

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA - Bejaia

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département des sciences alimentaires
Spécialité qualité des produits et sécurité alimentaire



Réf :

Mémoire de Fin de Cycle
En vue de l'obtention du diplôme

MASTER

Thème

**Propriétés antioxydantes de
quelques dérivés alimentaires**

Présenté par :

KHERBACHE Aïcha & KHOUFACHE Lylia

Soutenu le : **26 septembre 2021**

Devant le jury composé de :

Mme KOUACHI K.

Mme CHOUGUI N.

Mme AIDLI A.

MCA

Professeur

MAA

Président

Encadreur

Examineur

Année universitaire : 2020/ 2021

Remerciements

C'est avec un grand plaisir qu'on réserve cette page enseigne de gratitude et de profondes reconnaissances à tous ceux qui ont bien voulu apporter une contribution au bon déroulement de ce travail. Ce mémoire a été effectué au Laboratoire de Nutrition Alimentaire, Département des Sciences Alimentaires. Nous tenons à remercier le chef de département de nous avoir permis d'accomplir nos travaux dans ce laboratoire ainsi que l'ingénieur de laboratoire d'être très aimable et à l'écoute.

Nous aimerons, tout d'abord, exprimer toute notre gratitude à notre encadreur Mme CHOUGUI pour la qualité et la complémentarité de son encadrement, de nous avoir aidé à bien mener ce travail, pour son apport scientifique et sa disponibilité.

Nous tenons à remercier, également, Mme AIDLI pour les multiples remarques très constructives et d'avoir trouvé le temps et la patience de nous aider dans nos travaux.

Nous adressons nos sincères remerciements aux membres du jury, à Mme KOUACHI d'avoir accepté de présider le jury et à Mme AIDLI pour avoir accepté d'examiner et d'apporter ses appréciations sur notre travail.

Merci aussi à tous nos collègues du laboratoire. Nous leur exprimons notre profonde sympathie et leur souhaite beaucoup de bien.

Aïsha et Lylia

Dédicace

*A mes parents, pour leurs amours et leurs soutiens
Quoi que je puisse dire, je ne peux dire, je ne peux exprimer mes
sentiments d'amour et de respect à leur égard et ma gratitude.*

*A ma sœur, mon frère, mon beau-frère,
Votre aide, votre générosité, votre soutien été pour moi une source
de courage et de confiance,
Qu'il me soit aujourd'hui, de vous assurer mon profond amour et ma
grande reconnaissance.*

*A tous ceux qui comptent pour moi
Aucun mot ne saurait retranscrire ici le bonheur que vous m'avez
toujours apporté. Je crois que vous êtes fiers de moi, au tant que moi
de vous.*

-Aïsha -

Dédicace

Avec mes sentiments de gratitude les plus profonds, je dédie ce modeste travail :

A mes très chers parents, pour leur soutien, les efforts et les sacrifices qu'ils ont entrepris afin de me voir réussir. Je les remercie pour leur présence permanente, leur affection, leur disponibilité.

Que dieu vous protège et vous garde en bonne santé.

A mes chers frères : Nabil et Yamine qui m'ont encouragé tout au long de ce parcours.

A ma très chère sœur adorée Meriem et son mari Sofiane, qui m'ont beaucoup aidé et soutenu pour la réalisation et la réussite de ce travail.

A mon fiancé, pour sa patience, son aide et son soutien moral.

A ma Grand-mère, Dawia, qui malgré son état de santé a toujours cru en moi, et m'a toujours soutenue.

A tous mes oncles paternels et oncles maternels ainsi que leurs familles.

A mes neveux : Amir, Wassim, Saïd, Eline et Maria.

A mes belles sœurs.

A ma collègue Aicha et sa famille.

A tous ceux qui ont contribué à la réalisation de ce travail en particulier Sissi ma cousine et amie d'enfance.

Lylia

Remerciements

Dédicace

Liste d'abréviation

Liste des tableaux

Liste des figures

Introduction 1

Chapitre I : Les dérivées alimentaires

1. Citron 2

1.1. Description du citronnier..... 2

1.2. Les feuilles 2

1.3. Les graines 3

1.4. Composition chimique 3

1.4.1. Composition chimique des feuilles 3

1.4.2. Composition chimique des graines 4

1.5. Effets thérapeutiques 4

1.6. La production Algérienne 5

2. La Grenade 5

2.1. Description du grenadier 5

2.2. Les feuilles 5

2.3. Les Graines..... 6

2.4. Composition chimique 6

2.4.1. Composition chimique des feuilles 7

2.4.2. Composition chimique des graines..... 7

2.5. Effets thérapeutiques 7

2.6. La production Algérienne 8

3. La pomme..... 8

3.1. Description du pommier..... 8

3.2. Les feuilles	9
3.3. Les graines	9
3.4. Composition chimique	9
3.4.1. Composition chimique des feuilles	10
3.4.2. Composition chimique des graines	10
3.5. Effets thérapeutiques	10
3.6. La production Algérienne	11
4. La tomate.....	11
4.1. Description de la tomate.....	11
4.2. Les feuilles	11
4.3. Les graines	12
4.4. La composition chimique.....	12
4.4.1. Composition chimique des feuilles	12
4.4.2. Composition chimique des graines	12
4.5. La valeur nutritionnelle de la tomate	12
4.5.1. Propriétés médicinales de la graine.....	13
4.5.2. Propriétés médicinales de la feuille.....	13
4.6. La production Algérienne	13

Chapitre II: Les antioxydants

1. Les antioxydants.....	15
1.1. Les composés phénoliques.....	15
1.1.1. Définition	15
1.1.2. Classification.....	16
1.2. Les flavonoïdes	18
1.3. Les tanins	21
1.3.1. Tanins hydrolysables.....	21
1.3.2. Tanins condensés	21

1.4. Les caroténoïdes.....	22
1.5. La vitamine C.....	23
2. Rôle et Mécanisme d'action des antioxydants.....	23
2.1. Composés phénoliques.....	24
2.2. Les Acides phénoliques.....	24
2.3. Flavonoïdes.....	24
2.4. Tanins.....	24
2.5. Vitamine C.....	24
2.6. Caroténoïdes.....	24

Chapitre III: Matériel et Méthodes

1. Matériel végétales.....	26
1.1. Classification botanique des échantillons.....	26
2. Préparation des échantillons.....	26
2.1. Lavage, séchage et broyage.....	26
3. Extraction des composés phénoliques.....	27
4. Détermination de la teneur en composés phénoliques.....	30
4.1. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT).....	30
4.2. Dosage des flavonoïdes.....	30
5. Evaluation des activités anti oxydantes.....	31
5.1. Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH.....	31
5.2. Réduction de Phosphomolybdate.....	32
6. Etude statistique.....	32

Chapitre IV: Résultats et discussions

1. Teneur en Antioxydants.....	33
1.1. Teneur en composés phénoliques totaux (CPT).....	33
1.2. Teneurs en flavonoïdes.....	35
2. Activités antioxydants.....	37

Table des matières

2.1. Activité anti-radicalaire sur le DPPH.....	37
2.2. Réduction de phosphomolybdate	39
Conclusion.....	41
Bibliographie	
Les Annexes	
Résumé	

Listed'abréviation

ADN : Acide Désoxyribonucléique.

ANOVA: Analysis Of Variance.

CPT : Composées Phénoliques Totaux.

DPPH : 2,2-diphényl-1- picrylhydrazyl.

DSA : Direction des services agricoles.

EAG : Equivalent acide gallique.

EC : Equivalent catéchine.

EC50 : La concentration efficace 50.

ER : Equivalent rutine.

FC : Feuilles citron.

FG : Feuilles grenade.

FP : Feuilles pomme.

FT : Feuilles tomate.

GC : Graines citron.

GG : Graines grenade.

GP : Graines de pomme.

GT : Grains tomate.

IC50 : Concentration efficace pour inhiber 50% du radical DPPH.

MS : Matière sèche.

QR : Equivalent de quercétine.

TF : Teneur en flavonoïdes.

UV :Ultra-violet

Liste des tableaux

Numéro	Titre	Page
Tableau I	Valeur nutritionnelle du citron pour 100 g.	3
Tableau II	Concentration en macro et micronutriments des feuilles de Vernacitron.	4
Tableau III	Composition nutritionnelle de la partie comestible de la grenade (valeur nutritive pour 100g).	6
Tableau IV	Valeur nutritionnelle de la pomme pour 100 g.	9
Tableau V	Composition de la tomate fraîche.	12
Tableau VI	Les principales classes des composés phénoliques.	16
Tableau VII	Les teneurs des composés phénoliques des dérivées alimentaires	17
Tableau VIII	Les types et teneurs en flavonoïdes des dérivées étudiées	19
Tableau IX	Les teneurs en caroténoïdes dans quelques parties des échantillons étudiés.	22
Tableau X	Teneurs en acide ascorbique dans quelques parties des échantillons étudiés.	23
Tableau XI	Classification botanique des échantillons	26
Tableau XII	Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des échantillons étudiés.	33
Tableau XIII	Teneurs des flavonoïdes des extraits des échantillons étudiés	35
Tableau XIV	Les concentrations d'inhibition du DPPH (IC50) des extraits des échantillons étudiés.	37
Tableau XV	Les EC 50 des extraits des échantillons étudiés.	39
Tableau XVI	Les résultats finals des dosages des extraits étudiés.	40

Liste des figures

Liste des figures

Numéro	Titre	Page
Figure 1	Image des parties du citronnier (a) Coupe transversale et horizontale (b)	2
Figure 2	Parties du grenadier (fruit, feuilles et fleurs).	5
Figure 3	Image du pommier.	8
Figure 4	Fruit de tomate (a), ses feuilles (b) et coupe transversale (c)	11
Figure 5	Structure de base des flavonoïdes	18
Figure 6	Structures chimiques des dérivés de flavonoïdes.	19
Figure 7	Préparation de la poudre d'échantillon (ex : feuilles de tomate).	27
Figure 8	Protocole d'extraction des composés phénoliques	28
Figure 9	Etapes d'extraction des composés phénoliques : (a) extraction avec solvant, (b) agitation du mélange, (c) filtration du mélange.	29
Figure 10	Evaporation d'un extrait phénolique avec l'évaporateur rotatif (BOECO, Germany).	29
Figure 11	Réaction d'un antioxydant (A-H) avec le radicale DPPH.	31

Introduction Générale

Introduction Générale

Les fruits et légumes sont une composante importante d'une alimentation saine et sont consommés quotidiennement en quantité suffisante. Ils sont bons pour la santé car ils regroupent de nombreux micronutriments : vitamines, minéraux et oligo-éléments. Ils sont également notre source principale d'antioxydants exogènes qui protègent notre organisme et préviennent des affections, comme les maladies cardiovasculaires et certains cancers.

