



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Chimie
Filière : Chimie

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Chimie
Option : **Chimie Appliquée**

THEME :

**Effet de quelques extraits végétaux sur la conservation
des aliments : cas de la viande d'agneau**

Etudiant (e) : **Belkacem Aicha**

Encadrant (e) : **Benguendouz Abdenour**

Président : **Belouatek Aissa**

Examineur : **Bourahla Sarra**

Année Universitaire 2017-2018

Remerciements

Nous tenons à remercier en premier lieu ALLAH le tout puissant pour toute la volonté et le courage qu'il m'a donné pour l'achèvement de ce travail de recherche.

Je remercie tout d'abord ma famille qui m'a toujours soutenue et m'a toujours montré amour et respect, plus particulièrement mon père et ma mère.

Je remercie : Mr Benguendouz Abdenour, d'avoir accepté de m'encadrer, pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail, pour sa disponibilité, et ses remarques pertinentes.

Je tiens également à exprimer ma reconnaissance et mes sincères remerciements aux membres du jury d'accepter d'honorer de leur présence et de leur compétence, la soutenance de ce mémoire.

Je remercie chaleureusement toute l'équipe de laboratoire pour leurs disponibilités, pour leur gentillesse et patience, pour leurs orientations et leurs remarques objectives.

Je remercie aussi les personnes qui m'ont aidé et encouragé le long de ce travail.

Dédicace

Je dédie ce travail à :

Mes très chers parents qui m'ont toujours encouragé et que dieu les protège.

A mes frères Mohamed, Saïd, Hamid, Taib, Bouabedalah.

A mes sœurs Djamila et Fatiha.

Toute ma famille, cousines et cousins de près ou de loin.

A mes chers amis(es) Sara, Nesrine, mouad, Nehal et Midani.

A tous mes collègues de la même spécialité.

A tous mes professeurs de chimie.

A toute ma promotion 2017-2018.

Résumé :

L'objectif principal du présent travail est la caractérisation antiradicalaire et antioxydante des huiles extraites de quelques végétaux récoltés de la région de Relizane, à savoir le Citron, le Romarin et le Gingembre. L'extraction des huiles réalisée par la méthode de soxhlet a fait apparaître des rendements distincts ; 17.05% pour le Gingembre, 46.85% pour le Citron et enfin 53.1% pour le Romarin. De plus, les résultats obtenus ont révélé que l'extrait de gingembre présente une meilleure activité antiradicalaire au DPPH comparativement à celle des extraits de Romarin et de citron avec des IC50 respectives de 0.617 mg/ml, 0.623mg/ml et 0.691 mg EAG/ml. L'étude porté sur les extraits végétaux a révélé que les extraits naturels présentent des activités antioxydantes supérieurs à celles des antioxydants synthétique (Vitamine C). Enfin, il importe de noter que les basses températures entravent les processus oxydatifs, empêchant de ce fait l'élévation des concentrations des molécules toxiques dont le malondialdéhyde.

Liste des tableaux

Tableau 1. Composition de la viande du mouton en g/100g d'après [44]	19
Tableau 2. Rendement d'extraits végétaux.....	33
Tableau 3. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à 4°C.....	37
Tableau 4. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à (- 4°C).....	39

Liste des figures

Figure 1. Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>).....	4
Figure 2.1. Structure chimique des monoterpènes identifiés dans les huiles de romarin [12].....	6
Figure 2.2. Structure des acides phénoliques dans le Romarin [13]	7
Figure 2.3. Structure de quelques diterpènes phénoliques du romarin [13].....	8
Figure 3. Rhizomes de gingembre.....	9
Figure 4. Quelques composants bioactifs de gingembre [23].....	10
Figure 5. Feuilles, fleurs et fruits de citron.....	11
Figure 6. Structure macroscopique d'un muscle strié.....	17
Figure 7. Les différentes réactions de l'oxydation des acides gras.....	22
Figure 8. Extraction de Romarin.....	27
Figure 9. Extraction de Gingembre.....	27
Figure 10. Extraction de Feuilles des Citron.....	27
Figure 11. Rotavapor.....	28
Figure 12. Rendement d'extraits végétaux.....	33
Figure 13. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Citron.....	34
Figure 14. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Romarin.....	35
Figure 15. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Gingembre.....	35
Figure 16. Activité antiradicalaire IC ₅₀ (mg/ml) des trois espèces végétales « Citron, Romarin et Gingembre ».....	36
Figure 17. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à 4°C.....	38
Figure 18. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à -4°C.....	40

Liste des abréviations

- ❖ **AGPI** : acide gras polyinsaturé.
- ❖ **AGS** : acide gras saturé.
- ❖ **ADN** : Acide désoxyribonucléique.
- ❖ **BHA** : Hydroxyanisol butylé.
- ❖ **BHT** : Hydroxytoluène butylé.
- ❖ **E.D.T.A** : L'éthylène diamine tétra-acétate.
- ❖ **LDL** : lipoprotéines de basse densité.
- ❖ **MDA** : malondialdéhyde.
- ❖ **TBA** : acide thiobarbutirique.
- ❖ **TCA** : acide trichloroacétique.

Sommaire

Remerciement	i
Dédicace	ii
Résumé	iii
Liste des tableaux	iv
Liste des figures	v
Liste des abréviations.....	vi
Sommaire	vii

Introduction générale

Introduction.....	2
-------------------	---

Chapitre I : Caractéristiques botaniques et composition chimique des plantes étudiées

I. Romarin (<i>Rosmarinus officinalis</i>)	4
I.1. Historique	4
I.2. Description morphologiques	4
I.3. Composition chimique	5
I 3.1. Les huiles essentielles	5
I.3.2. Composition phénolique	7
II. Gingembre « <i>Zingiber officinale</i> »	8
II.1. Historique	8
II.2. Description morphologiques	9
II.2.a. Partie souterraine	9
II.2.b. Partie aérienne	9
II.3. Compositions chimiques	10
III. Citron	10
III.1. Historique	10

III.2. Description morphologiques	11
III.3. Composition chimique	11

Chapitre II: Généralité sur les antioxydants et leurs utilisations en diététiques

1. Radicaux libres et stress oxydatif	13
1.1. Les radicaux libres	13
1.2. Le stress oxydatif	13
2. Définition des antioxydants	13
3. Différents types d'antioxydants et leurs modes d'action	13
3.1. Type I	13
3.2. Type II	14
3.3. Type III	14
3.4. Agents synergiques	14
4. Les polyphénols et l'oxydation des lipides	15
5. Autres antioxydants	15

Chapitre III: Viande ovine : caractéristiques et problèmes liés à l'oxydation des lipides

1. Définition	17
2. Composition de la viande	17
3. Composition brute	18
3.1. Les protéines	18
3.1.a. Protéines myofibrillaires	18
3.1.b. Les protéines sarcoplasmiques	18
3.1.c. les protéines du stroma (tissu conjonctif)	18
3.2. Les lipides	19
4. Aspects diététiques des lipides de la viande	19
5. Lipides et aptitude à la conservation de la viande	20
6. Lipides et altérations	20

6.1. La lipolyse	20
6.2. Oxydation des acides gras	21
6.2.a. Réactions d'initiation	21
6.2.b. Réactions de propagation	21
6.2.c. Réactions d'arrêt	22
7. Facteurs influençant l'oxydation des lipides	22
8. Susceptibilité à l'oxydation et son évaluation	22
8.1 Absorption de l'oxygène	22
8.2. Indice TBA (acide thiobarbutirique)	23
8.3. Indice de peroxyde	23
9. Produits de l'oxydation des lipides et toxicité	23
9.1. Les peroxydes et leurs produits de décomposition	23
9.2. Les malonaldehydes	23
9.3. Les oxycholéstérols	23

Partie expérimentale

1. Matériels et méthodes	25
1.1. Matériels	25
1.1.1. Choix et nature de la Viande	25
1.1.2. Choix du matériel végétal	25
1.1.3. Produits chimiques	26
1.2. Méthodes	26
1.2.1. Préparation des extraits	26
1.2.2- Estimation de l'Activité antiradicalaire (Test DPPH)	29
1.2.3. Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande d'agneau par la méthode	
BA-rs:	29

Résultats et Discussion

1. Rendement de l'extraction	33
2. Activité antioxydante et antiradicalaire (IC50)	34
3. Estimation du degré de peroxydation des lipides de la viande d'agneau par la méthode TBA-rs	37
Conclusion	42
Références bibliographiques	44

Introduction générale

Introduction

La viande des ruminants est une excellente source de nutriments facilement assimilés par l'organisme. Sa composition est proche du corps humain (75% d'eau, 19-25% de protéines, 1-6% de lipides, et 1-2% de glucides) [1]. Cependant, ce produit est exposé aux phénomènes d'oxydation notamment sur les matières grasses [2]. Il est par ailleurs connu que les lipides oxydés sont susceptibles d'engendrer de néfastes conséquences sur la conservation des viandes [2].

La protection des constituants des corps gras alimentaires contre l'oxydation est une opération nécessaire. Parmi les diverses solutions technologiques possibles, il convient de citer l'addition d'agents anti oxygénés naturels [2]. Parmi ces antioxydants, on trouve quelques extraits végétaux comme (le Romarin, Gingembre et feuilles de citron) qui sont considérés comme étant un antioxydant naturel. Ils s'agit des plantes largement utilisée dans les régimes alimentaires des populations méditerranéennes. Il préserve les qualités nutritionnelles des produits alimentaires et leur durée de conservation en retardant la dégradation oxydative des lipides grâce à sa richesse en antioxydants [3]. L'objectif du présent travail est de mettre en évidence le pouvoir antiradicalaire ainsi que l'effet antioxydant de quelques extraits obtenus à partir des végétaux ; notant ici le gingembre, le romarin et le citron sur les phénomènes de lipopéroxydation

Chapitre I

Caractéristiques botaniques et composition chimique des plantes étudiées

I. Romarin (*Rosmarinus officinalis*):

I.1. Historique :

Le romarin, chargé de symboles chez les Anciens qui en faisait des couronnes, a servi à l'élaboration d'un remède longtemps réputé, « l'Eau de la reine de Hongrie » qui en fait est un alcoolat : à l'aide de ce remède, la souveraine, âgée de 72 ans, guérit des rhumatismes et de la podagre [4]. Les médecins arabes utilisaient beaucoup le romarin et ce sont eux qui réussirent les premiers à en extraire l'huile essentielle [5].



Figure 1. Romarin (*Rosmarinus officinalis*)

I.2. Description morphologiques :

Le Romarin, plante commune à l'état sauvage, est l'une des plantes les plus populaires en Algérie, puisqu'on la trouve dans tous les jardins et les parcs en bordure odorante [6]. Le romarin est un arbrisseau de la famille des labiées [7] de 50 cm à 1 mètre et plus, toujours vert, très aromatique, très rameux, très feuillé [8]. Les feuilles sont coriaces, persistantes, sessiles, linéaires, entières, enroulées sur les bords, vertes et ponctuées dessus, blanches tomenteuses à la face inférieure [9]. Son écorce s'écaille sur les branches les plus âgées et son odeur est extrêmement odorante et tenace [8]. La floraison commence dès les mois de janvier/ février et se poursuit jusqu'en avril – mai [7]. Les fleurs sont réunies au sommet des rameaux, bleues pâles à blanchâtre, pratiquement sessiles, disposées en petites grappes axillaires et terminales, bractées tomenteuses lancéolées [9]. Le calice velu à dents bordées de blanc, elles

portent deux étamines ayant une petite dent vers leur base comme pour la plupart des Lamiacées [7]. Le fruit, ovoïde, est entouré par un calice persistant, sec est constitué de quatre akènes (tétrakène). Il attire les insectes (entomophiles) pour assurer la pollinisation (entomogame) [10].

I.3. Composition chimique :

I.3.1. Les huiles essentielles :

L'huile essentielle est constituée de plusieurs molécules chimiques de synthèse naturelle. Ces molécules sont différentes selon la nature de la plante et le sol dans lequel la plante va croître, le temps de récolte, la partie de la plante, la préparation de l'échantillon, ainsi que la méthode d'extraction. Les molécules sont formées à partir de divers atomes puisés par la plante via le sol et via sa synthèse organique. L'ensemble constitue des réactions chimiques donnant naissance aux molécules aromatiques, constituant l'huile essentielle [11]. La composition chimique des extraits dépend largement de l'influence des conditions du mode d'extraction sur l'essence contenue dans la plante. Les extraits ainsi que de nombreux dérivés porteurs de fonctions diverses sont constitués principalement de composés terpéniques. Les terpènes sont très répandus dans la nature et surtout dans les plantes comme constituants des huiles essentielles.

