of Three Essential Oils From Portuguese Flora. *Journal of Pharmacognosy*, 3(1), 39–44.

Mighri, H., Hajlaoui, H., Akrouf, A., Najjaa, H., & Neffati, M. (2010). Antimicrobial and antioxidant activities of *Artemisia herba-alba* essential oil cultivated in Tunisian arid zone. *Comptes Rendus Chimie*, 13(3), 380–386. <https://doi.org/10.1016/j.crci.2009.09.008>

Mittal, M., Gupta, N., Parashar, P., Mehra, V., & Khatri, M. (2014). Phytochemical evaluation and pharmacological activity of *Syzygium aromaticum*: a comprehensive review. *International Journal of Pharmaceutical Sciences*, 6(8), 67-72.

Mohamed, A. E. H. H., El-Sayed, M. A., Hegazy, M. E., Helaly, S. E., Esmail, A. M., & Mohamed, N. S. (2010). Chemical constituents and biological activities of *Artemisia herba-alba*. *Records of Natural Products*, 4(1). <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2544.8806>

Mohammed, M. J., Anand, U., Altemimi, A. B., Tripathi, V., Guo, Y., & Pratap-Singh, A. (2021). Phenolic composition, antioxidant capacity and antibacterial activity of white wormwood (*Artemisia herba-alba*). *Plants*, 10(1), 1–14.

<https://doi.org/10.3390/plants10010164>

Moktan, B., Saha, J., & Sarkar, P. K. (2008). Antioxidant activities of soybean as affected by *Bacillus*-fermentation to kinema. *Food Research International*, 41(6), 586-593.

Molyneux, P. (2004). The use of the stable free radical diphenylpicrylhydrazyl (DPPH) for estimating antioxidant activity. *Songklanakarin J. sci. technol*, 26(2), 211-219.

Moon, H. K., Hong, S. P., Smets, E., & Huysmans, S. (2009). Micromorphology and character evolution of nutlets in tribe Mentheae (Nepetoideae, Lamiaceae). *journal of Systematic Botany*, 34(4), 760–776. <https://doi.org/10.1600/036364409790139592>

Moraes-de-Souza R, Oldoni T, Regitano-d'Arce M, Alencar S. 2008. Antioxidant activity and phenolic composition of herbal infusions consumed in Brazil aactivid ad antioxidante Y Compuestos fenólicos en Infusiones herbarias consumid as en Brasil. *CYTA-Journal of Food* 6(1):41-47

Mossion, A.(2007). Étude de la composition minérale et organique des liqueurs de thé et de leurs caractéristiques organoleptiques : Influence des paramètres physico-chimiques de l'eau. Thèse Doctorat:01-181P.

N

Namita, P., Mukesh, R., & Vijay, K. J. (2012). *Camellia sinensis* (green tea): A review. *Global Journal of Pharmacology*, 6(2), 52–59.

Nibir, Y. M., Sumit, A. F., Akhand, A. A., Ahsan, N., & Hossain, M. S. (2017). Comparative assessment of total polyphenols, antioxidant and antimicrobial activity of different tea varieties of Bangladesh. *Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine*, 7(4), 352–357. <https://doi.org/10.1016/j.apjtb.2017.01.005>

P

Padmanabhan P, J. S. (2012). Evaluation of in-vitro antiinflammatory activity of herbal preparation, a combination of four herbal plants. *Int J App Basic Med Sci*, 2(1)(1), 109–116.

Parle, M., & Khanna, D. (2011). CLOVE : A CHAMPION SPICE. *International Journal of Research in Ayurveda & Pharmacy*, 2(1), 47–54

PATEL, H., & PATEL, V. (2017). IN VITRO ANTI-INFLAMMATORY, ANTIOXIDANT CAPACITY AND TOTAL PHENOLIC CONTENTS IN METHANOLIC EXTRACT FROM VEGETABLES. *journal of pure and applied sciences*, 24, 182-189.