La transformation industrielle des fruits et légumes engendre une grande quantité de déchets tels que les pelures, les graines et les feuilles qui sont jetés dans l'environnement et génèrent ainsi des conséquences négatives. Pour atténuer ce problème, ces déchets ayant une valeur ajoutée peuvent être exploités particulièrement, dans l'industrie agroalimentaire, cosmétique, dans la production par exemple d'additifs alimentaires et d'antioxydants naturels. Ceci réduit leur taux mais présente aussi un avantage économique (**Bebbaret *et al.*, 2012**).

Les graines et les feuilles sont considérées comme des sous-produits organiques qui ont attiré l'intérêt de plusieurs chercheurs car ils renferment divers composés photochimiques tels les composés primaires et les métabolites secondaires qui pourraient justifier leur exploitation comme antioxydant naturel notamment les composés phénoliques (**El Nemr *et al.*, 2008**). En effet, ces dérivés sont connus par leur richesse en ces composés, qui peuvent être isolés facilement à partir d'un tissu végétal par extraction avec des solvants organiques dans des conditions spécifiques (température, temps, dimension...) (**Telli *et al.*, 2010 ; Garcia-Jares *et al.*, 2015**).

L'importance de ces composés ne cesse de croître. Des études épidémiologiques ont mis en évidence leur capacité à participer au bon déroulement des fonctions vitales de l'organisme humain. Les multiples effets bénéfiques de ces composés issus de sources naturelles sont attribués à leurs diverses activités biologiques à savoir antioxydants, antimicrobienne, antivirale, anti inflammatoire, etc. (**ONU, 2002**).

C'est dans cette optique, que cette étude s'inscrit, elle vise à valoriser des dérivés alimentaires produits localement. Dans notre cas, nous nous sommes intéressées aux composés phénoliques de quelques feuilles et grains de : citron, pomme, grenade et tomate.

Pour ce faire, le contenu de ce mémoire est structuré en deux parties :

- La première partie est une synthèse bibliographique consacrée à la description des échantillons qui ont fait l'objet de cette étude, ainsi qu'à leur composition en substances bioactives et leurs propriétés.
- La deuxième partie est dédiée à l'étude expérimentale regroupant à la fois :
 - Le matériel et les méthodes ayant servi pour l'extraction des composés phénoliques à partir des différents échantillons, leur dosage et enfin l'évaluation de leur activité antioxydante (anti radical : DPPH et pouvoir réducteur : test de phosphomolybdate),
 - Les résultats et discussion où sont développés les résultats obtenus sur la composition en substances bioactives des différents échantillons étudiés, ainsi que sur l'évaluation des activités et antioxydants.

Chapitre I
Les dérivées alimentaires

Les fruits et légumes sont très bénéfiques pour la santé car ils regroupent de nombreux micronutriments : vitamines, minéraux et oligo-éléments. Ils sont également notre principale source d'antioxydants qui protègent notre organisme (**Pincemil et al., 2007**).

La consommation des fruits et légumes a un effet sur la santé reconnu qui peut être associé à leur potentiel antioxydant et nutritionnel, ces derniers nous aident à être en bonne santé et nous protègent de certaines maladies.

Parmi ces fruits et légumes, nous citons à titre d'exemples, le citron, la grenade, la pomme, et la tomate dont nous nous sommes intéressés et qui ont fait l'objet de notre travail.

1. Citron

1.1. Description du citronnier

Le citronnier, illustré dans la (**Figure 1**), est 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, il porte 5-6 branches charpentières très fournie en rameaux et ses racines superficielles forment un réseau dans les 80 premiers centimètres de sol (**Tonelliet al., 2013**). Le fruit est une baie, ronde ou allongée. L'écorce du fruit comprend dans sa partie, la plus externe, un épicarpe dénommé le zeste coloré en jaune et remplis des huiles essentielles (**Eberhard et al., 2005**).

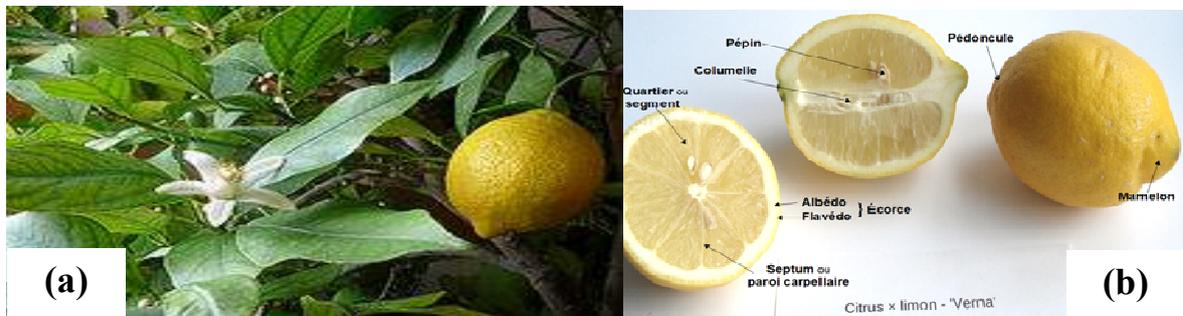


Figure 1 : Image des parties du citronnier (a) Coupe transversale et horizontale (b) (Anonyme 1, 2)

1.2. Les feuilles

Les feuilles des citronniers sont vertes, alternatives et persistantes, très adurantes en raison des multiples poches à essence qu'elles contiennent et qui sont visibles à l'œil nu (**Gollouin et al., 2013**).

1.3. Les graines

Les pépins de citron sont fusiformes et proviennent des deux rangs d'ovules, ils sont blancs, à un seul embryon et le plus souvent exalbuminés (**Anonyme 3**).

1.4. Composition chimique

Le citron est un fruit remarquable par sa haute teneur en vitamine C et d'un large éventail de vitamines du groupe B. Les citrons frais sont faibles en calories et en sucre, mais les fibres (cellulose, hémicelluloses et pectines) représentent 2,1% du poids total. La teneur en protéines ne dépasse pas 1g/100g. Diverses substances minérales ont été identifiées dans le citron, il est riche en calcium, magnésium et potassium qui est le minéral le plus abondant, comme mentionnée dans le Tableau I (**Valnet, 2001**).

Tableau I: Valeur nutritionnelle du citron pour 100 g.

Composants	Quantités
Eau	90,2 g
Protéines	0,84 g
Lipides	0,7 g
Glucides	2,4 g
Fibres	2 g
Minéraux	
Potassium	157 mg
Calcium	15 mg
Magnésium	8,54 mg
Vitamines	
Vit. C	51 mg
Vit. B9	11 G

1.4.1. Composition chimique des feuilles

Les feuilles de citron sont des sources de composés naturels, tels que les protéines, les acides organiques, les vitamines, les minéraux, les fibres et les huiles essentielles (**Boluda-Aguila et al., 2013**). Le Tableau II représente la composition chimique de la feuille en macro et micronutriments.

Tableau II : Concentration en macro et micronutriments des feuilles de Verna citron.(Galvez-sola *et al.*, 2015).

L'espèce végétale	Macronutriment concentration(g 100 / g dw)				Micronutriment concentration(mg / kg dw)				
	N	K	Ca	Mg	B	Fe	Cu	Mn	Zn
Verna citron	1.93	1.16	3.75	0.27	79.76	95.55	4.69	35.85	14.51

(dw : dry weight)

1.4.2. Composition chimique des graines

Les graines fraîches présentent une humidité oscillante entre 46% et 55%. Dans des travaux plus récents des pourcentages d'humidité constants ont été décrits pour les pépins de citrons siciliens et turcs (respectivement 48,5% et 55%) (Reda *et al.*, 2005 ; Yilmaz *et al.*, 2017). En plus des informations de base, la composition proximale des pépins de citron a été étudiée en fonction de la variété de fruit et la zone de production (Juhaimi *et al.*, 2016 ; Reda *et al.*, 2005 ; Yilmaz *et al.*, 2017). Dans l'ensemble, les graines ont montré une teneur en lipides bruts et en protéines variant entre 20,99% et 38,30% et entre 16,17% et 19,41%, respectivement. Tandis que les fibres et les cendres brutes variaient de 19,17% à 29,17% et de 1,41% à 3,5%.de 1,41% à 3,63%, respectivement (Juhaimi *et al.*, 2016 ; Reda *et al.*, 2005 ; Yilmaz *et al.*, 2017).

1.5.Effets thérapeutiques

Depuis longtemps, le fruit et les écorces du citron ont été utilisés pour le traitement de quelques maladies telles que : le rhume, la grippe, l'angine, la fièvre, c'est un antiscorbutique et un important désinfectant qui a été déjà utilisé pour la préparation du champ opératoire et en dermatologie pour combattre certaines affections de la peau, aussi comme un antidote pour divers poisons et spécialement les morsures des scorpions.

Par ailleurs, le citron a été aussi employé pour empêcher :

- Les nausées
- Les vomissements pendant la grossesse, pour arrêter les saignements nasaux,
- Il est utile contre les thromboses
- Il est également considéré comme un tonique de l'organisme et un stimulant de l'appétit.
- Il nettoie l'organisme et aide à digérer facilement les lipides, c'est pour cela il est utilisé dans les régimes alimentaires.
- Il élimine les toxines présentes dans le corps.
- D'autre part, il est riche en vitamines C et grâce à ses antioxydants naturels, le citron booste le système immunitaire indispensable pour prévenir des maladies, stimule

la circulation Sanguine, apporte tonus et vitalité, reminéralise et lutte contre l'anémie (Frédérique, 2011).

Les feuilles de citron sont utilisées conjointement avec d'autres plantes comme le thé et la menthe afin de stimuler la circulation, apporter tonus et vitalité, lutter contre l'anémie et traiter les troubles d'estomac (Whistler, 1996), de l'insomnie et de l'asthme (Okwu *et al.*, 2006). Aussi les graines sont employées pour renforcer les défenses immunitaires indispensables, et traiter les maladies dégénératives telles que le diabète et l'hypertension (Oboh, 2012).