Les structures chimiques des monoterpènes identifiés dans les huiles de romarin sont représentés par (la figure 2.1)

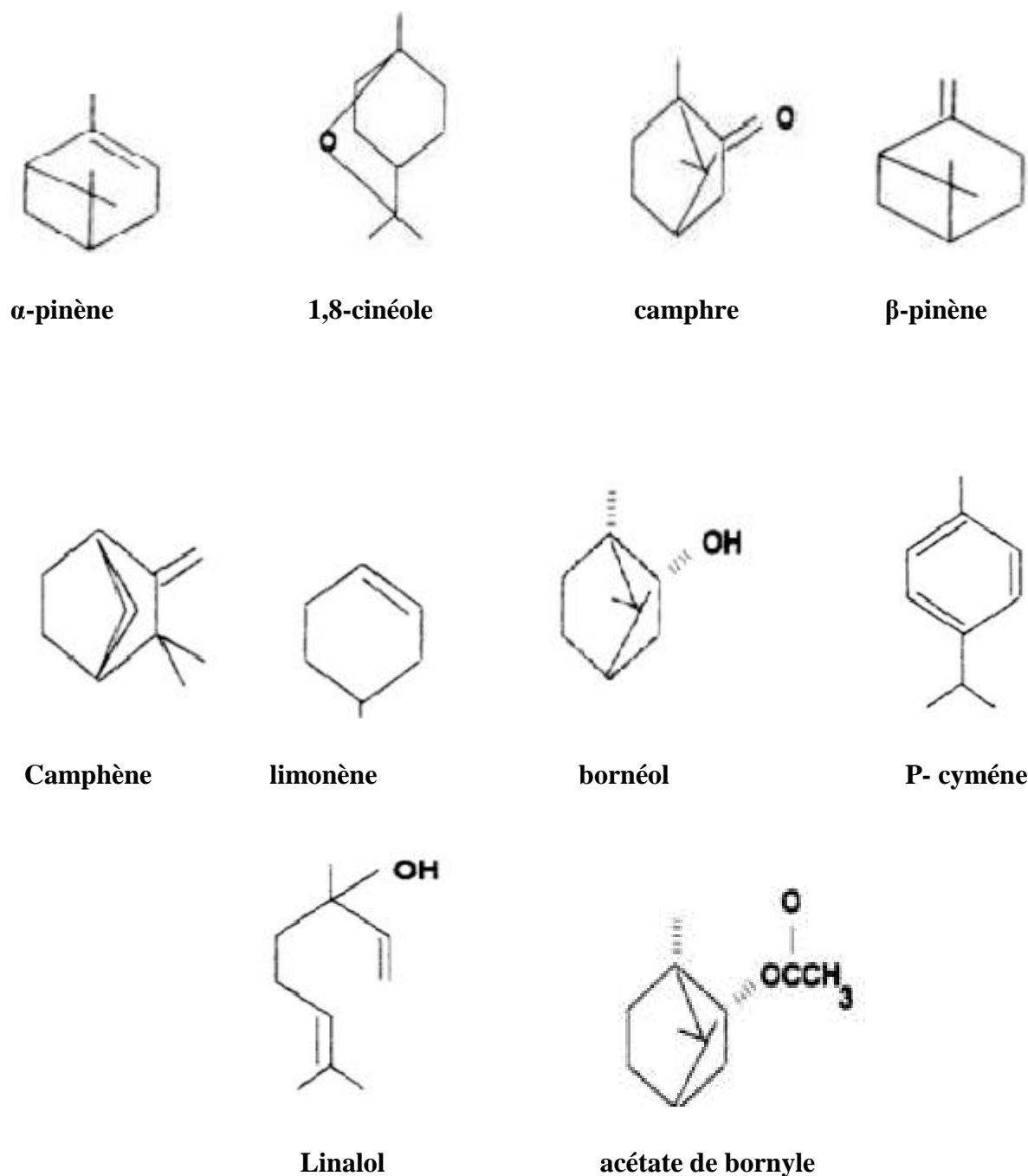
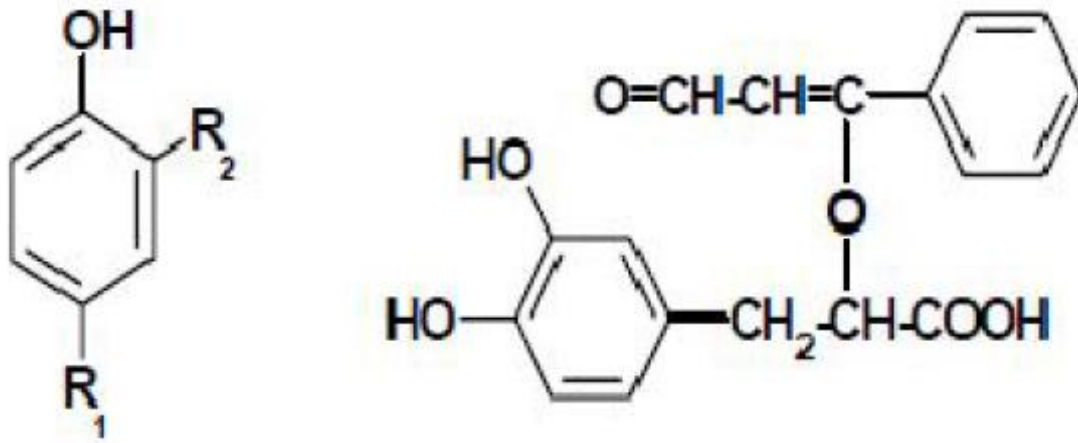


Figure2.1. Structure chimique des monoterpènes identifiés dans les huiles de romarin [12].

I.3.2. Composition phénolique :

Les acides phénoliques: les acides phénoliques présents dans le romarin et à des teneurs importantes sont l'acide rosmarinique, l'acide caféique et l'acide vanéllique [13].



Acide vanéllique : R1 (COOH), R2(OCH3)

Acide Rosmarinique

Acide caféique : R1 (CH=CH-COOH), R2(OCH3)

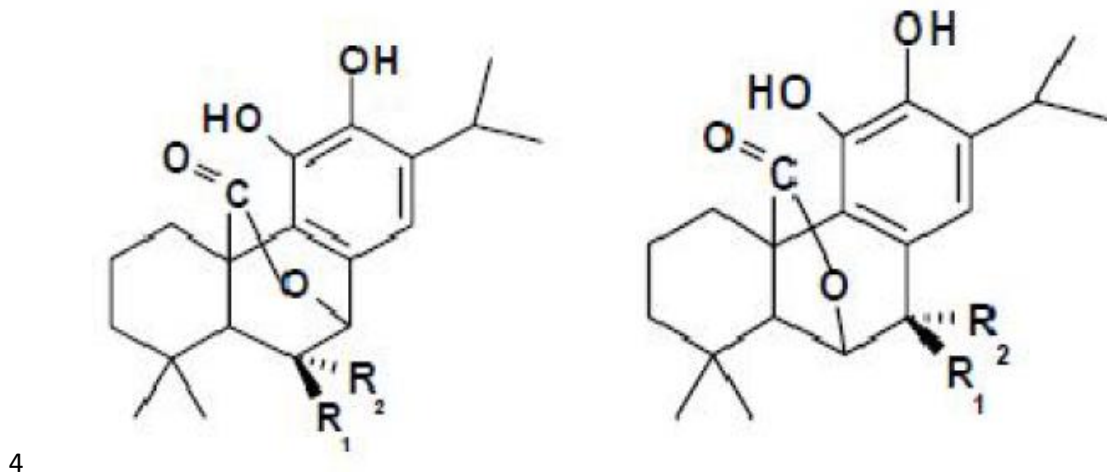
Figure 2.2. structure des acides phénoliques dans le Romarin [13].

Flavonoïdes :

Le nom flavonoïde proviendrait du terme flavedo, désignant la couche externe des écorces d'orange, cependant d'autres auteurs supposaient que le terme flavonoïde a été plutôt prêté du flavus (flavus=jaune) [7]. Plus de dix flavonoïdes sont isolés et identifiés dans le romarin, la plupart d'entre eux sont des dérivés de flavones dont : l'apéginine, le genkwanine, le 6-méthoxy genkwanine, etc... [13].

Diterpènes :

Actuellement, plus de douze diterpènes, sont isolés et identifiés dans le romarin, il sont responsables à l'activité antioxydante de la plante [13].



Carnosol: R1 (H), R2 (H)

Rosmanol: R1 (H), R(OH)

Figure 2.3. Structure de quelques diterpènes phénoliques du romarin [13].

II. Gingembre «*Zingiber officinale* » :

II.1. Historique :

Le terme « Gingembre » est dérivé du nom Anglais ginvere. Cette plante est aussi appelé Zingiberis en grec et Zingiberi en latin [14], bien que dans la médecine indienne le *Zingiber officinale* est connu en tant que «vishwabhesaj», qui veut dire «remède universel» [15]. Depuis plus de 3000 ans, cette plante médicinale ou bien épice orientale (Figure 3) a traversé la mer Méditerranée pour la première fois grâce aux phéniciens pour arriver à l'Europe durant l'Empire romain dès le premier siècle [16]. Le gingembre s'est répandu après dans l'Egypte antique comme un composant des techniques de momification. La production de gingembre comme une racine tonique est apparue depuis plus de 5000 ans chez les Indiens et les Chinois pour traiter de nombreuses affections. Aujourd'hui cette plante



Figure 3. Rhizomes de gingembre.

II.2. Description morphologiques :

Il existe environ 100 variétés d'espèce que l'on ne rencontre plus que rarement à l'état sauvage, du moins en ce qui concerne le *Zingiber officinale* qui est une plante vivace herbacée, originaire des régions tropicales d'Asie [17]. Le *Zingiber officinale* est divisé en deux parties :

II.2.a. Partie souterraine :

Elle présente des rhizomes horizontaux et ramifiés, peau beige pâle, il devient de plus en plus fibreux avec l'âge [18] et son odeur est très aromatique avec une saveur chaude et piquante [16].

II.2.b. Partie aérienne :

Cette partie est formée des feuilles et d'une tige de 1.50 mètre et peut atteindre 3 mètre de hauteur [16], [17]. On trouve deux sortes de tiges ; les hautes tiges qui sont stériles, servent à l'assimilation et portent des feuilles alternes, longues et étroites, alors que les basses tiges servent à la reproduction et ne présentent pas de feuille [17].

Les fleurs de cette plante sont parfumées, blanches et jaunes, avec des traînées rouges sur les lèvres. La floraison a lieu entre les mois d'août et novembre. Ses fruits sont des capsules trivalves contenant des graines noires [18] (**Figure 4**)

II.3. Compositions chimiques :

La majorité des composants chimiques sont situés principalement dans le rhizome, ce dernier contient essentiellement : - L'amidon (60%), des protéines et des lipides (10%) et 10 à 40 ml /kg d'huile essentielle (volatile) qui est constitué de : Mono et sesquiterpènes dont les sesquiterpènes représentant le principale composant (30 à 70 % de l'huile essentielle) [19], [20]. Ces huiles sont variables selon l'origine géographique, les conditions agronomiques, et si les rhizomes sont frais ou sec [21]. - L'oléorésine contient des composés phénoliques responsables du goût piquant : shogaol, [6]-gingérol, paradol, zingérone (Gigon, 2012) (Figure 5) et des composés responsables de la saveur très marqué de la drogue sèche ([6]-gingérol) [19]. - Le gingembre contient également quelques flavonoïdes comme la quercétine, la rutine, fisetine, morine, acide gallique, acide ferulique, acide vanillique [22].

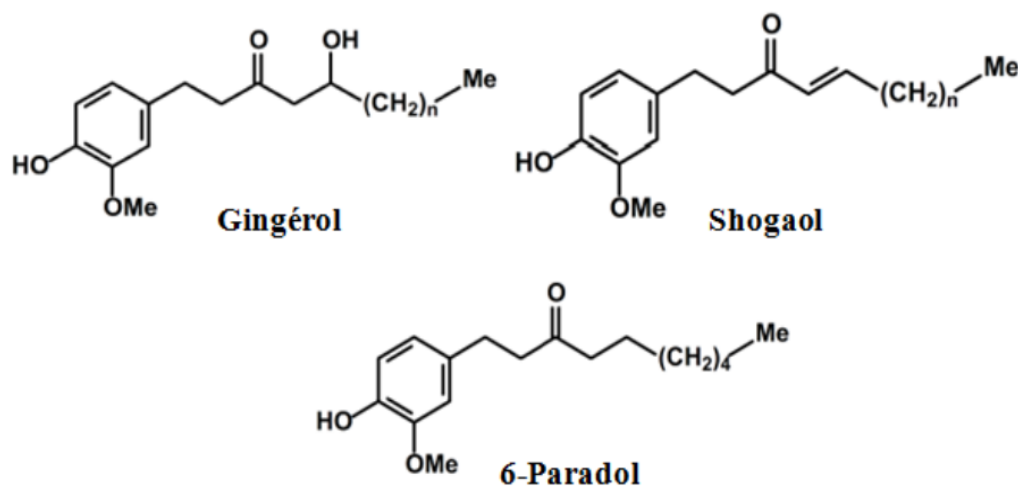


Figure 4. Quelques composants bioactifs de gingembre [23]

III. Citron :

III.1. Historique :

Les agrumes sont originaires du Sud-Est Asiatique [24]. Ce sont des arbres de la famille des Rutacées composés de 156 ou de 16 espèces, selon que les auteurs ont ou n'ont pas pris en compte les hybrides [25]. La diffusion des agrumes à travers le monde s'est faite très lentement. Le citronnier a été introduit dans le bassin méditerranéen vers la moitié du XIIe siècle, le mandarinier au XIXe siècle. L'introduction des agrumes en Afrique de l'Est a été faite par les commerçants arabes et hindous vers le XIVe siècle [26], [27].