Prasad, K. N., Yang, B., Dong, X., Jiang, G., Zhang, H., Xie, H., & Jiang, Y. (2009). Flavonoid contents and antioxidant activities from *Cinnamomum* species. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 10(4), 627–632. <https://doi.org/10.1016/j.ifset.2009.05.009>

Prasad, S., & Tyagi, A. K. (2015). Ginger and its constituents: Role in prevention and treatment of gastrointestinal cancer. *Journal of Gastroenterology Research and Practice*, 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/142979>.

Prieto, P., Pineda. M., Aguilar. M., (1999). Spectrophotometric quantitation of antioxidant capacity through the formation of a phosphomolybdenum complex: specific application to the determination of vitamin E. *Analytical Biochemistry*, 269(2), 337341. PMID: 10222007. <http://dx.doi.org/10.1006/abio.1999.4019>

R

Rana, A., Rana, S., & Kumar, S. (2021). Phytotherapy with active tea constituents: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(3), 2031–2041. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01154-y>

Rehman, T., & Fatima, Q. (2018). Ginger (*Zingiber officinale*): A Mini review. *Int J Complement Alt Med*, 11(2), 88-89.

S

Shalihah, A., Christianty, F. M., & Fajrin, F. A. (2022). Anti inflammatory Activity of the Ethanol Extract of Cinnamon (*Cinnamomum burmannii*) Bark using Membrane Stabilization Method and Protein Denaturation. *Indonesian Journal of Pharmaceutical Science and Technology*, 1(1), 9. <https://doi.org/10.24198/ijpst.v1i1.36323>

Sharafan, M., Jafernik, K., Ekiert, H., Kubica, P., Kocjan, R., Blicharska, E., & Szopa, A. (2022). Illicium verum (Star Anise) and Trans-Anethole as valuable raw materials for medicinal and cosmetic applications. *Journal of Molecules*, 27(3), 650

Sharangi, A. B. (2009). Medicinal and therapeutic potentialities of tea (*Camellia sinensis* L.) - A review. *Journal of Food Research International*, 42(5–6), 529–535. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2009.01.007>

Singh, N., Singh, A., Nandal, A., Kumar, S., Singh, S., Ahmad, S., & Narasimhan, B. (2021). Phytochemical and pharmacological review of *Cinnamomum verum* J . Presl-a versatile spice used in food and nutrition. *Journal of Food Chemistry*, 338, 127773. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2020.127773>

Snoussi, M., Noumi, E., Trabelsi, N., Flamini, G., Papetti, A., De Feo, V. (2015). *Mentha spicata* essential oil: Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities against planktonic and biofilm cultures of *Vibrio* spp. strains. *Journal of Molecules*, 20(8), 14402–14424. <https://doi.org/10.3390/molecules200814402>

Su, X., Duan, J., Jiang, Y., Duan, X., & Chen, F. (2007). Polyphenolic profile and antioxidant activities of oolong tea infusion under various steeping conditions. *International journal of molecular sciences*, 8(12), 1196-1205.

Sung, Y. Y., Kim, Y. S., & Kim, H. K. (2012). Illicium verum extract inhibits TNF- α - and IFN- γ -induced expression of chemokines and cytokines in human keratinocytes. *Journal of Ethnopharmacology*, 144(1), 182–189. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2012.08.049>

T

Tang, G. Y., Meng, X., Gan, R. Y., Zhao, C. N., Liu, Q., Feng, Y. Bin, Li, S., Wei, X. L., Atanasov, A. G., Corke, H., & Li, H. Bin. (2019). Health functions and related molecular mechanisms of tea components: An update review. *International Journal of Molecular Sciences*, 20(24), 1–38. <https://doi.org/10.3390/ijms20246196>

Turkmen, N., Velioglu, Y. S., Sari, F., & Polat, G. (2007). Effect of extraction conditions on measured total polyphenol contents and antioxidant and antibacterial activities of black tea. *Molecules*, 12(3), 484–496. <https://doi.org/10.3390/12030484>

V

Vuolo, M. M., Lima, V. S., & Maróstica Junior, M. R. (2019). Phenolic Compounds: structure , classification , and antioxydantpower. In *Bioactive Compounds: Health Benefits and Potential Applications*. Elsevier Inc. animal feed science and technology, 33-50. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814774-0.00002-5>