1.6. La production Algérienne

La production de citrons obtenue en Algérie durant l'année 2016 est de 80.000 tonnes selon la (FAOSTAT, 2017).

2. La Grenade

2.1. Description du grenadier

Le grenadier, illustré en (Figure 2), est un petit arbre à port arbustif des régions méditerranéennes qui peut atteindre 6 m de haut. Ses fleurs rouge vif mesurent 3 cm de diamètre. Ses fruits, les grenades, contiennent en moyenne 600 graines pulpeuses. La grenade est une grosse baie ronde, de la taille d'une grosse orange, à écorce dure et coriace, de couleur rouge ou jaune beige, qui renferme de nombreux pépins de couleur rose à rouge. Seuls ses pépins sont comestibles, soit environ la moitié du fruit. Dans chaque pépin, la graine est enrobée d'une pulpe gélatineuse de chair rouge transparente, sucrée chez les variétés améliorées, sinon d'un goût plutôt âcre (Bock, 2013).



Figure 2: Parties du grenadier (fruit, feuilles et fleurs)(Anonyme 4).

2.2. Les feuilles

Les feuilles du grenadier sont opposées ou sous-opposées, luisantes, étroites, et de forme oblongues, entières, de 3 à 7 cm de long et de 2 cm de large (Ben-Arie *et al.*, 1984). Elles sont glabres sur les deux faces. La face supérieure est vert foncé et à nervure médiane

nettement déprimée. La face inférieure, vert clair, montre une nervure médiane très saillante (Gilet *et al.*, 2000). Ces feuilles entières, brillantes, lancéolées, assez coriaces, présentent un limbe elliptique allongé. De sommet obtus ou allongé, munies d'un court pétiole rougeâtre (Godet *et al.*, 1991).

2.3. Les Graines

Cette baie renferme de nombreuses graines contenues dans des loges, séparées par des cloisons ténues et membraneuses. Toutes ces graines possèdent un mésocarpe charnu et gélatineux, acidulé et sucré, représentant la partie comestible du fruit (Bartels, 1998).

Les graines, au tégument externe pulpeux et très succulent, possèdent un tégument interne dur et coriace (Courchet, 1897).

2.4. Composition chimique

Le Tableau III représente la composition chimique et nutritionnelle de la partie comestible de la grenade.

Tableau III : Composition nutritionnelle de la partie comestible de la grenade (valeur nutritive pour 100g) (L'officiel, 2011).

Composant	Teneur
Eau	79 à 80%
Protéines	1 g
Fibres	3 à 3,50 g
Glucides	13 g
Lipides	0,50 g
Matière hydrocarbonée	16%
Matière azotée	1,20%
Sels minéraux et oligo-éléments	
Potassium	25 mg
Phosphore	22 mg
Calcium	11 mg
Magnesium	5 mg
Sodium	5 mg
Fer	1 mg

Zinc	200 µg
Cuivre	100 µg
Manganèse	100 µg
Vitamines	
Vitamines C	20 mg
Vitamines B1	30 µg
Vitamines B2	20 µg
Niacine B3/PP/	20 µg
Vitamines B5	50 µg
Vitamines B6	10 µg
Vitamines A	30 g

2.4.1. Composition chimique des feuilles

Les feuilles du grenadier se composent des glucides, sucres réducteurs, stérols, saponines, alcaloïdes de pipéridine, glycoside (**SreejaSreekumar, 2014**). Selon l'étude de (**Lan et al.,2009**), les acides gras figurent aussi dans la composition chimique des feuilles.

2.4.2. Composition chimique des graines

Les graines de grenade se composent d'eau (85%), sucres (10%), principalement fructose et glucose, acides organique (1,5%) essentiellement acide ascorbique, citrique et malique. En outre, les graines de grenade sont une source importante de lipide, car les pépins ont une teneur en acide gras qui oscille entre 12 et 20 % de leur poids total (poids sec) (**Calin et al.,2005**).

2.5. Effets thérapeutiques

L'utilisation médicale de la grenade remonte à plus de 3000 ans, le fruit non mûr et son écorce ont été donnés comme astringents à la diarrhée, à la dysenterie et halte aux hémorragies. Des bourgeons secs et pulvérisés de fleur sont utilisés comme remède pour la bronchite.

Les propriétés thérapeutiques potentielles du grenadier sont très variées et incluent traitement et prévention du cancer, les maladies cardiovasculaires, diabète dysfonctionnement érectile et protection contre les radiations ultraviolettes. La plupart des recherches se sont concentrées sur les propriétés antioxydant, anticarcinogénique, anti-inflammatoire et antidiabétique du grenadier (**Ben Abdennebi, 2012**).

Les feuilles ont été utilisées en décoction pour traiter les diarrhées, les troubles digestifs et stopper les hémorragies. Les feuilles sont considérées comme un tonique agréable, contre la débilité de l'estomac, le manque d'appétit, les nausées, la faiblesse générale, la chlorose, l'anémie, la migraine (**Wald, 2009**).

Les graines de grenade soulagent les ulcères atoniques (**Wald, 2009**). Les graines du fruit favorisent la croissance des cheveux, d'ailleurs on trouve donc dans le marché plusieurs produits cosmétiques à base de ses extraits (crèmes, soins capillaires, huiles corporelles...) (**Roy, 2013**).

2.6. La production Algérienne

La production totale de grenade en Algérie est de 421136 quintaux(Qx), selon les données de DSA (direction des services agricoles) en 2018. La plus grande production de la grenade en 2018 a été enregistrée dans la wilaya de Mostaganem avec une quantité de 186261Qx. Une production aussi importante dans les wilayas de Tlemcen, Relizane à Djelfa avec une production respective de 1590, 90565 et 110760 Qx (**DSA, 2018**).

3. La pomme

3.1. Description du pommier

La pomme, illustré en (**Figure 3**) est un fruit produit par les pommiers, des arbres du genre *Malus*, avec des fleurs hermaphrodites roses ou blanches. Ce sont des fruits à pépins de forme quasi sphérique, déprimée au sommet et à la base à pulpe homogène, d'un goût sucré et acidulé et à la Propriété plus ou moins astringente, sa taille est très variable selon les variétés, sa couleur à Maturité, allant du vert au rouge plus ou moins foncé en passant par une grande variété d'intermédiaire vert pâle, jaune orangé ou de couleurs plus ou moins panachées (**Bondoux, 1992**).



Figure 3 : Image du pommier (**Anonyme5**).

3.2. Les feuilles

Les feuilles sont caduques, alternes, simple, entières, dentées sur les bords, velues à l'état juvénile, et possédant un pétiole plus court que chez le poirier. Ce pétiole est accompagné à sa base de deux stipules foliacées (Ziadi, 2001).

3.3. Les graines

Les graines ou pépins sont lisses, luisantes, leur teinte brune caractérise le fruit mûr (Ziadi, 2001). Dans chaque graine se trouve un embryon, plante en miniature dotée de réserves qui serviront à sa germination (Delahaye *et al.*, 1997).

3.4. Composition chimique

Les pommes présentent une composition diversifiée, elles contiennent très peu de lipides et protéines, elles sont peu calorique, mais elles renferment des quantités en vitamines et minéraux tels que les vitamines (C, A, E, B), potassium, zinc, phosphore, elles contiennent aussi des fibres alimentaires (Ribereau-gayon *et al.*, 1975). Le Tableau IV représente la valeur nutritionnelle de la pomme.

Tableau IV : Valeur nutritionnelle de la pomme pour 100 g (Rupasinghe *et al.*, 2007).

Composant	Teneur
Eau	85 g
Protéines	0,20 g
Lipides	0,25 g
Glucides	12 ,60 g
Fibres	2,50 g
Minéraux	
Potassium	145 mg
Calcium	4 mg
Magnésium	4 mg
Zinc	0,02 mg
Phosphore	11 mg
Vitamines	
Vitamine C	5 mg
Vitamine E	0,50 mg
B-carotène	21,40 µg

3.4.1. Composition chimique des feuilles

Les feuilles du pommier sont riches en vitamine C, elle contient aussi les oligo-éléments comme : zinc, aluminium, cuivre, manganèse, phosphore, fer, molybdène. Elles sont une source d'acides aminés tels que : la glutamine et l'aspartique (**Anonyme 6**).

3.4.2. Composition chimique des graines

D'après les travaux de (**Yu et al.,2007**), les pépins de pomme sont riches en huile et en protéines, allant de 27,50 % à 28% et de 33,80% à 34,50%, respectivement.

(**Yu et al.,2007**) ont analysé les acides aminés dans le pépin de pomme et ont trouvé qu'il y a des quantités substantielles d'acides aminés contenant du soufre dans les pépins de pomme.

Les pépins de pomme contiennent également des quantités significatives de phosphore, de potassium, de magnésium, de calcium et de fer, dans l'ordre de 720, 650, 510, 210 et 110 mg/100 g, respectivement (**Yu et al., 2007**).

3.5. Effets thérapeutiques

La pomme :

- Prévient le diabète en ralentissant la résorption du glucose dans l'intestin grêle grâce à l'effet coupe faim,
- l'accélération du transit intestinal
- la prévention de la cellulite
- elle contribue dans la prévention de l'obésité (**Nerinckyx, 2002**).

Elle est aussi employée dans la fabrication des boissons, comme jus de pomme, cidre, boissons fermentées...etc.

Les feuilles en infusion sont diurétiques :

- Utilisées dans les inflammations des reins et de la vessie.
- Utilisées aussi comme un thé, très utile pour les maladies du système respiratoire, la bronchite, la toux ou la perte de voix prolongée après des processus inflammatoires dans la gorge.

Les feuilles de pommier également sont préparées les bouillons de guérison. Ils apportent non seulement des vitamines et des minéraux, mais serviront également de remède anti-inflammatoire contre la gastrite et les ulcères d'estomac, ainsi que contre les dysfonctionnements de l'appareil digestif et les maladies du tractus gastro-intestinal.

La décoction fraîche des feuilles ou des glaçons de ce bouillon est utile pour essuyer la peau avec irritation, rougeur, acné et pustules. Après cette procédure, toutes les lésions disparaissent rapidement, la peau devient fraîche et saine.