L'expansion dans le sud de l'Europe au XV^e siècle est le fait des portugais, qui les ont exportées d'Asie. Au moment de la conquête, le citronnier traverse l'atlantique avec le Bigarade, la lime et le cédrat. Ces derniers ont été cultivés dans les Antilles, au Mexique et en Amérique du sud [27].



Figure 5. Feuilles, fleurs et fruits de citron

III.2. Description morphologiques :

Le citronnier, un membre de la famille des Rutacées, est un petit arbre (arbuste) vert et aromatique dont la taille peut varier de 2 à 10 m de haut, porte 5-6 branches charpentières très fournies en rameaux, les racines superficielles forment un réseau dans les 80 premiers centimètres de sol. Les feuilles des citronniers sont des feuilles vertes, alternatives et persistantes, très adurantes en raison des multiples poches à essence qu'elles contiennent, qui sont visible à l'oeil nu [28].

III.3. Composition chimique :

Le feuille citron est un feuille riche en vitamine C et d'un large éventail de vitamines de groupe B avec des quantités considérables de flavonoïdes. La teneur en glucides et en protéines est faible, il est riches en substances minéral (le potassium est le minéral le plus abondant) [29].

Chapitre II
Généralité sur les antioxydants
et leurs utilisations en
diététiques

1. Radicaux libres et stress oxydatif :

1.1. Les radicaux libres :

Ils sont appelés également « formes actives de l'oxygène » ou plus communément « radicaux libres ». Ce sont des molécules instables en quête d'électrons, donc susceptibles de réagir immédiatement avec tous les constituants de la cellule (ADN, protéines, lipides...) et de provoquer de graves altérations voire la mort de la cellule [30].

1.2. Le stress oxydatif :

Il s'agit d'un déséquilibre entre la production de radicaux libres et les systèmes de défenses antioxydantes en faveur des premiers. Ce stress oxydant est potentiellement impliqué dans le développement du vieillissement ou de pathologies associées au vieillissement (maladies cardiovasculaires et neuro-dégénératives, cancer, diabète, etc.) [31].

2. Définition des antioxydants :

Ce sont des substances capables de neutraliser ou de réduire les dommages causés par les radicaux libres dans l'organisme. Le groupe le plus important d'antioxydants naturels comprend la vitamine E (tocophérol), les flavonoïdes et autres composés végétaux [32].

3. Différents types d'antioxydants et leurs modes d'action:

La protection des constituants des corps gras alimentaires contre l'oxydation est une opération nécessaire. Parmi les diverses solutions technologiques possibles il convient de citer l'addition d'agents antioxygénés pratiquée d'abord de manière empirique. Cette opération fait aujourd'hui appel à plusieurs composés naturels ou de synthèse dont le mécanisme d'action a été largement étudié. Des recherches effectuées en ce sens ont montré les effets néfastes ou bénéfiques des agents anti oxygène sur les denrées alimentaires [2].

Par ailleurs, l'ensemble des antioxydants est subdivisé en trois catégories :

3.1. Type I :

Selon [2], il s'agit de substances capables d'interrompre la chaîne radicalaire en cédant un radical hydrogène (H) à un radical libre lipidique bloquant ainsi l'oxydation à la phase d'initiation.

Ces substances anti oxydantes diminuent donc le nombre de radicaux libres et abaissent la vitesse d'oxydation en prolongeant la période d'induction.

Les antioxydants de type I les plus employés dans les aliments sont des composés phénoliques tels que :

- Galattes de propyle, d'octyle et de dodecyle.
- Butyl hydroxy-anisol (BHA).
- Butyl hydroxy-toluène (BHT)

3.2. Type II :

Selon [2], les antioxydants de cette catégorie sont des composés qui agissent en empêchant ou en diminuant la formation de radicaux libres. Les plus utilisés sont des agents complexant les métaux (hydropéroxyde métal).

Leur action dépend du PH et de la température, car la stabilité des complexes formés est en rapport avec ces paramètres. Parmi ces antioxydants on peut citer :

L'éthylène diamine tétra-acétate (E.D.T.A) : C'est un agent complexant très efficace, mais peu utilisé dans les aliments car il n'est pas autorisé par la réglementation.

L'acide citrique : Généralement, la fonction de l'acide citrique dans le système antioxydant consiste à désactiver les métaux pro-oxydants par le biais des groupes fonctionnels concernés [2].

3.3. Type III :

Il s'agit des facteurs de l'environnement dotés d'une action antioxydante agissant sur le potentiel redox du milieu, sur la température, la pression en oxygène et sur la lumière [33].

Selon [2], l'acide ascorbique ou « vitamine C » fait partie de ce groupe d'antioxydants. C'est un agent technologique bien connu utilisé en milieu aqueux et totalement insoluble dans les corps gras. Sa capacité anti-oxygène est due à un groupement ené-diol le rendant réducteur et faiblement acide.

3.4. Agents synergiques :

Ce sont des molécules améliorant l'action de certains antioxydants, ce qui se traduit souvent par un accroissement de la période de protection. On peut citer :

- Les acides lactiques.
- Les acides tartriques.
- Les acides orthophosphoriques.

L'efficacité des antioxydants peut être augmentée par l'utilisation d'un mélange d'antioxydant de type I et II. L'association de ces deux types permet d'inhiber les phases d'initiation et de propagation de l'oxydation des lipides [34].

4. Les polyphénols et l'oxydation des lipides:

Les polyphénols sont des molécules organiques présentes dans le règne végétal. Comme l'indique leur nom, ils se caractérisent par la présence de plusieurs groupements phénoliques associés donnant lieu à des structures plus ou moins complexes le plus souvent de haut poids moléculaire.

Ils prennent une importance croissante, en raison de leurs effets bénéfiques sur la santé [35]. En effet, leur rôle d'antioxydant naturel suscite un grand intérêt pour la prévention et le traitement du cancer [36].

Selon [37], l'incorporation d'extraits végétaux riches en antioxydants (polyphénols) dans des steaks hachés de boeuf destinés à être conservés sous film ou sous atmosphère modifiée permet d'inhiber les processus de peroxydation des lipides au cours de la conservation et maintiennent probablement la valeur nutritionnelle et la qualité du produit.

Plusieurs expérimentations (essentiellement in vitro) montrent que les polyphénols limitent l'oxydation des lipides en piégeant les radicaux libres [38].

Au laboratoire de pharmacognosie de la Faculté des sciences pharmaceutiques et biologiques de Lille, des recherches ont démontré que les polyphénols réduisent significativement l'oxydation des lipoprotéines de basse densité (LDL) [39].

5. Autres antioxydants :

En plus des polyphénols, on peut distinguer d'autres antioxydants tels que : la vitamine C ou bien « acide ascorbique », les tocophérols ou bien « vitamine E », les caroténoïdes, la catéchine et les isoflavones. Ces antioxydants contribuent à limiter les phénomènes d'oxydation surtout celle des lipides [38].

Chapitre III

Viande ovine : caractéristiques et problèmes liés à l'oxydation des lipides

1. Définition :

La viande ovine est un produit hétérogène résultant de l'évolution post-mortem des muscles. Le muscle se transforme en viande en passant par différentes étapes :

- Etat pantelant : les muscles et les membres mobiles sont relâchés.
- Etat rigide (rigidité cadavérique) ou bien (rigor mortis) ; les muscles et les membres non mobilisables sont durs.
- Etat de maturation : les muscles sont relâchés et transformés en viande attendries et juteuse.

2. Composition de la viande :

La carcasse contient environ 100 paires de muscle à symétrie bilatérale.

On distingue deux principaux types de muscle :

- 1) Les muscles striés.
- 2) Les muscles non striés.

Les muscles non striés ou lisses sont moins volumineux et possèdent des fonctions identiques aux muscles striés. On les trouve principalement au niveau de l'appareil gastro-intestinal et le système respiratoire (intima, media, adventice séreuse...) [40].

Les muscles striés sont classés en deux catégories : cardiaque ou squelettique. Ces derniers sont liés au squelette et jouent un rôle important dans la commande de locomotion et de maintien ainsi que dans la protection des organes essentiels (ex : biceps, triceps...). **La figure 6** met en évidence la structure macroscopique d'un muscle strié [40].

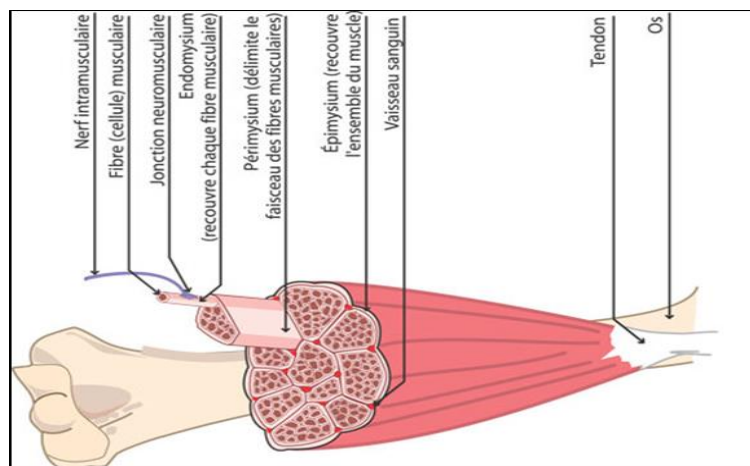


Figure 6 : Structure macroscopique d'un muscle strié

3. Composition brute :

Il existe une approche pour évaluer la composition brute de la viande. Elle permet de doser l'humidité, les protéines, les lipides et les cendres. Il faut noter que le muscle change considérablement dans ces composantes, et l'accumulation des lipides a une influence sur cette variation [41].

La viande des ruminants notamment celle d'agneau est une excellente source de nutriment facilement assimilé par l'organisme. Sa composition est proche du corps humain (75% d'eau, 19-25% de protéines, 1-6% de lipides, et 1-2% de glucides) [41].

3.1. Les protéines :

Les protéines sont constituées par un enchaînement d'éléments de base nommés : acides aminés dont 9 sont indispensables ou bien essentiels c'est-à-dire qui ne peuvent être synthétisés par l'organisme humain [42].

Les protéines de la viande sont classées comme suit :

3.1.a. Protéines myofibrillaires :

Ce sont les protéines fibrillaires et contractiles regroupant la myosine, l'actine, la tropomyosine B et la troponine. Elles sont solubles dans les solutions salines et confèrent aux cellules musculaires leurs propriétés contractiles [2].

3.1.b. Les protéines sarcoplasmiques :

Elles sont solubles à des PH voisin de la neutralité et forment plusieurs ensembles hétérogènes dont les enzymes mitochondriales, les myoglobines, les cytochromes et les flavoprotéines [2].

3.1.c. les protéines du stroma (tissu conjonctif) :

Il s'agit des protéines les moins solubles du muscle comprenant :

- Le collagène : constituant essentiel du tissu conjonctif, il se transforme en partie à la cuisson en gélatine. Sa rigidité et sa résistance sont dues à l'abondance de deux acides aminés : la proline et l'hydroxyproline [2].
- L'élastine : ou bien le tissu conjonctif jaune, sa couleur diffère de celle du collagène ; elle est très résistante et non soluble après cuisson [2].

3.2. Les lipides :

Les lipides sont essentiellement présents sous forme d'acides gras combinés avec d'autres molécules pour constituer les triglycérides et les phospholipides [43].

- Les triglycérides présentent la forme de stockage des lipides. Leur quantité est relativement variable en fonction de la qualité (maigre ou grasse) de la viande [43].
- Les phospholipides constituent la structure des membranes musculaires et représentent (0,5-1%) du poids du muscle. Qu'elle que soit la teneur en lipide du muscle, ils sont très riche en AGPI (acide gras polyinsaturé, 45-55%) [43].

Tableau 1 : composition de la viande du mouton en g/100g d'après [44].