W

Wang, G., Hu, W., Huang, B., & Qin, L. (2011). Illicium verum : A review on its botany , traditional use , chemistry and pharmacology. *Journal of Ethnopharmacology*, 136(1), 10–20. <https://doi.org/10.1016/j.jep.2011.04.051>

Y

Yousuf, P. (2013). Analgesic, Anti-Inflammatory and Antipyretic Effect of Mentha spicata (Spearmint). *British Journal of Pharmaceutical Research*, 3(4), 854–864. <https://doi.org/10.9734/bjpr/2014/4A640>

Yu, C. Y., Zhang, J. F., & Wang, T. (2021). Star anise essential oil : chemical compounds, antifungal and antioxidant activities: a review. *Journal of Essential Oil Research*, 33(1), 1–22. <https://doi.org/10.1080/10412905.2020.1813213>

Sitographie :

Anonyme: <https://www.larousse.fr/encyclopedie/images/Th%C3%A9ier/1006531> , consulté le 26/02/2023 à 14h10min

Anonyme II: <https://www.santescience.fr/the-blanc/> , consulté le 28/02/2023 à 22h50min

Anonyme III: <https://blog.compagnie-co.com/tous-les-articles/the-vert-detox/> , consulté le 01/03/2023 à 10h05min

Anonyme IV: <https://www.futura-sciences.com/sante/breves/alimentation-boire-noir-reduit-mortalite-selon-etude-6997/> , consulté le 02/03/2023 à 12h25min

Anonyme V: <https://www.letempsduthé.fr/the-wiki/the-jaune/> , consulté le 03/03/2023 à 14h08min.

Anonyme VI: <https://coffea.fr/lenta/-la-d-couverte-du-th-oolong> , consulté le 04/03/2023 à 00h15min.

Anonyme VII: <https://www.vitamedz.com/fr/Algerie/armoisse-blanche-309984-Articles-0-0-1.html> , consulté le 06/03/2023 à 18h30min.

Anonyme VIII: <https://ileauxepices.com/blog/2018/06/08/quels-sont-les-dangers-et-effets-indesirables-du-gingembre/wpid16910/> , consulté le 15/03/2023 à 21h15min .

Anonyme IX: https://www.gastronomiac.com/glossaire_des_produi/anis-etoile/ , consulté le 25/03/2023 à 22h23min.

Anonyme X: <https://classe-export.com/index.php/pays/afrique/68604-record-historique-dans-la-production-du-clou-de-girofle-en-2022-a-madagascar/> , consulté le 01/04/2023 à 20h05min.

Anonyme XI: <https://ileauxepices.com/blog/2019/06/17/dangers-effets-indesirables-cannelle/wpid20936/> , consulté le 05/04/2023 à 21h18min.

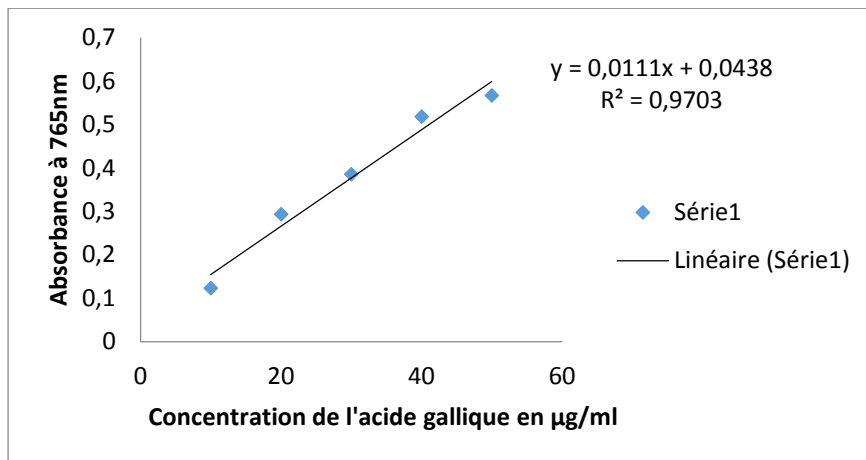
Anonyme XII: <https://www.tahitiheritage.pf/menthe/> , consulté le 14/04/2023 à 23h20min.