Les graines n'en finissent plus de nous surprendre par leurs bienfaits, elles sont très énergétiques et rassasiantes. Il est recommandé d'en consommer une petite quantité chaque jour, afin de profiter au mieux de leurs excellentes qualités nutritives :

- Elles brûlent les graisses et booster le métabolisme
- Elles aident à réguler l'organisme sur le long terme,
- Elles assurent le bon fonctionnement du système digestif, protègent du diabète et des maladies cardiaques, et aident à maintenir le cholestérol à un taux équilibré (**Anonyme7**).

3.6. La production Algérienne

La production de la pomme obtenue en Algérie pendant l'année 2016 est de 500.000 tonnes d'après la (**FAOSTAT, 2017**).

4. La tomate

4.1. Description de la tomate

La tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill), illustrée en Figure 5, porte d'autres noms taxonomiques tels que *Solanum spurius* J.F. Gmel, *Lycopersicon solanum* Medik et Nomenclaturaux (**Laterrot, 1998**). Elle est originaire des vallées fertiles du Mexique, elle a été d'abord cultivée et améliorée par les indiens du Mexique, avant d'être ramenée en Europe par les conquistadores. Neuf espèces sauvages peuvent être observées en Amérique du sud, dont seulement deux comestibles, la tomate groseille et la tomate cerise qui est l'ancêtre de nos tomates actuelles (**Broglie et al., 2005 ; Renaud, 2006**).



(a) (b) (c)

Figure 4: fruit de tomate (a), ses feuilles (b) et coupe transversale(c)(**Anonyme 8, 9**).

4.2. Les feuilles

Les feuilles sont composées de 5 à 7 folioles principales, elles ont une disposition alterne sur la tige (**Abbeyes et al., 1963**), longues de 10 à 25 cm et d'un certain nombre de

petites folioles intercalaires ovales, un peu dentées sur les bords, elles sont souvent repliées en forme de cuillères ou même à bords roulés en dessus (**Raemaekers, 2001**).

4.3. Les graines

Les graines sont nombreuses, réparties dans des loges remplies de gel, en forme de rein ou de poire, poilues, beiges, de 3 à 5 mm de long et de 2 à 4 mm de large. Elles sont recouvertes d'un mucilage, L'embryon est enroulé dans l'albumen. Le poids de mille graines est en moyenne de 3 g (**Shankara, 2005, Naika et al., 2005**).

4.4. La composition chimique

La tomate c'est un aliment diététique, très riche en eau, en éléments minéraux et en vitamines (A.C.E), d'autre part très pauvre en calories (**Anonyme 10**).

Tableau V : Composition de la tomate fraîche (**Cotte, 2000**).

Eau (%)	Glucides (%)	Substance azotées (%)	Lipides (%)	Cendres (%)
93,50	3,60	0,95	0,30	0,74

4.4.1. Composition chimique des feuilles

Les teneurs en saccharide y sont relativement importantes, l'amidon et le saccharose étant majoritaires, mais des hexoses (fructose et glucose) sont également présents (**Khelil et al., 2007 ; Mortain-Bertrand et al., 2008**). Elles contiennent également des acides organiques, les acides citrique et malique étant les plus abondants (**Madsen, 1974**).

4.4.2. Composition chimique des graines

Les graines constituent une excellente source de substances riche en nutriments, comme caroténoïdes, sucres, fibres et protéines, avec une composition en acides aminés proche de celle des graines de soja ou de tournesol. Elles sont assez riches en huile soit 18 à 27 % de leur poids total (**Apria, 1969**), voire même 38% (**Sogi et al., 1999**).

4.5. La valeur nutritionnelle de la tomate

La tomate largement consommée, joue un rôle bénéfique dans notre alimentation, ce fruit contenant 93% à 95% d'eau, très pauvre en calories, ne fournit guère plus de 19 K

calories aux 100g, soit 63 K Joules. Elle est très riche en carotène et lycopène et fournit des quantités appréciables de vitamines C, ainsi que de la provitamine A et de nombreuses vitamines du groupe B. Ses minéraux sont abondants (notamment en potassium, magnésium et phosphore) (MENARD, 2009). Ces principales qualités font d'elle un régime alimentaire très apprécié. En outre, la tomate possède également quelques propriétés médicinales :

- Un antibiotique (feuilles).
- Un antifatigue.
- Elle est excellente pour la santé du foie.
- Elle diminue l'hypertension.
- Elle soulage les coups de soleil.

4.5.1. Propriétés médicinales de la graine

- Elle agit pour protéger contre les maladies qui affectent le cœur, et prévenir les caillots sanguins, ce qui entraîne une diminution du cholestérol.
- Elle aide à se débarrasser des problèmes dus à l'indigestion, car il contient de nombreuses fibres qui aident à l'activité intestinale.
- Elle améliore la bonne efficacité des reins, éliminent les calculs et augmentent l'activité des reins.
- Elle fournit de l'eau au corps, car il contient un pourcentage élevé d'eau et contribue à la perte de poids.
- Elle agit pour soutenir l'immunité du corps et le protéger du risque d'infection et de nombreuses maladies dues à la proportion de fer qu'il contient.
- Elle agit également pour protéger le corps contre le risque de cancer, de maladie pulmonaire et d'autres maladies, car il contient un pourcentage élevé de lycopène qui attaque ou agit pour attaquer les cellules cancéreuses (Anonyme 11).

4.5.2. Propriétés médicinales de la feuille

Une tisane à base de feuilles de tomate résout les problèmes d'anémie bénigne (Anonyme 12).

4.6. La production Algérienne

L'Evolution de la production agricole de la tomate en Algérie selon le Ministère de l'Agriculture du Développement Rural et de la Pêche, la production de la tomate en

2016/2017 est de 12 862 85 quintaux et en 2017/2018 est de 13 097 452 quintaux (MADRP, 2016 et 2017).

Chapitre II

Les antioxydants

Les antioxydants ont montré des effets protecteurs dans différentes maladies telles que les maladies cardiovasculaires, le cancer et le vieillissement, les plus connus sont les caroténoïdes, l'acide ascorbique, les tocophérols (vitamine E) et les composés phénoliques dont les flavonoïdes, les tanins et les acides phénoliques, qui sont classés selon leur origine, leur nature et leur mode d'action. Plusieurs études ont montré leur rapport avec l'alimentation (**Warda et al., 2019**).

1. Les antioxydants

Un antioxydant a vocation à protéger une cible biologique contre l'oxydation. Dans la plante, comme chez l'animal et l'humain (**Dangles et al., 2008**).

Un antioxydant est une substance ou molécule, à concentration relativement faible entre en compétition avec d'autres substrats oxydables et ainsi retarder ou empêcher l'oxydation de ces substrats. Il peut être soluble dans les lipides, efficace et non toxique, n'entraîne ni coloration, ni odeur, ni saveur indésirable (**Esteki et al., 2012**).

Les antioxydants sont d'origine endogène métabolique comme des enzymes et d'origines exogènes nutritionnelles (**Parihar et al., 2008**), résistant aux processus technologiques et stable dans le produit final (**Estiki et al., 2012**).

En effet des dérivés hautement réactifs de l'oxygène peuvent apparaître au cours des réactions enzymatiques ou sous l'effet des rayons U.V, des radiations ionisantes et de métaux de transition (**Ekoumou, 2003**).

1.1. Les composés phénoliques

1.1.1. Définition

Les composés phénoliques sont des molécules du métabolisme secondaire. Ils sont très largement répandus dans le règne végétal et donc dans notre alimentation, consommé sous forme de fruits ou de légumes par exemple.

Ces molécules sont présentes au niveau de toutes les parties de l'organisme végétal mais avec une répartition quantitative qui varient entre les différents tissus (**Waksmundzka-Hajnos et al., 2010**). Ces composés phénoliques se caractérisent par la présence d'au moins un noyau aromatique et un ou plusieurs groupes hydroxyles, en plus d'autres fonctions (carboxyliques (COOH), ...etc.).

Les composées phénoliques peuvent aller de molécules simples tel que les acides phénoliques à des composés hautement polymérisés, comme les tanins (**Mahmoudi et al., 2013**).

On trouve différentes classes des composés phénoliques, particulièrement: Les phénols simples, les acides phénoliques, les stilbènes, les flavonoïdes, les tanins hydrolysables et condensés, les coumarines, les lignanes les lignines et les xanthonés (**Donatien, 2009**).

Les composés phénoliques interviennent dans différents aspects de la plante, ils sont impliqués dans la physiologie, dans les mécanismes de défense, ainsi que dans la coloration de la plante (Macheix *et al.*, 2005).

1.1.2. Classification

La classification des composés phénoliques est basée essentiellement sur la structure, le nombre de noyaux aromatiques et les éléments structuraux qui lient ces noyaux (D'Archivio *et al.*, 2007). Les différentes classes de composés phénoliques sont regroupées dans le Tableau VI.

Tableau VI : Les principales classes des composés phénoliques (Sarni-Manchado *et al.*, 2006).

Squelette carbonée	Classe	Exemple	Origine
C6	Phénols simples	Catéchols	Nombreuses espèces
C6-C1	Acides Hydrox benzoïques	P-Hydroxybenzoïque	Epices, fraises
C6-C3	Acides Hydrox cinnamiques Coumarines	Acide caféique Acide férulique Scopolétine	Pomme de Terre pomme Citrus
C6-C4	Naphtoquinones	Jugolone	Noix
C6-C2-C6	Stilbénes	Resvératrol	Vigne
C6-C3-C6	Flavonoïdes Isoflavonoïdes	Kaempférol, quercétine Cyanidine, pélargonidine Catéchine, épicatéchine Naringénine Daidzéine	Fruits, légumes, fleurs Pommes, raisin, citrus Soja, pois

(C6-C2)2	Lignanes	Pinorésinol	Pin
(C6-C3)n	Lignines		Bois, noyau des fruits
C15	Tanins		Raisin rouge, kaki

Le Tableau VII résume les types et teneurs en composés phénoliques des dérivées alimentaires étudiés:

Tableau VII : Les teneurs des composés phénoliques des dérivées alimentaire.