	Energie (kcal)	Eau (g)	Protéines Brutes (g)	Lipides Bruts (g)	Cendres Brutes (g)	Calcium (mg)	Phosphore (mg)	Fer (mg)	Vitamine B1 (mg)
Viande Maigre	210	66	18	14.5	1.4	10	165	1.5	0.20
Viande Grasse	345	53	15	31	1	10	130	1	0.20

4. Aspects diététiques des lipides de la viande :

Le rapport AGPI sur AGS (acide gras saturé) de la viande d'agneau est compris entre 0,11 et 0,15 et reste inférieur à la valeur recommandée en nutrition humaine qui est égale à 0,45 [45].

Il est important de noter que les AGPI de la série n-3 et de la série n-6 ne sont jamais synthétisés par le corps humain [46].

Le c 18 :2 n-6 : est essentiel pour la croissance et la reproduction.

Le c 18 :3 n-6 : est essentiel pour le fonctionnement du cerveau et de la rétine et ces AGPI ont une influence remarquable dans la prévention contre les maladies cardiovasculaires [46].

D'autre part, un apport de n-6/n-3 trop élevé induit a des risques très important d'athérosclérose ou de maladies coronariennes [41].

D'une façon générale, le rapport n-6/n-3 recommandé pour l'alimentation humaine était de l'ordre de 2[47] mais des études récentes ont porté ce rapport à 5.

Les lipides intramusculaires ont une grande importance dans la qualité nutritionnelle de la viande, en particulier les acides gras polyinsaturés qui sont associés à une diminution du risque d'apparition des maladies coronariennes chez l'homme [48]

La teneur en lipides de l'alimentation animale influence la composition en acide gras des tissus adipeux et musculaire [49], [50].

5. Lipides et aptitude à la conservation de la viande :

La lipolyse et l'oxydation ont des conséquences néfastes sur la conservation des viande, car la première réaction est influencée par : la température, l'activité de l'eau, le PH, la nature du milieu, les forces ioniques, la nature de l'atmosphère du stockage... [51].

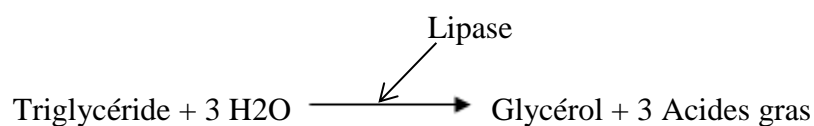
L'oxydation est régie essentiellement par des facteurs physiques : teneur en acide gras, nature des acides gras, présence d'agents complexants, effet des agents de la salaison, présence d'acides aminés,... [51].

6. Lipides et altérations :

6.1. La lipolyse :

Les lipides mis en réserve dans les cellules adipeuses sont susceptibles d'être mobilisés [51].

La libération des acides gras à partir des triglycérides se déroule dans l'adipocyte. La lipase du tissu adipeux hydrolyse complètement les triglycérides et la réaction peut être schématisée de la façon suivante :



6.2. Oxydation des acides gras :

La fixation de l'oxygène de l'air sur la double liaison de l'acide gras insaturé induit a des réactions en chaine d'autocatalyses provoquant la formation des hydroperoxydes peu stables induisant une saveur indésirable rendant l'aliment inconsommable. [2]

D'après [2], il existe 3 types de réactions intervenant dans l'oxydation des lipides :

6.2.a. Réactions d'initiation :

Ces réactions conduisent à la formation des radicaux libres, ou des peroxydes lipidiques à partir d'acides gras insaturés et qui sont activés principalement par la température élevée, la lumière et les traces de certains métaux.

Au cours de l'initiation les réactions sont de types :

- Réaction 1 : $RH \longrightarrow R^* + H^*$ RH : acide gras insaturé.
- Réaction 2 : $RH \longrightarrow ROO^* + H^*$ H : atome labile d'hydrogène.

Les radicaux libres (R^* , ROO^*) prennent naissance suite à l'absorption d'un photon (réaction 1) ou par réaction avec l'oxygène. Celle-ci nécessite une énergie d'activation élevée comprise entre 35 et 65 Kcal. Cette énergie résulte essentiellement de la décomposition monomoléculaire ou bien bimoléculaire des peroxydes selon la concentration de ces derniers.

La décomposition monomoléculaire ce fait selon l'une des réactions suivantes :



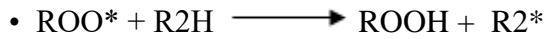
Tandis que la décomposition bimoléculaire eut lieu en présence d'un dimère de peroxyde :



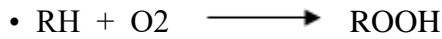
6.2.b. Réactions de propagation :

Elles constituent l'étape d'oxydation des acides gras insaturés par l'oxygène gazeux. Elles se caractérisent par une accumulation des peroxydes lipidiques et représentées par une chaine de deux réactions :

- $R^* + O_2 \longrightarrow ROO^*$



Ces réactions sont généralement rapides car les radicaux libres porteurs d'électron non apparié sont très réactifs, si l'on tient compte du fait que deux réactions ne modifient pas le nombre de radicaux libres présents, nous pouvons dégager le bilan suivant :



6.2.c. Réactions d'arrêt :

Les radicaux libres s'associent pour donner des composés non radicalaires divers. Ces réactions conduisent à la formation des aldéhydes et des cétones responsables des odeurs et des goûts désagréables rencontrés sur les corps gras (rancissement).

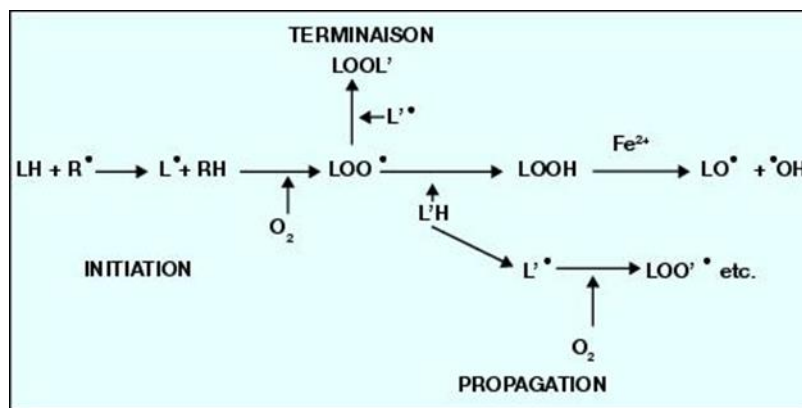


Figure 7 : Les différentes réactions de l'oxydation des acides gras.

7. Facteurs influençant l'oxydation des lipides:

Il existe plusieurs facteurs favorisant l'oxydation des lipides dont les principaux sont : l'eau, la lumière [52], la température, les acides gras insaturés libres et les traces de métaux [2].

8. Susceptibilité à l'oxydation et son évaluation :

L'évaluation de l'oxydation des lipides s'obtient par de nombreux tests :

8.1 Absorption de l'oxygène :

L'absorption de l'oxygène par les lipides, se mesure par plusieurs méthodes notamment :

- L'augmentation du poids de lipide.
- La diminution de la teneur en oxygène de l'atmosphère entourant les lipides.

- Et la mesure par chromatographie en phase gazeuse par électrode à oxygène (appareil de Warburg) [2].

8.2. Indice TBA (acide thiobarbutirique) :

L'acide thiobarbutirique réagit avec l'aldéhyde malonique et probablement avec d'autres aldéhydes en fin d'oxydation en donnant un pigment rouge dont on mesure l'absorption à 520nm. L'aldéhyde malonique semble provenir essentiellement de l'oxydation des lipides polyinsaturés [53].

8.3. Indice de peroxyde :

L'indice de peroxyde est une détermination utile pour prévoir le comportement futur d'un corps gras stocké à température peu élevée. Il est exprimé le plus souvent en milliéquivalent par kilogramme de lipide [2] et [53].

9. Produits de l'oxydation des lipides et toxicité :

Il s'agit des peroxydes et leurs produits de dégradation, du malonaldehyde et des oxydes de cholestérol [54].

9.1. Les peroxydes et leurs produits de décomposition :

Un nombre important de travaux a été consacré à l'étude des effets de ces composés et leur toxicité. C'est ainsi que l'administration des peroxydes à faible dose sur des rats est sans effet, alors que l'application des doses de plus en plus élevées provoquent des perturbations de la croissance [54].

9.2. Les malonaldehydes :

Leur quantité est variable dans les viandes et les produits carnés selon le processus mis en œuvre au cours de leur transformation et de leur stockage. Les propriétés toxiques du malonaldehyde sont probablement liées à sa très forte réactivité sur les protéines [55].

9.3. Les oxycholestérols :

Ils se produisent en présence d'oxygène atmosphérique sous l'effet de plusieurs facteurs. Ils affectent le noyau de la molécule de cholestérol ou la chaîne latérale et conduisent dans un premiers temps à des hydroperoxydes et à des époxydes ainsi qu'à de nombreux dérivés hydroxylés ou carbonylés appelés oxycholestérols [56].

Partie Expérimentale

1. Matériels et méthodes :

1.1. Matériels :

1.1.1. Choix et nature de la Viande :

L'étude a porté sur la viande d'agneau la plus consommée parmi les viandes rouges en Algérie (Mostaganem). Les échantillons ont été prélevés au niveau du filet.

1.1.2. Choix du matériel végétal :

Dans notre expérimentation, trois espèces végétales ont été étudiées. Il s'agit de **Gingembre**, de **Romarin** et de **Citron**, espèces caractéristiques du bassin méditerranéen connues pour leurs propriétés odoriférantes et leurs richesses en principes actifs notamment en antioxydants qui ont une action déterminante sur le ralentissement des phénomènes d'oxydation lipidiques.

➤ **Gingembre :**

Le produit végétal utilisé dans notre étude était le gingembre connu sous la nomenclature scientifique « *Zingiber officinale* » pour sa teneur élevée en agents actifs notamment les antioxydants dont les polyphénols ont une action déterminante sur l'oxydation des lipides.

➤ **Romarin :**

Le produit végétal utilisé dans la réalisation de la deuxième partie de notre étude était le romarin connu sous la nomenclature scientifique « *Rosmarinus officinalis* » pour sa teneur élevée en agents actifs notamment les antioxydants dont les polyphénols ont une action déterminante sur l'oxydation des lipides.

➤ **Feuilles de citron :**

La feuille de citronnier a une foliole. Elle est lancéolée, persistante contrairement au genre *Poncirus*, de couleur verte, brillante sur la face supérieure, constellée de petites glandes riches en huile essentielle et peu nervurée. Le pétiole est articulé au limbe et contrairement aux autres agrumes, très faiblement ailé.

Échantillonnage des espèces végétales :

Les échantillons des trois espèces végétales (Gingembre, Romarin et Feuilles de citron) ont été effectués dans la région de Relizane durant le mois de Février 2018. Cette période d'échantillonnage a été choisie dans le but de la faire coïncider avec la présence de nouvelles pousses. Les branches et les feuilles des trois espèces ont été récupérées, transportées au laboratoire, débarrassées des débris, séchées à l'air libre pendant 7 jours et enfin conservées à une température ambiante pour des utilisations ultérieures.

1.1.3. Produits chimiques :

Méthanol, Eau distillé, DPPH (diphényl picryl-hydrazyl), Vitamine C, L'acide thiobarbiturique (TBA), L'acide trichloroacétique (TCA).

1.2. Méthode :

1.2.1. Préparation des extraits :

La préparation de l'extrait de matière végétale a été obtenue dans les conditions suivantes : L'extraction par l'appareil de Soxhlet consiste à faire passer à travers la matière à traiter contenue dans une cartouche de cellulose, un flux descendant de solvant toujours neuf puisque distillé à chaque cycle. Cette technique est loin d'être exclusive aux molécules aromatiques d'origine végétale [57]. Elle est fréquemment utilisée pour l'extraction de lipides [58], matière végétale séchées et pulvérisées ont été soumises à une extraction au méthanol (99,5%) suivant la méthode de soxhlet et al. Il s'agit d'une extraction solide- liquide de type discontinue. Puis 40g de poudre de matière végétale qui placé dans une cartouche ont été extrait à l'aide de 300 ml de méthanol (99,5%) placé dans un ballon et soumis à température 60° C pendant, Cette opération a été répétée à trois reprises en utilisant le même solvant avec change matière végétale (Romarin, Gingembre et Citron).



Figure 8. Extraction de Romarin



Figure9. Extraction de Gingembre



Figure10. Extraction des Feuilles de Citron

Partie expérimentale

Extraction pendant 6h ou bien 6h30min selon le solvant utilisé.