Annexes

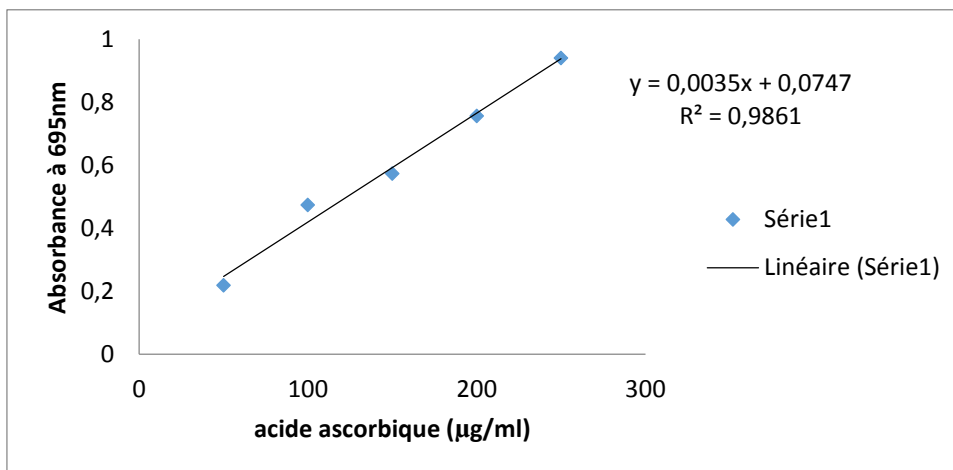
Annexe I : Matériel et Réactifs

Matériels	Reactif
<ul style="list-style-type: none">• Balance analytique• Plaque chauffante• Bain marie memmert• Spectrophotomètre UV Visible• Etuve memmert• Verreries (Tubes à essai, éprouvette, erlenmeyer, bécher, pipette graduée, entonnoirs, tube de centrifugation)<ul style="list-style-type: none">• centrifugeuse	<ul style="list-style-type: none">• Eau distillée• Acide gallique• Le réactif de Follin• Na₂CO₃• Ethanol• La quercétine• Trichlorure d'Aluminium AlCl₃• Molybdate• Phosphate de sodium• Acide sulfurique• Bovine albumine sérique• Diclophinarc• Chlorure de fer• ferricyanure de potassium• d'acide trichloroacétique• Acide ascorbique

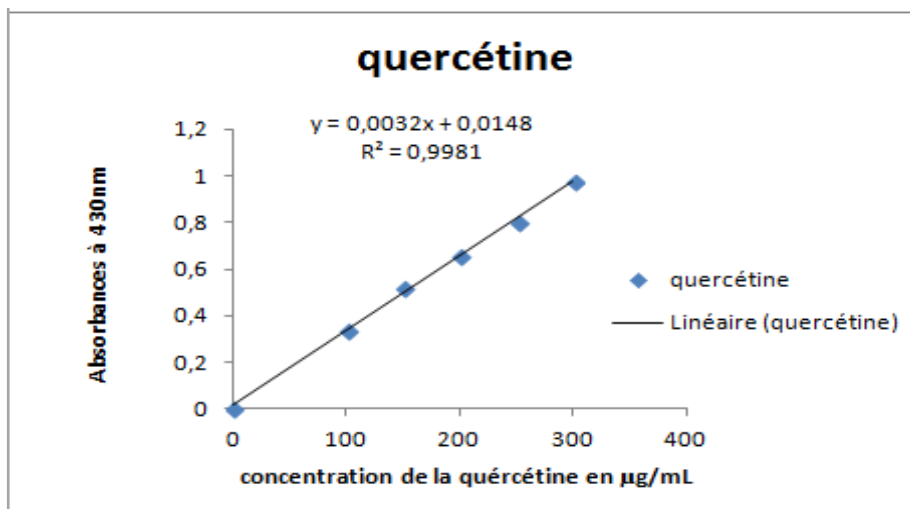
Annexe II: Courbe d'étalonnage



Courbe d'étalonnage de l'acide gallique (dosage des polyphénols)