Echantillon	Composés phénoliques	Teneurs	Références
FP	Acide chlorogénique Dérivé de l'acide caféique Dérivé de l'acide p-coumarique Phloridzine phloridzine	0.92% 0.12% 0.29% 2.98% 66,1 mg/Gms	Bonarska-Kujawa et al., (2011) Lu et al., (2019)
GP	Phloridzine Acide chlorogénique Acide chlorogénique Acide p-coumaroylquinique Phloridzine	240,45-864,42 mg/100gMS 15,74-32,90 mg/100gMS 119,8 mg / kgMS 9,4 mg / kgMS 1915,0 mg / kg MS	Xu et al., (2016) Schieber et al., (2003)
FG	Tannins	102,15-124,20 mgEEP /gMS	Yu et al., (2021)
GG	Acide ellagique Acide gallique Acide 3,4-dihydroxybenzoïque. Tannis	1,47±0:21et1:17±0:04mg/gMS 0,13et 0,20 mg/g MS 93,81± 4,40 µg/g MS 68-182 ug ECy/g MS	Sabraoui et al., (2020) Jing et al., (2012) Jing et al., (2012)
FC	Acide phénolique	289,4 ± 5,73 mg EAG/g MS	Ehiobu et al., (2021)
GC	Acide gallique	6,306±0,516 mg/100gMS	AL

Acide 3.4-dihydroxybenzoïque	9,048±1,019 mg/100gMS	Juhaimiet al., (2018)
Acide syringique	5,958±0,858 mg/100gMS	
Acide caféique	3,983±0,294 mg/100gMS	
Acide p-coumarique	0,442±0,215 mg/100gMS	
Acide trans-ferulique	2,673±0,032 mg/100gMS	
Resvératrol	0,422±0,040 mg/100gMS	
Acide trans-cinnamique	0,066±0,005 mg/100gMS	

FP : Feuilles pomme / **GP** : Graines pomme / **FG** : Feuilles grenade / **GG** : Graines grenade / **FC** : Feuilles citron / **GC** : Graines citron.

1.2. Les flavonoïdes

Les flavonoïdes représentent une large famille des composées phénoliques. Ils sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin, etc.) (Bruneton, 2009 ; Collin *et al.*, 2011).

Leurs structures moléculaires sont caractérisées par un squelette carboné de type Diphényle 1,3-propane qui comprend 15 atomes de carbone répartis en deux cycle benzénique notés A et B reliés entre eux par un noyau pyrène C contenant un oxygène (Ghedira, 2005), comme on peut le voir dans la Figure 5 qui représente la structure de base d'un flavonoïde.

Les flavonoïdes contiennent des pigments responsables des colorations jaune, orange et rouge de différents organes. Ils ont un rôle déterminant dans la protection de la plante des UV, de microorganismes pathogènes et des herbivores (Heim *et al.*, 2002).

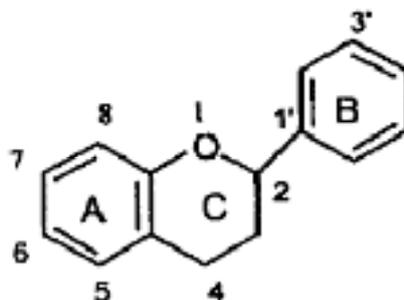


Figure 5 : Structure de base des flavonoïdes (Ghedira, 2005).

Selon le degré d'oxydation de l'hétérocycle central, les flavonoïdes sont divisés en plusieurs classes : les flavones, les flavonols, les flavanones, les anthocyanes et les isoflavones (Jiang *et al.*, 2007).

La structure de quelques classes de flavonoïdes est représentée dans la (Figure 6).

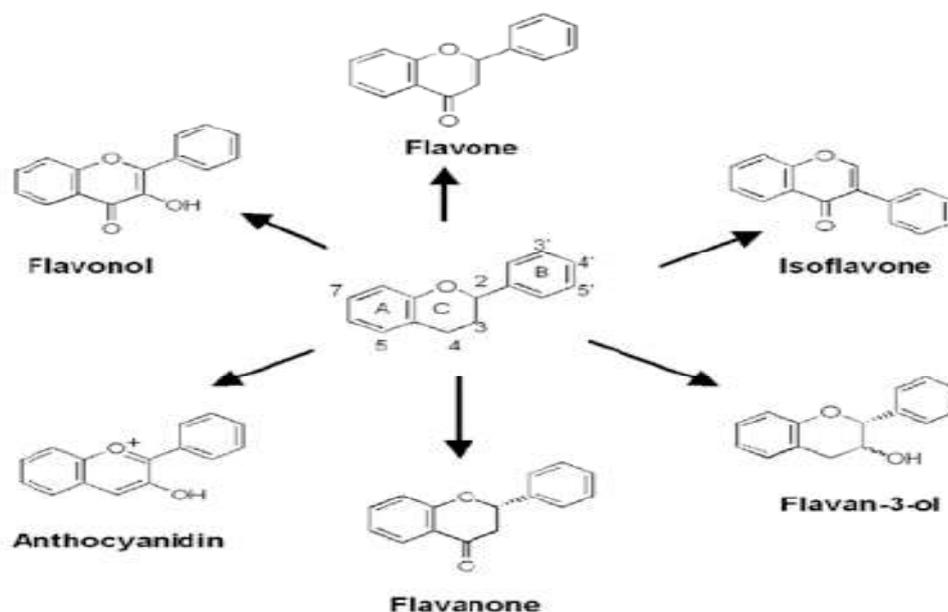


Figure 6: Structures chimiques des dérivés de flavonoïdes(Macheix *et al.*, 2003).

Le Tableau VIII représente les types et teneurs en flavonoïdes des dérivées alimentaires étudiées.

Tableau VIII : Les types et teneurs en flavonoïdes des dérivées étudiées.

Echantillon	Flavonoïdes	Teneurs	Références
FP	Quercétine-3-O-galactoside	3,40%	Bonarska-Kujawa <i>et al.</i> , (2011)
	Quercétine-3-O-glucoside	1,40%	
	Quercétine-3-O-arabinoside	1,39%	
	Quercétine-3-O-xyloside	2,44%	
	Quercétine-3-Orhamnoside	8,54%	Lu <i>et al.</i> , (2019)
	isoquercitrine	8,4 mg/gMS	
	quercétine 3-O-xyloside	9,5 mg/gMS	
		10,7 mg/gMS	
		28,5 mg/gMS	

	quercétine 3-O-arabinoside quercétine 3-O-rhamnoside		
GP	L'hyperine (quercétine 3-O-galactoside), Épicatéchine Quercétine 3-galactoside Quercétine 3-rhamnoside Quercétine 3-glucoside	28,20 à 75,25 mg/100gMS 9,6 mg/kgMS 12,9 mg/kgMS 25 mg/kgMS 5,9mg/kgMS	Xu et al., (2016) Schieber et al., (2003)
FG	Flavonols Cyanidine Catéchine lutéoline	4 et 4.3 mgEQ/100g MS 323.6et4094.8mgEP/kgMS 425.1et4451.1 mgEP/kgMS 5.1 et 1952 mgEP/kgMS	Fellah et al., (2018)
GC	Catéchine Quercétine Isorhamnétine Kaempferol Naringénine	4.459±0.249 mg/100 gMS 4.865±0.574 mg/100 gMS 0.901±0.073 mg/100gMS 1.19±0.238 mg/100 gMS 0.378±0.012 mg/100 gMS	Al Juhaimi et al., (2018)
FT	la quercétine flavonoles kaempférol naringénine myricétine		Figueiredo-Gonzalez et al., (2017)

FP : Feuilles pomme / **GP** : Graines pomme / **FG** : Feuilles grenade / **GC** : Graines citron / **FT** : Feuilles tomate.

1.3. Les tanins

Historiquement, le terme « tanin » regroupe des composés polyphénoliques caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines, d'où leur capacité à tanner le cuir (Yao *et al.*, 2004 et 2010).

Les tanins sont des substances polyphénoliques de structures variées. Selon (Haslam, 1996) et (Cowan, 1999), ils ont une masse moléculaire comprise entre 500 et 3000, ce sont des molécules fortement hydroxylées qui présente, à côté des réactions classiques des phénols, la propriété de précipiter les alcaloïdes, la gélatine et d'autres protéines.

En raison de leur complexations avec les protéines salivaires, ils sont responsables de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité et de certaines boissons (vin, cidre, thé, etc.), aussi de l'amertume du chocolat (Ferruzi, 2010).

On distingue deux groupes de tanins : les tanins hydrolysables et les tanins condensés.

1.3.1. Tanins hydrolysables

Ce sont des esters du D-glucose et de l'acide gallique ou de ses dérivés en particulier l'acide ellagique. Ces substances sont facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique (tannase) (Bruneton, 2009).

1.3.2. Tanins condensés

Dénommés aussi tanins catéchiques ou proanthocyanidines qui se différencient fondamentalement des tanins hydrolysables car ils ne possèdent pas de sucre dans leur molécule et leur structure est voisine de celle des flavonoïdes.

Contrairement aux tanins hydrolysables, ils sont résistants à l'hydrolyse et seules des attaques chimiques fortes permettent de les dégrader (Yao *et al.*, 2004 et 2010).

1.4. Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des pigments naturels synthétisés par les plantes et les microorganismes. Dans l'alimentation humaine, les fruits et les légumes sont la source majoritaire de ces composés, présents comme des micro-composés responsables de leur couleur jaune, orange ou rouge (**Mercadante et al., 1998**). Ces composés sont des précurseurs de la vitamine A, donnant aux aliments une saveur agréable. Ils sont de nature lipidique, solubles dans les solvants organiques (acétone, alcool), sensibles à la lumière, au chauffage, aux acides et dans quelques cas aux bases, et protègent contre les UV (**Britton, 1983**).

Le squelette de base des caroténoïdes comprend 40 atomes de carbone formé de 8 unités d'isoprène. Les différents caroténoïdes sont dérivés par des modifications de la structure de base par cyclisation des groupes terminaux et par l'introduction des fonctions oxygénées qui leur confèrent leur couleur caractéristique et leurs propriétés antioxydantes (**Britton, 1983**).

Le Tableau IX représente teneurs en caroténoïdes dans quelques parties des échantillons étudiés.

Tableau IX: les teneurs en caroténoïdes dans quelques parties des échantillons étudiés.