Après, une évaporation sous vide au moyen d'un Rotavapor à 40°C Le principe de l'appareil consiste à évaporer le solvant sous vide en utilisant une pompe à vide avec une vanne de contrôle. Pendant l'évaporation, le ballon est mis en rotation et plongé dans un bain liquide chauffé. L'appareil est muni d'un réfrigérant avec un ballon-collecteur de condensat. La rotation du ballon crée une surface d'échange plus grande et renouvelée permettant donc d'effectuer une évaporation rapide. L'abaissement de la pression permet d'évaporer le solvant à température réduite (60°C), évitant ainsi la dégradation thermique éventuelle des composés. C'est une méthode d'évaporation simple, utile, douce et rapide (Penche, 2010). Après l'évaporation du solvant, l'extrait sec est solubilisé dans le méthanol. Enfin, l'extrait obtenu a été séché dans une étuve à 30°C afin d'éliminer toute trace du solvant résiduel.



Figure11. Rotavapor

Partie expérimentale

Rendement de l'extrait brut

Le rendement de l'extrait brut est défini comme étant le rapport entre la masse de l'extrait sec obtenue et la masse du matériel végétal traité. Ce rendement est calculé via l'équation :

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

R(%) : Rendement en %

Me : Masse de l'extrait après l'évaporation du solvant.

Mv : Masse de la matière végétale utilisée pour l'extraction [59].

1.2.2. Estimation de l'Activité antiradicalaire (Test DPPH) :

Le DPPH, (2,2 -Diphényl-2-picrylhydrazyl) est un radical libre stable de couleur violacée qui en présence de composés anti-radicalaires (antioxydant) subit une réduction provoquant ainsi un changement de couleur (jaune). Le pourcentage d'inhibition du radical DPPH est mesuré par spectrophotométrie à une longueur d'onde de 517 nm [60].

Il s'agit d'une méthode basée sur la mesure du pouvoir des antioxydants à piéger le radical DPPH. L'effet de chaque extrait (Romarin, Gingembre et Citron) sur le DPPH est mesuré par la procédure décrite par [61].

De chaque extrait, un volume de 50 µl de différentes concentrations a été additionné à 1,95 ml d'une solution méthanolique de DPPH (0,024 g/l) fraîchement préparée. Pour ce qui est du témoin, 50 µl du méthanol ont été ajoutée à 1.95 ml d'une solution méthanolique de DPPH à la même concentration utilisée. L'ensemble est incubé à l'obscurité pendant 30 min dans une température ambiante. La lecture des absorbances était effectuée à 515 nm à l'aide d'un spectrophotomètre.

1.2.3. Estimation du degré d'oxydation des lipides de la viande d'agneau par la méthode TBA-rs:

Introduction :

L'oxydation des lipides est la cause principale de la détérioration des qualités organoleptiques des viandes et produits carnés. Dans la viande, l'oxydation dépend de nombreux facteurs comme la teneur en fer, le niveau de protection antioxydante, la teneur en acides gras insaturés, et les conditions de conservation. Du fait de leur teneur élevée en acides gras insaturés (dépendante de l'alimentation) et de leur faible teneur en antioxydants, les

Partie expérimentale

viandes sont particulièrement sensibles aux phénomènes oxydatifs. L'oxydation des lipides est caractérisée par la formation d'aldéhydes (comme l'aldéhyde malonique, MDA). In vitro, ces aldéhydes peuvent réagir avec l'acide Thiobarbiturique (TBA) pour donner un complexe coloré en rose qui absorbe vers 535 nm. Le test TBA reste encore la technique la plus utilisée pour mesurer l'oxydation des lipides dans les viandes. Le TBA réagit également avec d'autres aldéhydes résultant de l'oxydation des AGPI (acides gras polyinsaturés) à longue chaîne. La concentration des substances réactives au TBA (sr-TBA), exprimée en équivalent MDA est évaluée par la lecture de l'absorbance au spectrophotomètre visible des sr-TBA extraites des échantillons par l'acide trichloroacétique.

Principe de cette méthode :

L'objectif de la méthode «TBA-rs » est d'estimer l'activité antioxydante d'extraits de plantes et mesurer son effet sur l'oxydation des lipides de la viande. Pour ce fait, notre travail a consisté à peser 2g/ml de l'extrait de Romarin sur 20g de viande haché.

On utilisant la même opération avec change l'extrait végétale (Citron, Gingembre).

La même opération a été effectuée on utilisant Vitamine C sur 20g de viande haché.

Il est important de noter qu'un échantillon-témoin (sans extrait de plante) a été soumis à la même préparation.

Ensuite, les cinq échantillons ont été emballés dans un film alimentaire et réfrigérés dans l'obscurité à 4°C et -4°C pendant 7 jours.

Mode opératoire :

Pour mesurer l'indice « TBA » nous avons utilisé la méthode de Salih [62].

Un échantillon de 2 gr est placé dans un tube de 25 ml contenant 16 ml d'acide trichloroacétique à 5% (p/v). Le mélange est homogénéisé 3 fois pendant 15 secondes à l'aide d'un homogénéisateur (Ultra-Turrax) à une vitesse d'environ 20 000 rpm. Le broyat est passé à travers un papier filtre afin d'obtenir un filtrat. Puis de ce filtrat 2 ml sont additionnés a 2 ml d'acide thiobarbiturique.

Les tubes fermés sont plongés dans au bain-marie à 70°C pendant 30 minutes et placés dans un bain d'eau froide. La dernière étape consiste à lire à l'aide d'un spectrophotomètre

Partie expérimentale

l'absorbance du mélange réactionnel à 532 nm et les résultats sont exprimés en mg équivalent MDA (malonaldehyde) /kg.

NB : La coloration reste stable pendant 1 heure.

Expression des résultats :

Les résultats dégagés au cours de ces expériences sont obtenues par la formule suivante :

$$\text{mg équivalent MDA/ kg} = (0,72 / 1,56) \times (A_{532 \text{ cor}} \times V_{\text{solvant}} \times V_f) / PE$$

$A_{532 \text{ cor}}$: l'absorbance.

V_{solvant} : volume de solution de dilution TAC en ml.

PE : prise d'essai en gramme.

V_f : volume du filtrat prélevé.

0,72 / 1,56 : correspond à la prise en compte du coefficient d'extinction moléculaire du complexe TBA-MDA a la valeur de : 1,56.105 M-1.cm-1 et au poids moléculaire du MDA d'une valeur de 72g. mol-1.

Résultats et discussion

Résultats et Discussion

1. Rendement de l'extraction :

L'extraction des huiles totales obtenues à partir des plantes étudiées, a été effectuée selon la méthode de Soxhlet.

Dans cette étude, le rendement des huiles sont illustrés dans le tableau suivant :

Extrait	Romarin	Citron	Gingembre
Rendement %	53.1	46.85	17.05

Tableau 2. Rendement d'extraits végétaux.

Pour 40g de chaque plante, le rendement le plus élevé a été enregistré pour le romarin suivie des feuilles de citron et en dernier lieu celui du gingembre montrant ainsi le plus faible rendement.

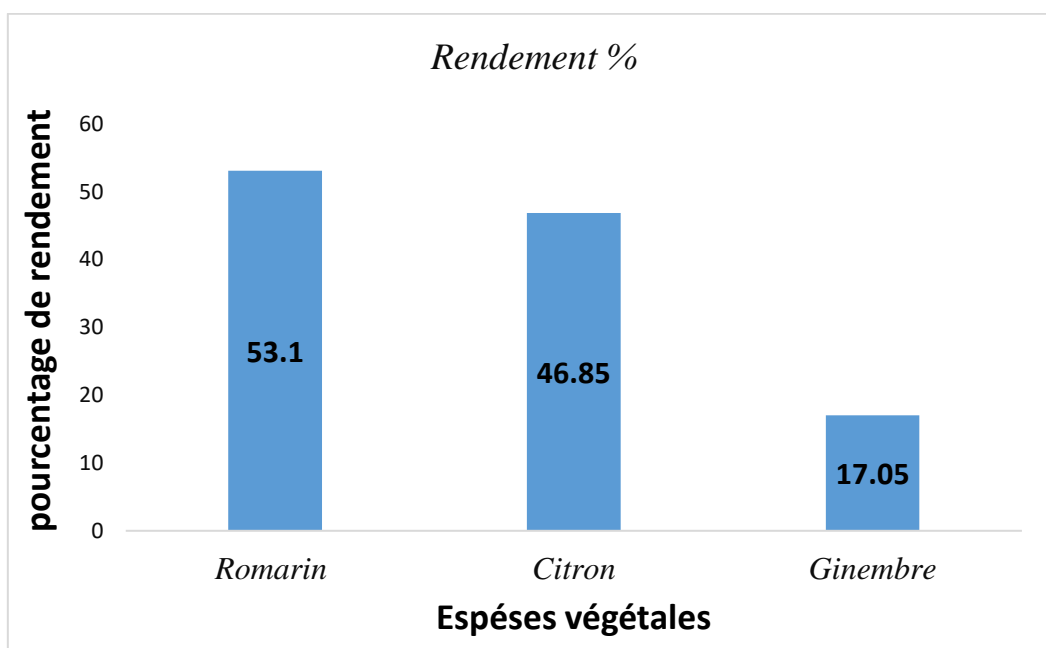


Figure 12. Rendement d'extraits végétaux

Résultats et Discussion

2. Activité antioxydante et antiradicalaire (IC50) :

Le pouvoir antioxydant des extraits de Romarin, Gingembre et Citron et a été réalisé par le test de piégeage du radical libre « DPPH » (**Figure 16**). Ce dernier est souvent utilisé pour la rapidité des résultats, comme il est employé pour le criblage des molécules douées d'activités antioxydants présentes dans les extraits des végétaux [63]. L'étude de la variation de l'activité antiradicalaire en fonction de la concentration des extraits permet de déterminer la concentration qui correspond à 50% d'inhibition (IC50) ; plus la valeur de IC50 est faible plus l'extrait est puissant vis-à-vis des radicaux libres.

Les polyphénols sont considérés comme des agents antioxydants très puissants [64], [65], [66]. Des essais in vitro ont révélé que ces composés sont plus actifs que les vitamine E et C et particulièrement plus actifs que les flavonoïde [67]. Cette même activité antioxydante permet aux polyphénols de réguler les radicaux libres. En outre, la capacité antioxydante dépend non seulement de la teneur en composés phénoliques, aussi bien de la composition chimique et le nombre total des groupes hydroxyles [68] qui peuvent servir comme donneur d'électron ; par conséquent, ces composés sont considérés comme des réducteurs et inactivateurs des oxydants [69].