Courbe d'étalonnage de l'acide ascorbique (activité antioxydante total)



Courbe d'étalonnage de la quercétine (dosage des flavonoïdes)

Annexe III : préparation des extraits et dosage des polyphénols et flavonoïdes



Pesée



Extraction



filtration

Etape de préparation des extraits aqueux



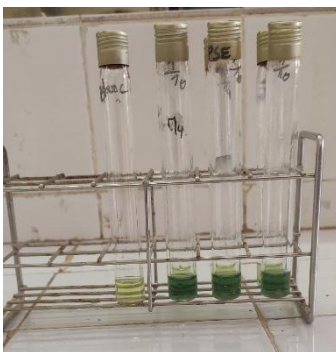
Dosage des polyphénols
DPPH



Dosage des flavonoïdes



Evaluation de l'activité anti radicalaire



Pouvoir réducteur

Annexe III : Evaluation d l'activité antioxydante total



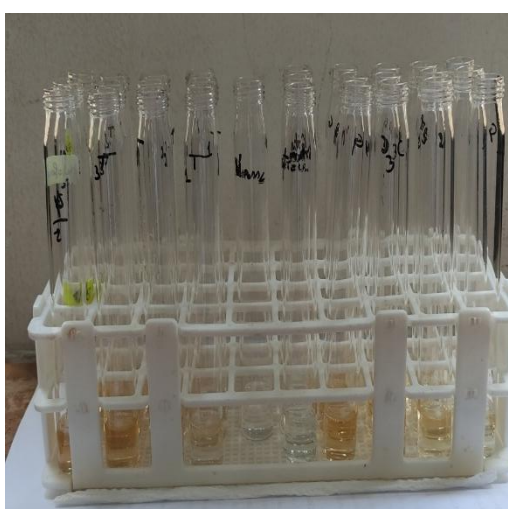
Incubation à 50°C



Centrifugation



Evaluation du pouvoir réducteur



Etude de l'activité anti-inflammatoire

Résumé

Le présent travail est consacré à l'étude de quelques activités biologiques d'une boisson la plus consommées dans le monde, le thé vert aromatisé visant à évaluer l'effet de l'ajout de certaines épices sur les activités biologiques du thé vert aromatisé par rapport au thé vert pure. La quantification des polyphénols et des flavonoïdes a été réalisée par des techniques colorimétriques Folin-Ciocalteu et trichlorure d'aluminium. L'évaluation de l'activité antioxydante a été estimée par trois méthodes : FRAP, DPPH et TAC. Le teste de dénaturation de protéines est utilisée pour évaluer l'activité anti-inflammatoire. Les résultats de la quantification des polyphénols indiquent que l'extrait aqueux de thé aromatisé à la menthe était plus riche en polyphénols ainsi, en flavonoïdes avec des teneurs de $280,32398 \pm 1,96$ mg EAG/g d'ES et $76,21 \pm 0,65$ mg QE/g d'ES respectivement. Les résultats de l'activité antioxydante a révélé que l'ensemble des extraits ont une activité antioxydante élevé, un fort pouvoir a été constaté pour l'extrait du thé vert pure avec un IC 50 de $109,01 \pm 1,36 \mu\text{g/ml}$, par contre l'extrait de thé + gingembre a montré une forte activité anti radicalaire vis-à-vis le radical DPPH avec un IC50 de $11,619 \pm 3,56 \mu\text{g/ml}$, l'extrait de thé+ étoile d'anis s'est avéré avoir une activité antioxydante total plus importante. Les résultats de l'étude de l'activité antiinflammatoire ont indiqué que l'extrait de thé+ armoise assure une inhibition de la dénaturation de la protéine avec un IC50 de l'ordre de $2,41 \pm 0,26 \mu\text{g/ml}$. Les résultats obtenus dans cette étude suggèrent que l'ajout d'épices au thé vert a un impact positif sur ses activités biologique.