Echantillon	Caroténoïdes	Teneurs	Références
FP	caroténoïdes total	6.6 à 11.3 ug/g MS	Erbil et al., (2020) Cardini et al., (1982)
	β-carotène	28%	
	violaxanthin	91%	
	lutein	60%	
	neoxanthin	86%	
	α-carotène	63%	
	antheraxanthin	54%	
	zeaxanthin	22%	
GP	β-carotène	1,370-25,800 ug/gMS	Aksic et al., (1956)
	lycopène	0,080-5,370 ug/gMS	
	lutéine	0,694-0,936 ug/gMS	
FT	caroténoïdes total	5,354-1,221 mg/gMS	Silva-Beltran et al., (2015)
GT	lycopène	1,6±0.10 mg/100gMS	Toor et al., (2005)

FP : Feuilles pomme / **GP** : Graines pomme / **FT** : Feuilles tomate / **GT** : Graines tomate

1.5. La vitamine C

La vitamine C ou acide ascorbique est un élément nécessaire à la vie humaine. Elle est utilisée comme additif dans plusieurs aliments pour ses propriétés anti oxydantes (**Burdurlu et al., 2006**). L'acide ascorbique est un composé ayant une structure apparente à celle des glucides à six atomes de carbone, possédant une fonction 2,3ème-diol à laquelle il doit sa propriété réductrice. Il existe deux formes, lévogyre (L) et dextrogyre (D) mais seule la forme L ou acide L'ascorbique est active.

La vitamine C est un composé hydrosoluble et instable. Sa dégradation dépend de plusieurs facteurs comme l'oxygène, la température et la durée de stockage (**Burdurlu et al., 2006**). Le Tableau X représente les teneurs en acide ascorbique dans quelques parties des échantillons étudiés.

Tableau X : teneurs en acide ascorbique dans quelques parties des échantillons étudiés.

Echantillon	Teneurs Vit C	Références
FP	376.5 à 504 mg/100gMS	Erbil et al., (2020)
GP	28,33 mg/kgMS	Onivogui et al., (2014)
GC	1.23±0.10 ug/gMS	Patil et al., (2009)
GT	9,9 mg/100 gMS 7,6 et 7,5 mg/100gMS	Toor et al., (2005)

FP : Feuilles pomme/ GP : Graines pomme/ GC : Graines citron /GT : Graines tomate.

2. Rôle et Mécanisme d'action des antioxydants

Selon (**Gülçin et al., 2007, 2010**), Les antioxydants sont définis comme étant des composés réducteurs ou inhibiteurs des oxydants par l'inhibition de l'initiation ou de la propagation de la chaîne des réactions d'oxydation. Il intervient également dans le processus d'oxydation par réaction avec les radicaux libres, chélation des métaux catalyseurs et encore par l'intervention comme étant un délatureur d'oxygène. Cependant ces agents protecteurs réduisent les dommages oxydatifs induits par les espèces réactives d'oxygène (ROS) et retardent la progression de plusieurs maladies chroniques aussi bien que la peroxydation des lipides.

Les antioxydants ont un rôle important comme système de défense, leur activité antioxydant se produit par plusieurs mécanismes. Les différentes propriétés des antioxydants sont :

2.1. Composés phénoliques

Les mécanismes généraux d'action des composées phénoliques peuvent être identifiés, néanmoins chaque composées phénoliques peut exercer un rôle physiologique différent, selon sa constitution chimique, disponibilité biologique et métabolisme (**Savini et al.,2013**).

Les composées phénoliques possèdent de multiples propriétés biologiques tels que l'effet antioxydant, antimicrobien, anti-thrombotique, antiallergique, anti-inflammatoire (**Arribas et al.,2013**) antiulcéreux, anti-carcinogène et antimutagène (**Nawaze et al., 2006**). Les composées phénoliques ont également des propriétés contre les maladies cardiovasculaires, les maladies neurodégénératives, divers types de cancer et le diabète (**Abdulla et al., ;Krook et al., 2012**).Les conséquences au niveau de l'organisme se font ressentir sur l'ADN, les lipides et les protéines (**Ahamet, 2003**).

2.2. Les Acides phénoliques

Agissent comme donneurs de protons ou d'électrons et chélates les métaux de transition (**Blokhina et al.,2003**).

2.3. Flavonoïdes

- Piégeage des radicaux libres (**Ketsawatsakul et al.,2000**).
- Inhibition enzymatique (**Dangles et al.,2008**).
- Chélation des ions métalliques (**Gulçin et al.,2010**).

2.4. Tanins

Les tanins hydrolysables sont des piègeurs de radicaux libres et de l'anion super oxyde(**Bruneton, 1999**).

2.5. Vitamine C

Ont une action de neutralisation des radicaux libres (**Bermond, 1990**).

2.6. Caroténoïdes

- Neutralisation des radicaux libres : les caroténoïdes neutralisent les radicaux libres par transfert d'hydrogène (**Dutta et al., 2005**).

- Piégeage de l'oxygène singulet : les caroténoïdes sont des piègeurs très efficaces contre l'oxygène singulet en le transformant en oxygène moléculaire triplet (Beutner *et al.*, 2001).

Chapitre III

Matériel et Méthodes

1. Matériel végétales

Le matériel qui a fait l'objet de ce travail est constitué par une série de feuilles et de graines de certains fruits (citron, grenade, pomme et tomate). Les feuilles ont été récoltées au niveau de différentes fermes de la willaya de Bejaia. Le but de l'étude est de déterminer la teneur en composés phénoliques dans ces échantillons et d'évaluer leur activité antioxydante.

1.1. Classification botanique des échantillons

La classification botanique de quelques fruits est représentée dans le Tableau XI.

Tableau XI : classification botanique de quelques fruits.

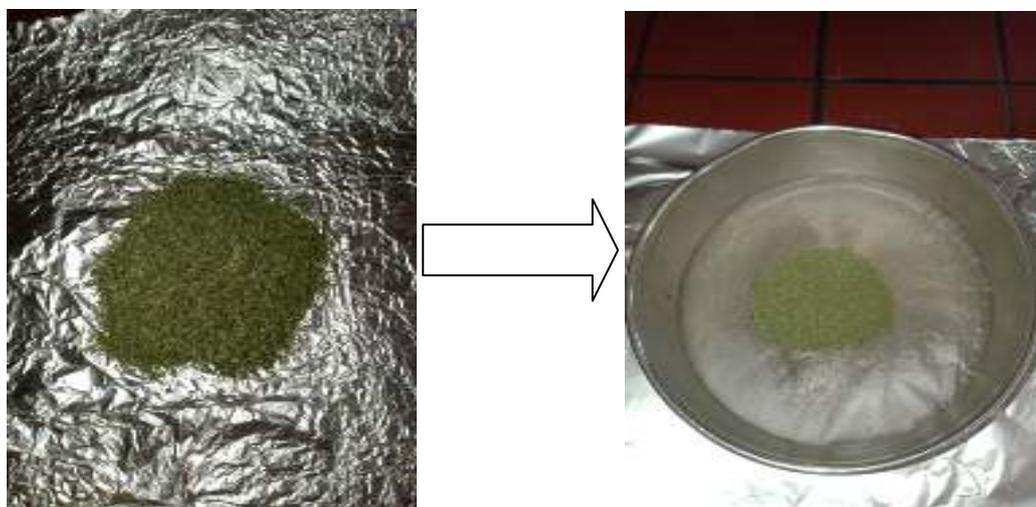
	Règne	Classe	Ordre	Famille	Genre	Espèce	références
Citron	<i>Plantae</i>	Magnoliopsida	<i>Sapindales</i>	<i>Rutacées</i>	<i>Citrus</i>		Ecormie,(2001)
Grenade	Plantae	Magnoliopsida	Myrtales	Punicaceae	Punica	Punicagranatum	Ben Abdennebi, (2012)
Pomme	Plantae	Dicotylédones	Rosales	Rosacées	<i>Malus</i>	<i>Malusdomestica</i> (BORKH) <i>Malus pumila</i> (LAMARCK)	Guihenef, (1998)
Tomate	Plantae	Magnoliopsida	Solnales	Solanaceae	<i>Lycopersicon</i>	<i>Esulentum</i> Miller	Dupont et al., (2012) Spichigeret al., (2004)

2. Préparation des échantillons

2.1. Lavage, séchage et broyage

Les feuilles et les graines sont bien lavés afin de les débarrasser des poussières et d'autres particules puis elles sont soumises au séchage dans l'étuve à 40°C pendant 6-8 jours jusqu'à obtention d'une masse constante.

Après séchage, les échantillons sont broyés à l'aide d'un broyeur électrique jusqu'à l'obtention d'une poudre fine. La poudre est ensuite tamisée en utilisant un tamiseur électrique (**RETCHÉ**) dont le diamètre est de 250 μ m. (**Figure 7**).



(a) Broyat des feuilles (b) Tamisage de la poudre

Figure 7: Préparation de la poudre d'échantillon (ex : feuilles de tomate).