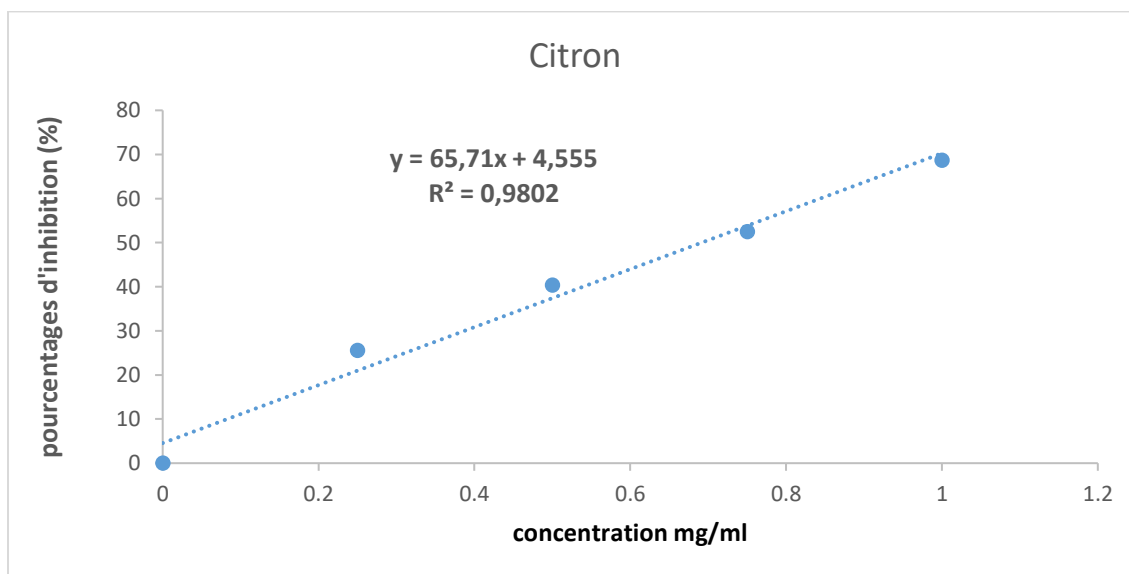


Figure 13. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Citron

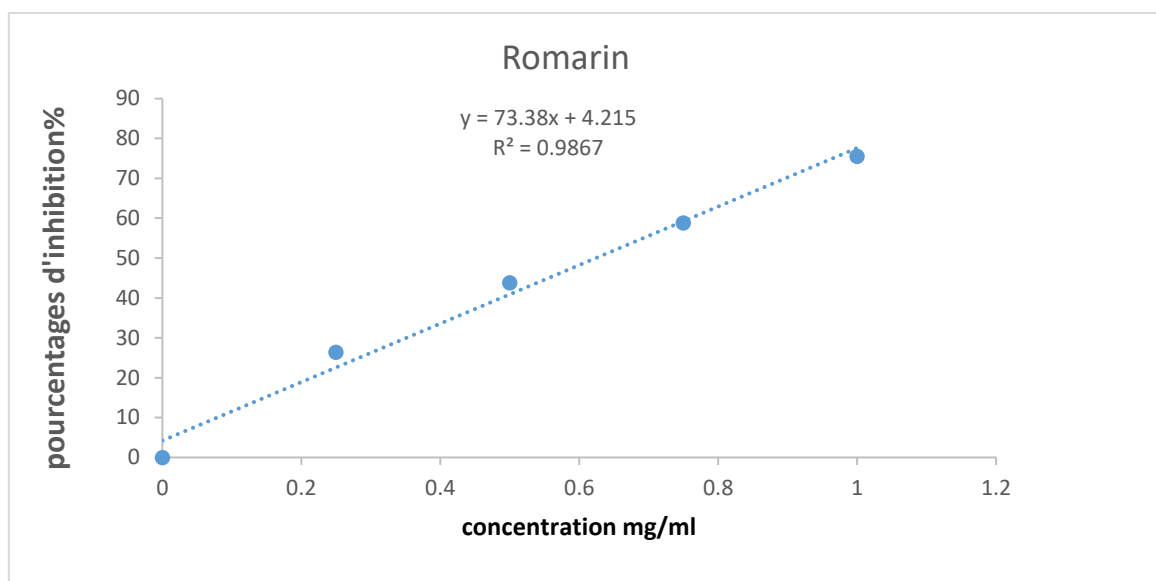


Figure 14. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Romarin

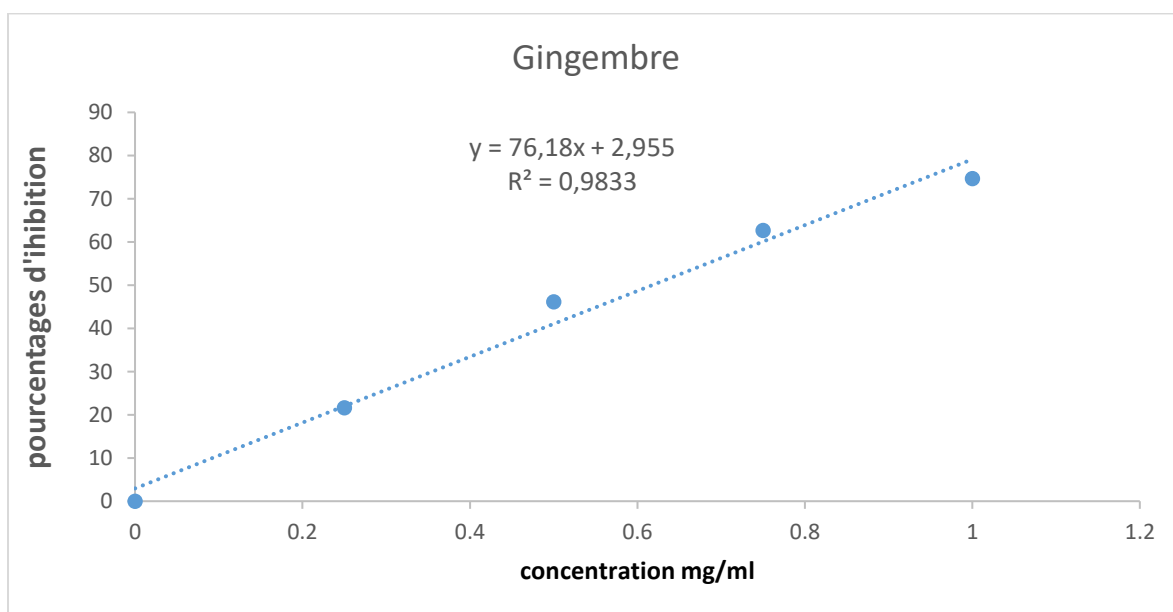


Figure 15. Pourcentages d'inhibition du radical libre DPPH en fonction des différentes concentrations de l'extrait de Gingembre.

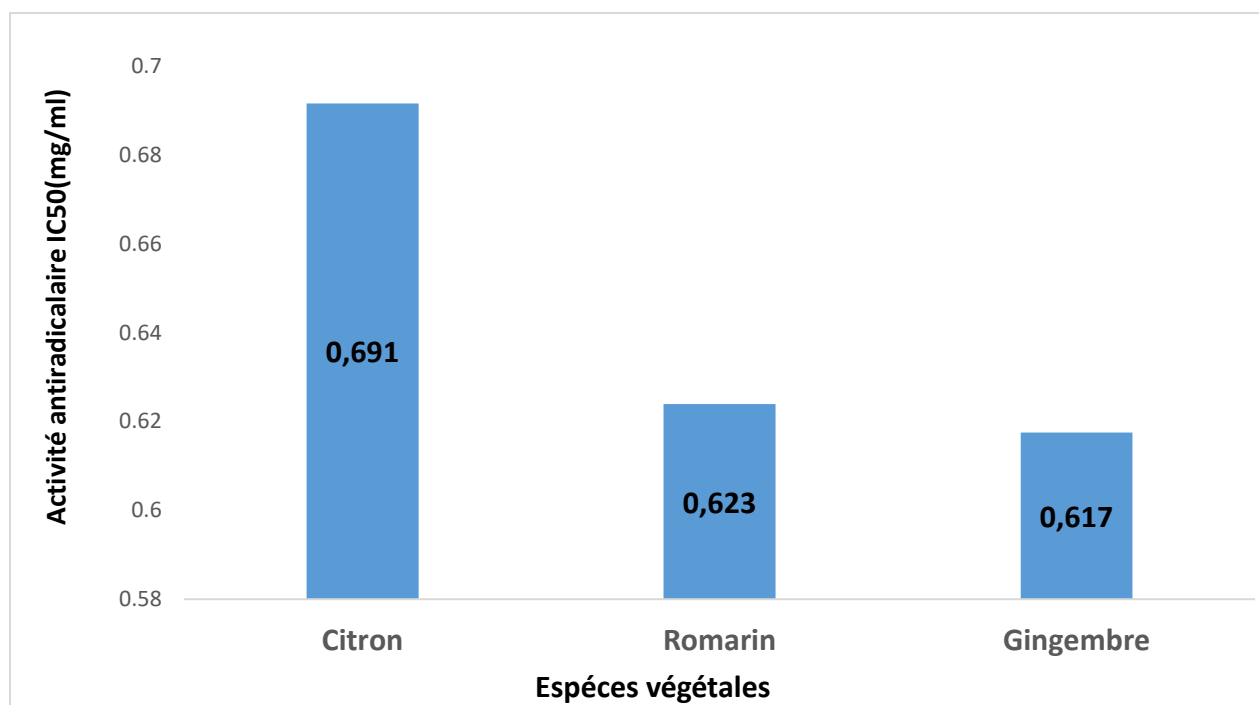


Figure 16. Activité antiradicalaire IC50 (mg/ml) des trois espèces végétales « Citron, Romarin et Gingembre »

Les résultats obtenus ont révélé que l'extrait de gingembre présente une meilleure activité antiradicalaire au DPPH comparativement à celle des extraits de Romarin et de citron avec des IC50 respectives de 0.617 mg/ml, 0.623mg/ml et 0.691 mg EAG/ml (Figure 16). Les IC50 enregistrés à travers cette étude sont nettement inférieurs à celle décelés par [70] [71], qui ont déduit des IC50 équivalent à 2.053 mg/ml et 0.987 mg/ml dans les espèces végétales *Artemesia campestris* et *Sedum acre* (plus la valeur IC50 est importante, plus le pouvoir antiradicalaire est faible). En outre, les activités antiradicalaires (antioxydantes) dégagées à travers notre expérimentation demeurent supérieures à celles de Kone, (2009) qui a déduit un IC50 de l'ordre de 21.93 mg EAG/ml dans les feuilles de *Vepris heterophylla*. Ce résultat peut être expliqué par la présence des molécules antioxydantes telles que les polyphénols, les flavonoïdes et les tanins dans les espèces étudiées et qui sont capables de réduire et décolorer le DPPH en raison de leur capacité à céder l'hydrogène. Selon [72], les molécules polaires contenues dans les végétaux confèrent aux extraits des activités antiradicalaires souvent élevées. Ces capacités pourraient être attribuées à la présence des composés phénoliques [73]. Il importe de souligner que les polyphénols contribuent de manière significative à l'activité antioxydante totale de nombreux fruits comme le raisin rouge [74], les légumes [75] et les plantes médicinales [76]. Enfin, le pouvoir antioxydant des composés tels les polyphénols est hautement recherché dans le domaine alimentaire afin de lutter contre la peroxydation

Résultats et Discussion

lipidique et ainsi permettre une meilleure stabilisation des denrées alimentaires [77] notamment celle des viandes et poissons.

3. Estimation du degré de peroxydation des lipides de la viande d'agneau par la méthode TBA-rs :

Les résultats du degré de peroxydation des lipides de la viande d'agneau traitée avec les différents antioxydants (naturels et synthétique) sont illustrés dans **les tableaux 4 et 5** ainsi que dans les **figures 17 et 18**.

- Les teneurs en MDA décelées à 4°C apparaissent en concentrations supérieures dans la viande témoin que dans les viandes traitées aux différents antioxydants avec des écarts estimés à 10.16 %, 20.67%, 25.76% et 29.15 % pour la vitamine C, le romarin, le gingembre et le citron respectivement.

Tableau3. Teneurs en MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à 4°C.

Viande	Témoin	Vitamine C	Romarin	Gingembre	Citron
MDA (mg eq MDA /kg)	2,95	2,65	2,34	2,19	2,09

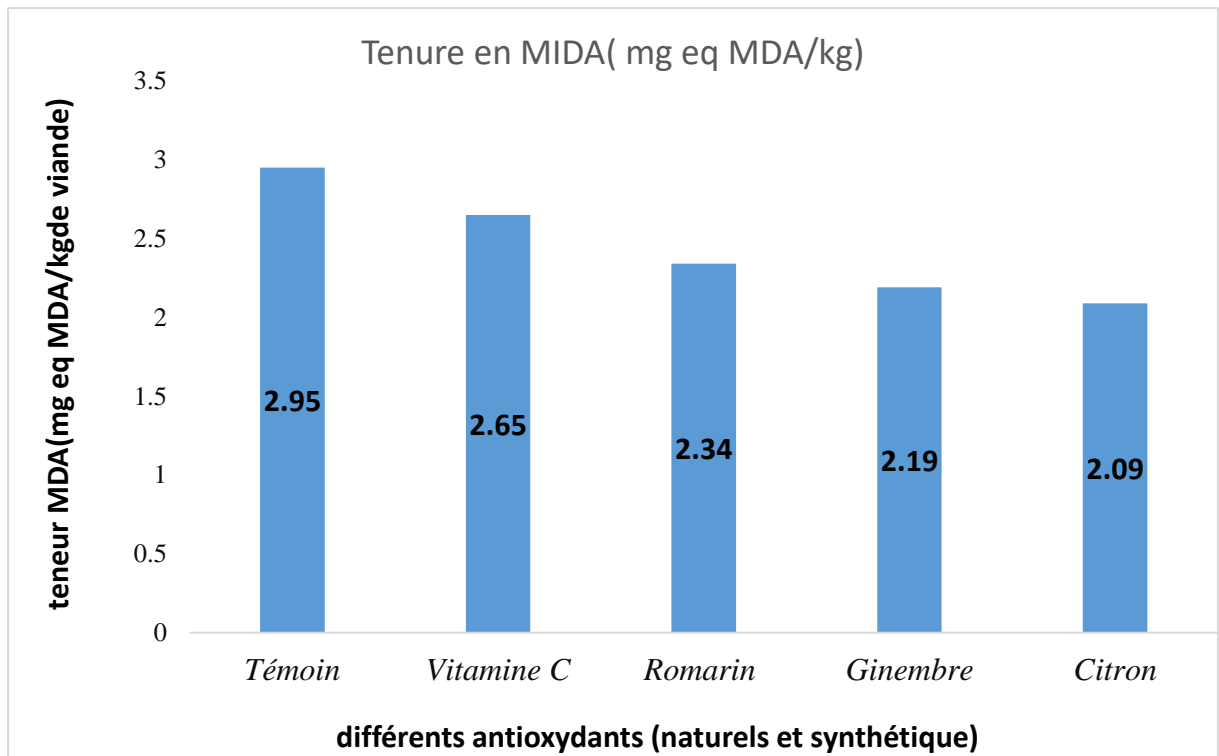


Figure17. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à 4°C.