Mots clé : thé vert, épices, polyphénols, activité antioxydante, activité anti-inflammatoire IC50

Abstract

The present work is devoted to the study of some of the biological activities of one of the most widely consumed drinks in the world, flavoured green tea, to evaluate the effect of the addition of certain spices on the organic activities of flavoured green tea. The quantification of polyphenols and flavonoids was carried out by colorimetric techniques Folin-Ciocalteu and aluminum trichloride. The evaluation of antioxidant activity was estimated by three methods: FRAP, DPPH and TAC. The protein denaturation test is used to evaluate anti-inflammatory activity. The results of the quantification of polyphenols indicate that the mint flavoured aqueous tea extract was richer in polyphenols as well, flavonoids with contents in flavonoids with contents of 280.32 ± 1.96 mg EAG/g ES and 76.21 ± 0.65 mg QE/g ES respectively. The results of antioxidant activity revealed that all extracts have a high antioxidant activity high potency was found for pure green tea extract with an IC 50 of $109, 01 \pm 1.36 \mu\text{g/ml}$, on the other hand, the tea + ginger extract showed a strong anti-free radical activity towards the radical DPPH with an IC50 of $11.619 \pm 3.56 \mu\text{g/ml}$, the tea + star anise extract proved to have a greater total antioxidant activity. The results of the study of the anti-inflammatory activity indicated that the tea + sagebrush extract provides inhibition of the denaturation of the protein with an ic 50 of the order of $2.41 \pm 0.26 \mu\text{g/ml}$. the results obtained in this study suggest that the addition of spices to green tea has a positive impact on its biological activities.

Key word: green tea, spices, polyphenols, antioxidant activities, anti-inflammatory activities.

ملخص

خصص هذا العمل لدراسة بعض الأنشطة البيولوجية للمشروب الأكثر استهلاكاً في العالم، وهو الشاي الأخضر المنكه، بهدف تقييم تأثير إضافة بعض التوابل على الأنشطة البيولوجية للشاي الأخضر المنكه بالمقارنة مع الشاي الأخضر النقي. تم إجراء القياس الكمي للبوليفينول والفلافونويدات باستخدام تقنيات القياس اللوني Folin-Ciocalteu وثلاثي كلوريد الألومنيوم. تم تقدير نشاط مضادات الأكسدة من خلال ثلاث طرق: FRAP، DPPH، وTAC. يستخدم اختبار تمسخ البروتين لتقييم النشاط المضاد للالتهابات. تشير نتائج القياس الكمي للبوليفينول إلى أن المستخلص المائي للشاي بنكهة النعناع كان أكثر ثراءً في البوليفينول وكذلك في الفلافونويدات بمحتويات تبلغ 280.32398 ± 1.96 مجم EAG/g من ES و 76.21 ± 0.65 مجم QE/g ES على التوالي. أظهرت نتائج النشاط المضاد للأكسدة أن جميع المستخلصات لها نشاط مضاد للأكسدة عالي، ولوحظت قوة قوية لمستخلص الشاي الأخضر النقي مع IC 50 قدره 109.01 ± 1.36 ميكروغرام / مل، مقابل مستخلص الشاي + الزنجبيل أظهر مضاداً قوياً. - نشاط جذري ضد جذري DPPH مع 11.619 ± 3.56 IC50 ميكروغرام/مل، مستخلص الشاي + اليانسون النجمي أثبت أن له نشاطاً مضاداً للأكسدة إجمالياً أعلى. أشارت نتائج دراسة النشاط المضاد للالتهابات إلى أن مستخلص الشاي + نبات القمح يوفر تثبيط تمسخ البروتين. تشير النتائج التي تم الحصول عليها في هذه الدراسة إلى أن إضافة التوابل إلى الشاي الأخضر له تأثير إيجابي على أنشطته البيولوجية.

الكلمة المفتاحية: الشاي الأخضر، البهارات، البوليفينول، الأنشطة المضادة للأكسدة، الأنشطة المضادة للالتهابات.