3. Extraction des composés phénoliques

Pour extraire les composés phénoliques, nous avons opté pour une macération par épuisement suivant le protocole décrit par (**Roumanie et al.,2006**). (**Figure8**)

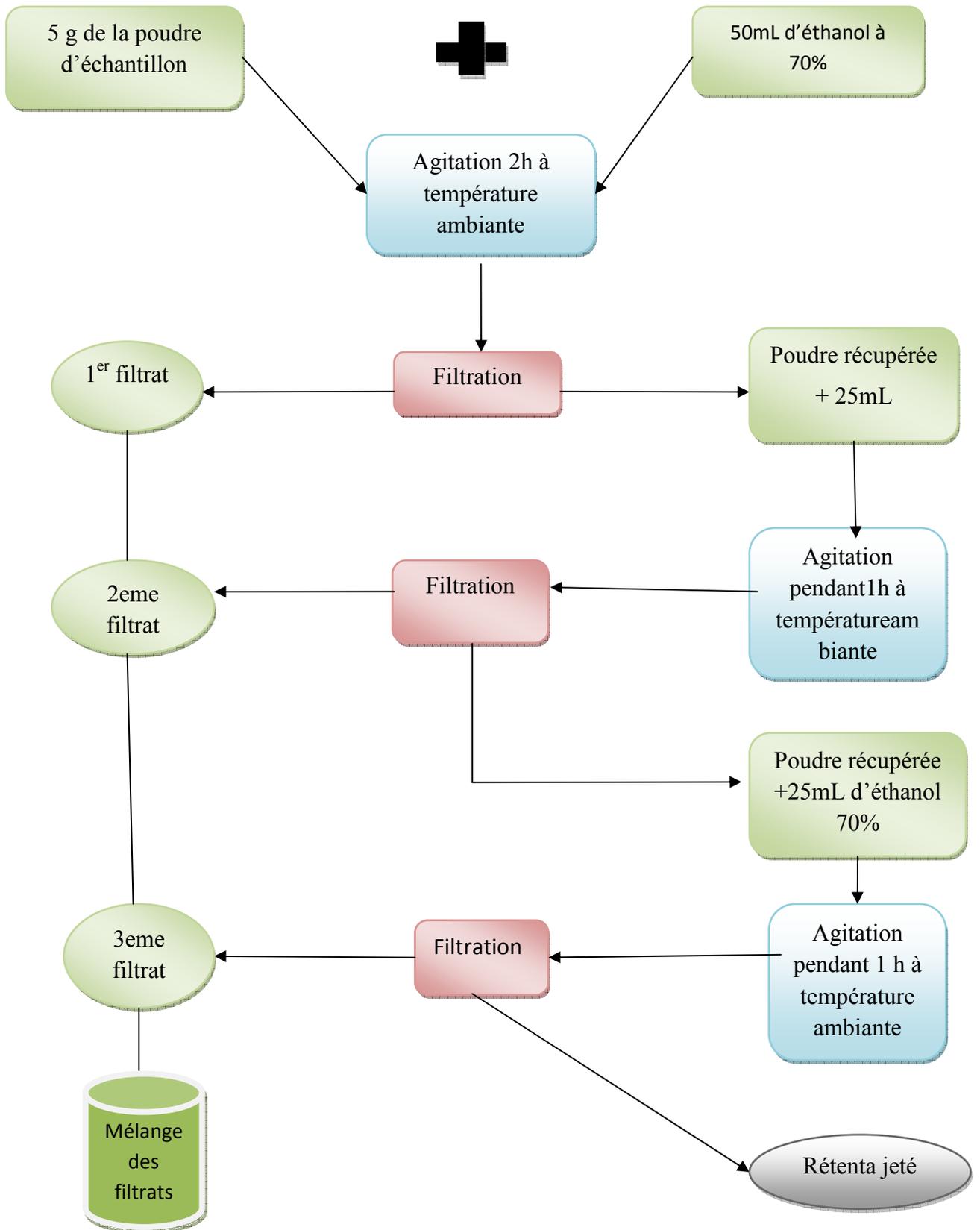


Figure 8: Protocole d'extraction des composés phénoliques.

Les étapes de l'extraction sont illustrées dans la (**Figure 9**) :



(a) (b) (c)

Figure 9: Etapes d'extraction des composés phénoliques : (a) extraction avec solvant, (b) agitation du mélange, (c) filtration du mélange.

Chaque mélange obtenu subi une évaporation de solvant à l'aide d'un évaporateur rotatif (**Figure 10**).

L'extrait sec est reconstitué dans du méthanol, puis conservé dans des petits flacons opaques au congélateur dans l'attente des analyses.



Figure 10 : Evaporation d'un extrait phénolique avec l'évaporateur rotatif (**BOECO, Germany**).

4. Détermination de la teneur en composés phénoliques

4.1. Dosage des composés phénoliques totaux (CPT)

La concentration en composés phénoliques totaux est estimée par la méthode au Folin- Ciocalteu. Le réactif est constitué d'un mélange d'acide phosphotungstique ($H_3PW_{12}O_{40}$) et d'acide phosphomolybdique ($H_3PMo_{12}O_{40}$), il est réduit lors de l'oxydation des phénols en un mélange bleu de tungstène et de molybdène. La coloration produite, est proportionnelle à la quantité de composés phénoliques présente dans les extraits végétaux (**Singleton *et al.*,1999**).

La détermination de la teneur en composés phénoliques totaux est réalisée selon le protocole décrit par (**Georgé *et al.*, 2005**), dans des tubes à essai, 500uL de chaque extrait phénolique ont été mélangés avec 2,5 mL du réactif de Folin-Ciocalteu (dilué 1/10). Après 2 min à l'obscurité, 2mL de carbonate de sodium (Na_2CO_3) à (7,5%) sont ajoutés puis laisser à l'obscurité pendant 60 min. L'absorbance est mesurée à 760 nm contre un blanc. Une courbe d'étalonnage est réalisée avec l'acide gallique dans les mêmes conditions (**Annexe III**). Les teneurs en composés phénolique totaux sont exprimés en milligramme équivalent d'acide gallique par gramme de matière sèche (mg EAG/gMS).

4.2. Dosage des flavonoïdes

Les flavonoïdes possèdent un groupement hydroxyle (OH) libre susceptible de donner en présence du chlorure d'aluminium un complexe jaunâtre par chélation de l'ion aluminium (Al^{3+}), dont la concentration est proportionnelle à la quantité de flavonoïdes présente dans l'extrait (**Djeridane *et al.*,2006**).

La teneur en flavonoïdes totaux est déterminée par la méthode décrite par (**Quettier- Deleuet *et al.*,2000**) ; 1 mL de chlorure d'aluminium ($AlCl_3$ à 2%) est additionné à 1mL d'extrait. Après 15 min d'incubation à l'abri de la lumière et à la température ambiante, l'absorbance est mesurée à 430 nm. La courbe d'étalonnage est représentée dans (**Annexe III**) est établie avec différentes concentrations de quercétine comme standard dans les mêmes conditions opératoires. Les résultats sont exprimés en équivalent milligramme de quercétine par gramme de matière sèche (mg EQ/g MS).

5. Evaluation des activités anti oxydantes

5.1. Mesure du pouvoir de piégeage du radical DPPH

La méthode est basée sur la capacité de l'extrait à réduire le radical DPPH \cdot (2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl) qui est de couleur violette en solution vers une couleur jaunâtre (après réduction), lorsque son électron célibataire est apparié avec un hydrogène provenant d'un antioxydant tel que représenté dans la (Figure 11)(Boskou, 2006).

L'intensité de la couleur est inversement proportionnelle à la concentration d'antioxydants et au temps de la réaction(Safi *et al.*, 2007).

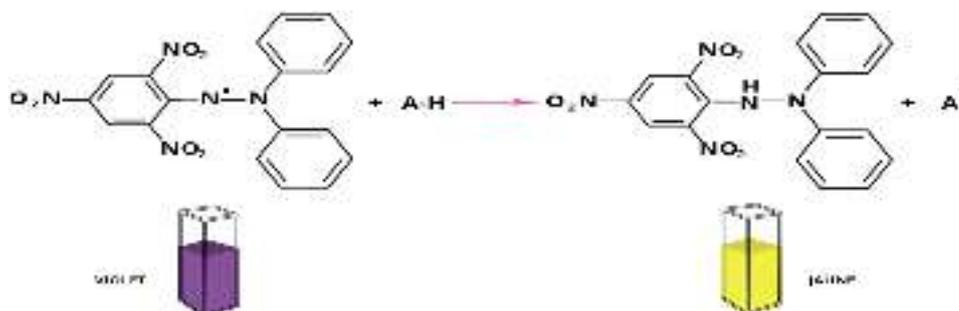


Figure 11 : Réaction d'un antioxydant (A-H) avec le radicale DPPH (Kroyer, 2004).

Le protocole expérimental adopté pour ce test est celui décrit par (Martysiak-Zurowska *et al.*, 2012) ; 2,9 mL de la solution méthanolique du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) à 10^{-4} M sont ajoutés à 0,1mL d'extrait phénolique à différentes concentrations dans le but de déterminer les IC_{50} . L'absorbance est mesurée à 515 nm après 30 min d'incubation à l'obscurité. Un control est préparé en mélangeant une quantité de la solution de DPPH avec du méthanol.

L'activité anti radicalaire est exprimée en % d'inhibition du DPPH selon la formule:

$$\% \text{ d'inhibition} = [(AbsC - AbsE)/AbsC]*100$$

D'où :

% d'inhibition : Pourcentage d'inhibition des radicaux libres.

AbsC : Absorbance du control.

AbsE : Absorbance de l'extrait.

L' IC_{50} , correspondant à la concentration de l'extrait qui inhibe 50% du radical DPPH, est obtenue graphiquement. Elle est calculée par la formule suivante : $y = 17,453\ln(x) + 81,756$, $R=0,99$. Les résultats sont exprimés en mg/mL.

5.2. Réduction de Phosphomolybdate

Ce test est basé sur la réduction des molybdates en Molybdène en présence des antioxydants. Par conséquent, il y a formation de complexe phosphate avec une coloration verte détectable à une longueur d'onde de 695nm dont l'intensité est proportionnelle à la concentration en antioxydants (**Prieto *etal.*,1999**).

Le test est réalisé selon le protocole rapporté par (**Prieto *etal.*,1999**), 0,2 mL de chaque extrait est additionné à 2mL de la solution de phosphomolybdate qui est un mélange de (acide sulfurique / de molybdate d'ammonium), après 90 min d'incubation à 95°C à l'abri de la lumière, l'absorbance est mesurée à 695 nm. Le blanc est préparé de la même façon en remplaçant l'extrait par le solvant. La concentration efficace 50 (EC₅₀) est déterminée graphiquement. Elle est calculée par la formule suivante $y = 0,9718x$, R=0,999. Les résultats sont exprimés en mg/g.

6. Etude statistique

Chaque test est réalisé en trois essais et les résultats représentent la moyenne ± écart type de trois mesures. Une étude statistique est réalisée pour la comparaison des résultats et la mise en évidence des différences significatives entre les échantillons, et ce, pour chaque paramètre en appliquant une analyse de la variance (ANOVA) suivie du test de LSD de Fisher à l'aide d'un logiciel STATISTICA 5.5. Le degré de signification des résultats est pris à la probabilité $p < 0,05$.

Chapitre IV

Résultats et discussion

1. Teneur en Antioxydants

1.1. Teneur en composés phénoliques totaux (CPT)

Ledosage des composés phénolique totaux des extraits des échantillons étudiés est déterminé par l'analyse spectrophotométrique en mesurant l'intensité de la couleur bleue due à la réaction entre les composés phénoliques totaux et le réactif Folin-ciocalteu. Les résultats sont résumés dans le Tableau XII.