Les effets antioxydants des différentes espèces végétales étudiées ont présenté des effets protecteurs très prononcés par rapport au témoin et à la vitamine C. Cette dernière est considérée comme un antioxydant synthétique. Les teneurs en ce dérivé de lipoperoxydation (MDA) apparaissent plus importantes dans la viande témoin et celle traitée à la vitamine C que dans la viande additionnée en extrait de citron (2.95 Vs 2.65 Vs 2.09 mg eq/kg). Selon [78], la peroxydation des lipides est une des causes majeures de cette élévation. Les produits de l'oxydation des lipides sont associés à une diminution de la valeur santé de la viande en générant des produits toxiques, dont le malondialdéhyde (MDA) [79]. Il est intéressant de signaler que les résultats obtenus à travers notre expérimentation vont de pair avec ceux de [80] qui ont constaté que les extraits végétaux (extrait de romarin) protègent les viandes vis-à-vis des phénomènes d'oxydation lipidique, générant des dérivés hautement toxiques dont le MDA.

De plus, les niveaux d'évolution du MDA permettent de déduire que la peroxydation des lipides était faible dans les viandes aux extraits végétaux. Cela pourrait s'expliquer en grande partie par l'intervention des molécules responsables de la stabilité oxydative tels les polyphénols et les flavonoïdes contenus dans les trois espèces étudiées. Il semble que les

Résultats et Discussion

antioxydants agissent favorablement contre les phénomènes de lipopéroxydation, ce qui confère aux extraits un effet de longue durée [33].

Dans notre travail, les extraits végétaux (Romarin, Gingembre et Citron) ont entraîné une augmentation du pouvoir réducteur, par conséquent une élévation du pouvoir antioxydant qui s'est traduit par une stabilité oxydative par rapport aux viandes témoin et traitées à la vitamine C (Antioxydant synthétique). En outre, cet effet est directement lié à la teneur en phénol [81].

Enfin, plusieurs recherches ont révélé que les muscles des viandes présentent une capacité réductrice endogènes mettant en jeu des composés antioxydants lipophiles (a-tocophérol) et hydrophiles (glutathion, ascorbate) qui sont capables de piéger les radicaux libres, d'inactiver les enzymes et d'éliminer les espèces réactives de l'oxygène [81]. Ces composés endogènes proviennent dans la plupart des cas de l'alimentation dont le pâturage qui est essentiellement riche en vitamine E, considérée comme un antioxydant naturel très puissant.

Il en est de même pour les teneurs en MDA relevées à -4°C qui apparaissent en concentrations supérieures dans la viande témoin que dans les viandes traitées aux différents antioxydants avec des écarts estimés à 7.52 %, 8.85%, 9.73% et 11.95 % pour la vitamine C, le citron, le gingembre et le romarin respectivement.

Tableau 4. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à (- 4°C).

Viande	Témoin	Vitamine C	Citron	Gingembre	Romarin
MDA (mg eq MDA /kg)	2.26	2.09	2.06	2.04	1.99

Nous avons constaté que les basses températures entravent les processus oxydatifs, empêchant de ce fait l'élévation des concentrations des molécules toxiques dont le malondialdéhyde. Nos résultats rejoignent ceux de [82] qui ont constaté que la conservation des viandes de poulet à des basses températures limiterait la formation des composés toxiques, notamment le malondialdéhyde

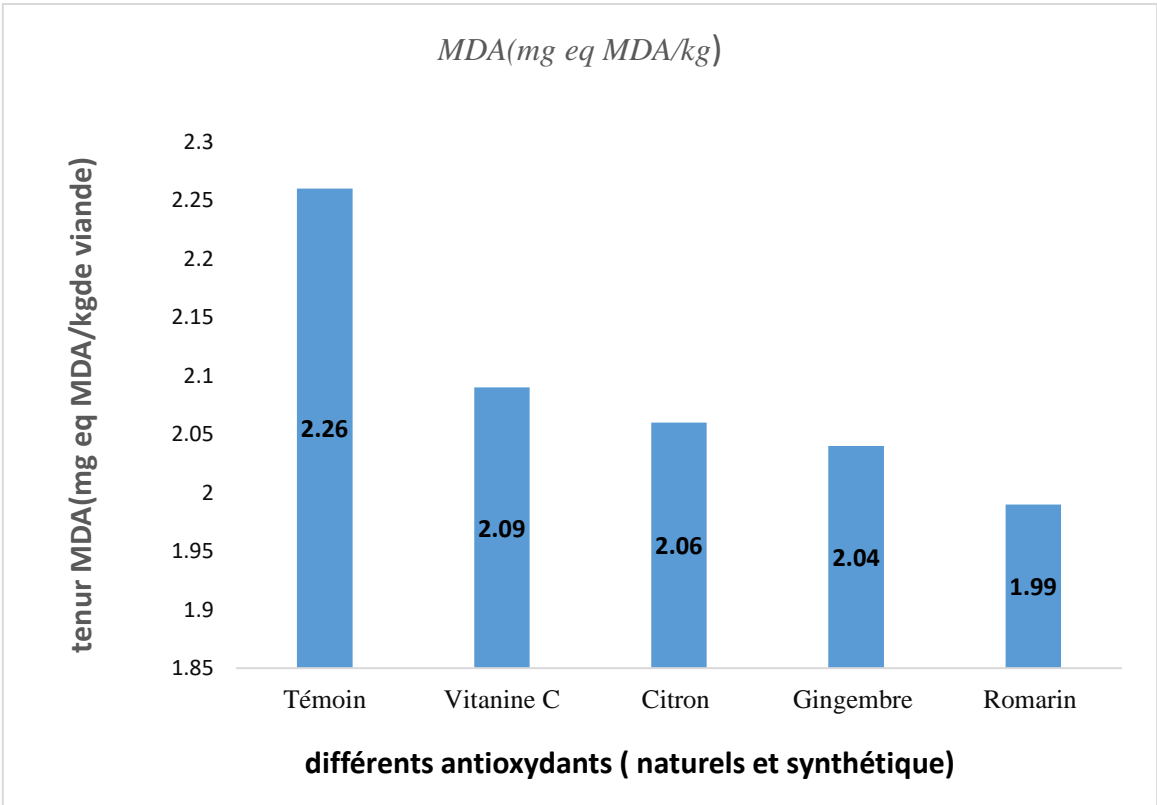


Figure18. Teneur MDA de viande traitée par différents antioxydants (naturels et synthétique) à (- 4°C).

Conclusion générale

Conclusion générale

Au terme de cette étude, il est important de conclure les points suivants :

L'extraction des huiles réalisée par la méthode « soxhlet » a mis en reliefs différents rendements à savoir :

- 17.05 % pour le Gingembre,
- 46.85% pour le Citron.
- 53.1% pour le Romarin.

Nous avons constaté que le rendement de ce dernier (Romarin), reste élevé par rapport aux deux autres extraits (Gingembre et citron).

En ce qui concerne l'activité antioxydante, le Citron a un pouvoir très important par rapport le Romarin et gingembre, avec une faible concentration inhibitrice de 50% des radicaux libres.

D'autre part, les extraits naturels (de Romarin, Gingembre et Citron) et synthétique (Vitamine C) agit efficacement sur la durée de conservation de la viande d'agneau pendant une période d'une semaine à 4°C et -4°C. De plus, ce traitement a révélé une efficacité remarquable en réduisant la formation du malondialdéhyde durant toute la période de conservation.

Les résultats ont montré que les extraits naturels utilisés ont présenté une i activité antioxydante très intéressante comparativement aux antioxydants synthétiques (Vitamine C).

Référence bibliographique

Références bibliographiques

- [1] Geay Y ;Bauchart ;,HocquetteJ.F ;Culioli J, (2002).Valeur diététique et qualité sensorielle des viandes des ruminants. Incidence de l'alimentation sur les anomaux.INRA Prod.Anim. p 15,35-52.
- [2] Cheftel J.C et Cheftel H, 1980. Introduction a la biochimie des aliments.Ed TEC et DOC. lavoisier-Paris. p 63,303
- [3] Bensebia, O., Barth, D., Bensebia, B., Dahmani, A. (2009). Supercritical CO2 extraction of rosemary: Effect of extraction parameters and modelling. The Journal of Supercritical Fluids, 49, pp 161-166
- [4] Botineau.M ; 2010. « Botanique systématique et appliquée des plantes à fleurs »; Edition Lavoisier ; pp1025-1026,1028.
- [5] Fuinel.G ; 2003(2002) « Plantes de vie. Du corps et de l'esprit ; Edition Fernand Lanore » ; pp32-34.
- [6] Zermane.A ; 2010. « Etude de l'extraction supercritique Application aux systèmes agroalimentaires »; thèse de doctorat, université de Mentouri ; Constantine. p 20.
- [7] Zeghad.N ; 2009. « Etude du contenu polyphénolique de deux plantes médicinales d'intérêt économique (Thymus vulgaris, Rosmarinus officinalis) et évaluation de leur activité antibactérienne » ; thèse de magistère, université de Mentouri ; Constantine. p 8
- [8] Makhloufi .A ; « Etude des activités antimicrobienne et antioxydants de deux plantes médicinales poussant a l'état spontané dans la région de Bechar (matricaria pubescens (desf.) Et Rosmarinus officinalis l) et leur impact sur la conservation des dattes et du beurre cru » ; thèse de doctorat ; université d'Aboubaker belkaid.
- [9] Rameau. J.C et Dumé.G ; 2008. « Flore forestière française: Région méditerranéenne »; Edition Forêt privée française ; pp 897.
- [10] Eloutassi.N ; 2004 « Elaboration de procédés Biotechnologiques pour la valorisation Du romarin (rosmarinus officinalis) marocain » ; thèse de doctorat, université de Sidi Mohamed BenAbdellah ; Fès.

Références bibliographiques

- [11] Bousbia.N ; 2011. « Extraction des huiles essentielles riches en antioxydants à partir de produits naturels et de co-produits agroalimentaires » ; thèse de doctorat ; université d'Avignon et des Pays de Vaucluse & Ecole Nationale Supérieure Agronomique.
- [12] Bajaj.Y.P.S;1997 « Medicinal and Aromatic Plants X; Edition Springer»; pp352.
- [13] Zoubeidi.C ; 2004. « Etude des antioxydants dans le Rosmarinus officinalis .Labiataea »; thèse de magistère ; université de Ouargla.
- [14] Bode AM et Dong I F F, Wachtel-Galor S. (2011). Herbal Medicine-Biomolecular and chemical Aspects.2ed Edition CRC Press. Citer dans le Mémoire Master (2015) : Etude de l'effet d'un régime irrégulier du Zingiber officinale sur le réarrangement de la matrice extracellulaire de différents segments de l'aorte chez les rats Albinos Wistar traité par une dose cytotoxique du DL-Méthionine, 20 p.
- [15] Speck B. Fotsch U. Fotsch C. (2014). Connaissance des herbes, Gingembre Zingiber officinale. E GK-caisse de santé. Siège principale Brislachstrasse 2 /4242 Laufon, 4 p.
- [16] Gigon. F. (2012). Le gingembre, une épice contre la nausée. Phéto, 10:87-91 p.
- [17] 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, Carbohydrate Polymers, 63: 340-346 p.
- [18] Faivre Cl., Lejeune L., Staub H., Goetz P. (2006). Zingiber officinale Roscoe Phytothérapie, 2 : 99-102 p.
- [19] Bruneton J. (2009). Pharmacognosie : phytochimie, plantes médicinales 4^{ème} édition .Technique et Documentation .Paris, 1269 p.
- [20] Zadeh J B et Kor M M. (2014). Physiological and pharmaceutical effects of Ginger (Zingiber officinale Roscoe) as a valuable medicinal plant. European Journal of Experimental Biology, 4(1): 87-90 p.
- [21] Mishra R K, Kumar A, Kumar A. (2012). Pharmacological Activity of Zingiber officinale.ijpcs, 1(3): 1422-1427 p.

Références bibliographiques

- [22] Ghasemzadeh A., Jaafar H.Z.E., Rahmat A. (2010). Elevated Carbon Dioxide Increases Contents of Flavonoids and Phenolic Compounds, and Antioxidant Activities in Malaysian Young Ginger (*Zingiber officinale* Roscoe.) Varieties, *Molecules*, 15: 7907-7922 p.
- [23] Banerjee S, Mullick H I, Banerjee J. (2011). *Zingiber officinale*: a natural gold. *International Journal of Pharma and Bio Sciences*; 2: 0975-6299 p.
- [24] Ollitrault, P., Dambier, D., Froelicher, Y., Luro, F., Cottin, R., 1997. La diversité des agrumes : structuration et exploitation par hybridation somatique. *Compte rendu d'Académie d'Agriculture de France* 86 (8), 197-221p.
- [25] Swingle, W. T., Reece, P. C., 1967. The botany of citrus and its wild relatives. In: Reuther, W., Batchelor, L. D., Webber, H. J., (Eds.). *The Citrus Industry* (Vol. 1). University of California Berkeley. Pp: 130-190 p.
- [26] Spiegel-Roy, P., Goldschmidt, E.E., 1996. Horticultural classification of cultivated citrus. In. «Biology of citrus». 1ere Ed. Cambridge University. press. Pp: 19-44.
- [27] LOUSSERT R., 1989 - Les agrumes-arboriculture. Ed. Technique agricoles méditerranéennes, Paris, 113 p.
- [28] Gollouin F., Tone IliN. 2013. Des fruit et des graines comestibles du monde entier. Edition Brigitte Peyrot Poos, Paris Lavoisier SAS. Pp. 186-195p.
- [29] Valnet J. (2001). *La santé par les fruits, légumes et les céréales*. Ed Vigot. Pp : 207-281.
- [30] Lacan Bionov D (2001). *Oxydants /Antioxydants : un équilibre important*. .p4.
- [31] Pincemail J, Bonjean K, Cayeux K, Defraigne J-O. 2002. Mécanismes physiologiques de la défense antioxydante. *Nutr Clin Metab* ; 16: 233–239 p.
- [32] Kristina Pelli, Marika Lyly (2002). *Les antioxydants dans l'alimentation*, Biotechnology Finlande. (in press).
- [33] Eymard, S. and Genot, C. (2003). A modified xylenol orange method to evaluate formation of lipid hydroperoxides during storage and processing of small pelagic fish. *European Journal of Lipid and science technology* 105 497-501p.

Références bibliographiques

- [34] Frankel E.N, 1998 - Lipid oxidation, the oily Press, vol 10, Dundes ,Scotland. 10. frozen storage. *Jornal of the Science of Food and Agriculture*, 79, 1943-1948 p.
- [35] Stanley et al. (2003). Antioxidants and the Free Radical Theory of Degenerative Disease. *Alternative Medicine and Rehabilitation*.
- [36] Chen. D. et al. (2004). Green tea and polyhenols in cancer prevention , *Front Biosci*, vol 9, n° 2618.
- [37] Thomas E, Kastkin AN, Whitby RJ (2006). Cyclopropyl carbenoid insertin into alkenylzirconocenes-a convergent sythesis of alkenylcyclopropanes and alkylidenecyclopropanes. *Tetrahedron Lett* 47 :9181-9185.
- [38] Augustin, Marie Rives. (2007). Pharmacocinétique d'enzymes hépatiques chez le chien, p13.
- [39] HENNEBELLE T., SAHPEZ S. & BAILLEUL F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1, 3-6. HIDALGO.
- [40] Kaufman, D. (2001). Organiser et gérer l'atelier des arts du langage: une question de mouvement. *Arts du langage*, 79 (2), 114-123.
- [41] Geay, Y, Bauchart, D, Hocquette, JF, Culioli, J, 2002, *INRA Prod, anim*, 15, 37-52.
- [42] Fauconneau, B., P. Waffo-Teguo, F. Huguet, L. Barrier, A. Decendit and J. M. Merillon. 1997. Comparative study of radical scavenger and antioxidant properties of phenolic compounds from *Vitis vinifera* cell cultures using in vitro tests. *Life Sci*. 61(21):2103-2110.
- [43] Gandemer G. 1998. Lipids and meat quality: lipolysis oxidation and flavour. *Proceedings 44th Int. Congress of Meat Science and Technology*. 106-119.
- [44] Frangne, R. & Legrand, G. 1981. *Dictionnaire de biochimie alimentaire et de nutrition*. Technique et documentation éd., Paris.
- [45] Wood, JD et M. Enser, 1997. Facteurs influençant les acides gras dans la viande et le rôle des antioxydants dans l'amélioration de la qualité de la viande. *Br. J. Nutr.*, 78: S49-S60.

Références bibliographiques

[46] DE LORGERIL M, SALEN P, MARTIN JL, MONJAUD I, DELAYE J, MAMELLE N (1999). Régime méditerranéen, facteurs de risque traditionnels et taux de complications cardiovasculaires après infarctus du myocarde: rapport final du Lyon Diet Heart Study. *Circulation* 99: 779-785.

[47] Okuyama, H. and Ikemoto, A. (1999). Needs to modify the fatty acid composition of meats for human health. In: Proc. 45th International Congress of Meat Science and Technology, Yokohama (Japan), 1-6 August 1999, pp. 638-640.

[48] Hu D, et al. (1999). Mappage d'une région de liaison à l'ADN de l'endonucléase homing PI-sceI par clivage par affinité et mutagenèse par balayage d'alanine.

[49] Culioli, J., Berri, C., Mourot, J. (2003). *Sciences des Aliments*, 23, 13-34.

[50] Mossab, A., J. M. Hallouis and M. Lessire. 1999. Utilization of soybean oil and tallow in young turkeys compared with young chickens. *Poult. Sci.* 79:1326-1331.

[51] Randriamanarivo, Casse, T., A. Milhøj, S. Ranaivoson and J. R., 2004. Causes of deforestation in southwestern Madagascar: what do we know? *Forest Policy and Economics* 6 (1): 33-48.

[52] BEJAMBES M., 1959. La conservation du beurre. L'oxydation. *Ann. Nul. Alim.*, 13, A 28r-A 297.

[53] Karleskind A., 1992. Manuel des Corps Gras. Ed.Tech & Doc, Paris, Tome 1 et Tome II. 1579 p.

[54] Akiya, Chuji Araki, and Kiyoko Igarashi, 1973. «Novel Methods of Evaluation Deterioration and Nutritive Value of Oxidized Oil, » *Lipids* 8, no, 6 : 348-352.

[55] Siu, G. M., & Draper, H. H. (1978). A survey of the malonaldehyde content of retail meats and fish. *Journal of Food Science*, 43, 1147–1149.

[56] Kandutsch, A. A., and H. W. Chen. 1974. Inhibition of sterol synthesis in cultured mouse cells by cholesterol derivatives oxygenated in the side chain. *J. Biol. Chem.* 249: 6057–6061

[57] Vagi, MC, MN Kostopoulou, AS Petsas, ME Lalousi, CH Rasouli et TD Lekkas, 2005. Toxicité des pesticides organophosphorés pour l'algue marine *Tetraselmis suecica*. *Global NEST J.*, 7: 222-227.

[58] Zarnowski, R. & Suzuki, Y. 2004. Extraction soxhlet rapide de lipides résorcinoliques à partir de grains de blé. *Journal of Food Composition and Analysis*, 17: 649-664.

Références bibliographiques

- [59] Harborne JB (1998). *Phytochemical Methods: A Guide to Modern Techniques of Plant Analysis*. (3rd edition). Chapman and Hall Co., New York, pp.1-302.
- [60] Parejo I, Valadomat F, Bastida j, Rossa – Remero A, Ferlage N, Burillo j, Codina C (2002). Comparison between the radical scavenging activities and antioxidant activity of six distilled and non-distilled Mediterranean herbs and aromatic plants. *J. Agric. Food Chem.*, 50:6882 - 6890.
- [61] Benhammou N, Atik Bekkara F, Kadifkova Panovska T (2007). Antiradical capacity of the phenolic compounds of *Pistacia lentiscus* L and *Pistacia atlantica* Desf. *Adv Food Sci*, 2
- [62] Salih et al (1987). Botsoglou et al (1994) adaptée par Genot (1996), 9(3): 155-16.
- [63] Yi, T., J. Wen, A. Golan-Goldhirsh et DE Parfitt, 2008. Phylogénétique et évolution réticulée chez la *Pistacia* (Anacardiaceae). *Un m. J. Bot.*, 95: 241-251.
- [64] Pietta PG. (2002). Flavonoids as antioxidants. *Journal of Natural Products*. 63 (7), 1035-1042.
- [65] Frei B et Higdon JV. (2003). Antioxidant activity of tea polyphenols in vivo: Evidence from animal studies. *Journal of Nutrition*. 133: 3275-84.
- [66] Oszmianski J, Wojdylo A, Lamer-Zarawska E et Swiader K. (2007). Antioxidant tannins from 108 Rosaceae plant roots. *Food Chemistry*. 100 (2): 579-83.
- [67] Bhourri, N., Kauppila, J. (2011) “Managing Highways for Better Reliability – Assessing Reliability Benefits of Ramp Metering, Transportation Research Record, Journal of the Transportation Research Board, No. 2229, Transportation Research Board of the National Academies, Washington, D.C., 2011, pp. 1-7.
- [68] Frankel, J., E. Stein et S-J. Wei. (1995). “Trading Blocs and the Americas : The Natural, the Unnatural, and the Supernatural.” *Journal of Development Economics* 47(1) : 61-95
- [69] Siddhuraju et Becker, 2007 P. Les activités antioxydantes et anti-radicalaires des extraits de graines de niébé (*Vigna unguiculata* (L.) Walp.) Transformées. *Chimie alimentaire*, 101 (1), 10-19.

Références bibliographiques

- [70] Akrouit A., Gonzalez L.A., El Jani H.J., and Madrid P.C. (2011). Antioxidant and antitumor activities of *Artemisia campestris* and *Thymelaeahirsuta* from southern of Tunisia. *J. Food. hem. Tox.* 49: 342–347.
- [71] Stankovic N, Radulovic V, Petkovic M, Vuckovic I, Jadranin M, Vasiljevic B, Nikodinovic-Runic J (2012) *Streptomyces* sp. JS520 produces exceptionally high quantities of undecylprodigiosin with antibacterial, antioxidative, and UV-protective properties. *Appl Microbiol Biotechnol* 96:1217–1231.
- [72] Kang, J.H., Kondo, F., 2003. Determination of bisphenol A in milk and dairy products by high-performance liquid chromatography with fluorescence detection. *J. Food Protect.* 66, 1439–1443.
- [73] Falleh, H., Ksouri, R., Chaieb, K., Karray-Bouraoui, N., Trabelsi, N., Boulaaba, M., Abdelly, C. 2008. Phenolic composition of *Cynara cardunculus* L. organs, and their biological activities . *C. R. Biologies*, 331: 372-379.
- [74] Negro, MJ, P. Manzanares, JM Olivia, I. Ballesteros et M. Ballesteros, 2003. Modifications de divers paramètres physiques / chimiques du bois de *Pinus pinaster* après prétraitement par explosion à la vapeur. *Biomass Bioenergy*, 25: 301-308.
- [75] Luo, Z., WB Rossow , T. Inoue, et CJ Stubenrauch, 2002: Est-ce que l'éruption du Mont. Le volcan Pinatubo affecte les propriétés des cirrus? *J. Climate* , 15 , 2806-2820, doi: 10.1175 / 1520-0442 (2002) 015 <2806: DTEOTM> 2.0.CO.
- [76] Bourgou Soumaya, Ksouri Riadh, Bellila Amor, Skandrani Ines, Falleh Hanen, 2008. Marzouk Brahim. Phenolic composition and biological activities of Tunisian *Nigella sativa* L. shoots and roots. *C. R. Biologies*; 48-55.
- [77] Rezaire, A. (2012). Activité anti-oxydant et caractérisation phénolique du fruit de palmier amazonien *Oenocarpus bataua* (patawa). Thèse de Doctorat université des Antilles et de la Guyane.
- [78] Durand, J., Amendola, J., Bories, C., and Lamotte d'incamps, B. (2006). Early abnormalities in transgenic mouse models of amyotrophic lateral sclerosis. *J. Physiol. Paris*.

Références bibliographiques

[79] Gandemer G., Viau M., Maillard N., Lessire M., Juin H., 1999. Lipides alimentaires et qualité de la viande de poulet: influence de l'apport de quantité croissante d'acid linoléique (18:3 n-3). In : 3èmes Journées de la Recherche Avicole, Saint-Malo (Fra) , 1999/03/23-25, 403-406. ITAVI, Paris.99, 211–220. doi: 10.1016/j.jphysparis.2005. 12.014.

[80] Benguendouz et al, (2014). Microbiol. Ind. San et Environn. Vol 8, N°2, p : 163-171.

[81] Gómez-Estaca J., Gómez-Guillén M. C., Fernández-Martín F., &Montero P. (2011). Effects of gelatin origin, bovine-hide and tunaskin, on the properties of compound gelatin-chitosan films. Food Hydrocolloids, 25. doi: 10.1016/j.fm.2010.05.012. 1461–1469p

[82] Ali et al (2015). An Integrated Model of Service Experience, Emotions, Satisfaction and Price Acceptance: An Empirical Analysis in the Chinese Hospitality Industry.