Tableau XII : Teneurs en composés phénoliques totaux des extraits des échantillons étudiés.

Echantillons	Teneur (mg EAG/g MS)
Feuilles de pomme	686,40±4,53 ^a
Feuilles de grenade	52,00 ±5,66 ^b
Graines de citron	26,80±0,57 ^c
Feuilles de citron	24,80 ± 2,26 ^c
Graines de grenade	21,20±0,57 ^c
Feuilles de tomate	12,52±0,17 ^d
Graines de pomme	1,40±0,03 ^e
Graines de tomate	1,23±0,01 ^e

a, b, c, d et e: représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c > d > e$.

La teneur des CPT obtenue est exprimée en milligramme d'équivalent acide gallique par grammes de poudre séchée (mgEAG/g MS). Il ressort que leurs teneurs varient selon l'échantillon dont les différences sont significatives à $p < 0,05$. Tandis que aucune différence significatives à $p < 0,05$ n'est noté entre les échantillons des graines de citron, feuilles citron, graines grenade et entre les graines de pomme et graines de tomate.

En effet, les teneurs en CPT des extraits éthanoïques des feuilles des différents échantillons suit l'ordre décroissant suivant : pomme (686,40±4,53 mgEAG /g MS) > grenade (52 ±5,66 mgEAG /g MS) > citron (24,80 ± 2,26 mgEAG /g MS) > tomate (12,52±0,17 mgEAG /g MS). Concernant les graines, les teneurs en CPT des extraits éthanoïques des graines des différents échantillons suivent l'ordre décroissants suivant : Citron (26,80±0,57 mgEAG/g MS) > grenade (21,20±0,57 mgEAG /g MS) > pomme (1,40±0,03 mgEAG/g MS) > tomate (1,23±0,01 mgEAG /g MS).

Globalement, en comparant les feuilles et les graines des échantillons étudiés, il apparaît que l'extrait des feuilles de pomme possède la teneur la plus élevée, suivi par celle de l'extrait de feuilles de grenade. La teneur la plus faible revient aux extraits des graines de pomme et de tomate.

Il est à noter que les feuilles sont plus riches en CPT que les graines, dont le rapport varie de 2 fois pour les feuilles et graines de grenade à 500 fois pour celles de la pomme, excepté pour les feuilles de citron qui renferment une teneur proche de celle des graines.

Des différences ont été observées avec les résultats obtenus par d'autres auteurs. L'étude de **Khettalet et al.,(2017)** a montré que les teneurs en composés phénoliques des feuilles de C. limon est de $3,83 \pm 0,78$ mgEAG/g MS, ce résultat est inférieur à celui trouvé dans la présente étude ($24,80 \pm 2,26$ mgEAG /g MS).

Bassuony et al.,(2015), ont trouvé dans les graines de citron une concentration de $80,62 \pm 0,17$ mg EAG/g qui est environ 3 fois plus que la nôtre. Alors que les résultats menée par **Falcinelli et al.,(2020)** est $1,2$ mgEAG/g MS inférieur a celle enregistré dans notre étude.

Dans une étude de **Bekir et al.,(2013)**, la teneur en CPT des feuilles de grenade notée est de $82,6 \pm 1,5$ mgEAG/g MS, qui est largement supérieure à notre résultat, aussi pour **Zhang et al., (2011)** $289,76 \pm 1,55$ mgEAG/g MS. Alors que les résultats menée par **Fellah et al., (2018)** pour les deux cultivars Nabli et Gabsi 79.7 ± 2.7 et 118.9 ± 12.5 mgEAG/100 g MS, respectivement sont inférieur à celle enregistré dans notre étude. D'après une étude menée par **Jing et al.,(2012)**, la teneur en CPT des graines de plusieurs variétés de grenade a été évaluée et varie entre $1,29$ et $2,17$ mgEAG/g MS , dont les valeurs sont inférieures aux résultats obtenus dans cette présente étude.

Concernant les feuilles de pomme, les résultats obtenus sont environ 5 fois plus élevé que celle trouvée par **Iqbal et al.,(2013)**, qui est de l'ordre de $157,06$ mgEAG/g MS. Il est à noter que des valeurs aussi élevées, que celle enregistrée dans cette présente étude, ont été rapportées dans la littérature telle que celle indiqué par **Pastrana-Bonilla et al.,(2003)** dans l'extrait de graines de raisin $2178,8$ mgEAG/g et celle menée par **Nilgün et al., (2004)** sur l'extrait des graines de l'espèce *V. vinifera* L est de $667,98$ mgEAG/g MS.

Des teneurs rapportées par **Yinget al.,(2016)** pour sept types de variétés des graines de pommes sont plus élevées et varient de $5,74$ à $17,44$ mgEAG/g MS, ce qui correspond de 4 à 15 fois notre résultat.

L'étude de **Rivero et al.,(2003)** sur les extraits des feuilles des deux variétés de tomate Pitenza et Floradade, a révélé des teneurs plus élevées, variant de $83,35$ à $125,5$ mgEAG/g MS respectivement, qui sont 6 à 10 fois supérieures à celle obtenue dans cette présente étude. Pour les graines de tomate, **Peschel et al., (2006)** ont signalé un niveau phénolique de $20,94$ mgEAG/100g MS qui est environ 4 fois inférieur à celui de l'échantillon étudié.

Les différences observées peuvent être expliquées par les conditions de culture, le degré de maturation des échantillons, la saison et les conditions de l'environnement **Li et**

al., (2006). Egalement la méthode et le solvant d'extraction peuvent affecter les teneurs de ces composés phénoliques *Rodriguez et al.*, (1994).

1.2. Teneurs en flavonoïdes

La couleur jaunâtre formée indique la présence des flavonoïdes dans les extraits analysés. Cette coloration est le résultat de la complexation du chlorure d'aluminium et des extraits des échantillons étudiés.

Les teneurs en flavonoïdes obtenus de nos extraits sont exprimées en mg EQ/g de la matière séchée. Elles sont présentées dans le Tableau XIII.

Tableau XIII :Teneurs des flavonoïdes des extraits des échantillons étudiés.

Echantillons	Teneur (EQ mg/g MS)
Feuilles de tomate	0.377±0.012 ^a
Graines de tomate	0.153±0.007 ^b
Feuilles de pomme	0.093±0.002 ^c
Feuilles de grenade	0.075±0.005 ^{cd}
Graines de citron	0.074±0.004 ^{cd}
Feuilles de citron	0,066±0,004 ^d
Graines de grenade	0,039±0.006 ^e
Graines de pomme	0.024± 0.001 ^e

a, b, c, d, et e : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c > d > e$.

Selon les résultats obtenus, des différences ont été également observées entre les échantillons étudiés et qui sont significatives à $p < 0,05$. Néanmoins aucune différence significative entre les échantillons des feuilles de pomme, feuilles grenade, graine citron, et entre les graines de citron et feuilles de citron. Aussi entre les graines grenade et les graines de pomme. Les teneurs en flavonoïdes des extraits éthanoliques des feuilles des différents échantillons suivent l'ordre décroissant suivant: Tomate (0.377±0.012 mgEQ /g MS) > pomme (0.093± 0.002 mgEQ /g MS) > grenade (0.075±0.005 mgEQ /g MS) > citron (0,066±0,004 mgEQ /g MS).

La teneur la plus élevée en flavonoïdes dans les extraits éthanoliques des graines est attribuée à celles de la tomate (0.153± 0,007 mg EQ/g MS) suivi de celles de citron (0.074±0.004mg EQ/g MS). Les teneurs les plus faibles en flavonoïdes sont enregistrées

dans les graines de grenade, ($0,039 \pm 0,006$ mgEQ/g MS) et des graines de pomme ($0,024 \pm 0,001$ mgEQ/g MS).

La comparaison de l'ensemble des échantillons montre que la teneur la plus élevée en flavonoïdes revient à l'extrait des feuilles de tomate, suivi par celle des graines de tomate. La teneur la plus faible est enregistrée dans l'extrait des graines de pomme.

Par comparaison aux résultats rapportés par d'autres auteurs, des différences et des similitudes de teneurs ont été observées.

L'étude de **Khettal et al., (2017)** a montré que les teneurs en flavonoïdes des feuilles de C. limon est de $2,83 \pm 0,36$ mg EQ /g MS, ces résultats sont supérieurs à ceux trouver dans notre étude.

Une étude réalisée sur les graines des cultivars de citron (Citrus limon Burm) menée par **Xi et al., (2017)** a abouti à des teneurs variant de 18,61 à 25,33 mgER/g MS, qui sont supérieures à celle trouvé dans notre étude ($0,074 \pm 0,004$ mgEQ/g MS).

Iqbal et al., (2013), ont déterminé la teneur en flavonoïdes dans les feuilles de pommier et ont signalé une teneur de 121,86 mgER/g MS, qui est plus de 40 fois supérieure à celle trouvée dans notre présente étude. **Onivogui et al., (2014)** a mené que les graines de la pomme Monkey ont une teneur de 2,97mg EQ/g MS qui est environ 2 fois plus élevée que celle de l'échantillon testé dans notre étude.

Les feuilles de grenadier ont été étudiées par **Bekir et al., (2013)** qui ont enregistré $76,9 \pm 2,45$ mgEQ/g MS qui sont supérieure à celle obtenue dans notre étude. Alors que les résultats représenter par **Fellah et al., (2018)** pour deux cultivars Gabsi et Nabli $5,5 \pm 0,9$ mgEQ et $6,2 \pm 0,9$ mgEQ/100g MS, respectivement sont inférieur aux teneurs enregistré par notre étude. Pour les graines de grenade, **Durante et al., (2017)** ont, également enregistré une quantité de flavonoïdes de 4,6 mgEC/g MS qui est environ 40 fois plus élevée que celle notée dans notre étude.

Concernant les feuilles de tomate, la teneur enregistrée dans cette présente étude fait partie de celle trouvé par **Lee et al., (2016)** dans les 50 différentes variétés de tomates dont les valeurs variaient entre 9 à 413,2 mgEQ/100g MS tandis que l'étude **Silva-Beltrán et al., (2015)** a révélé des teneurs plus élevées 33,028 et 61,96 mg EQ/g MS dans les extraits de feuilles de tomate pour les variétés Pitenza et Floradade. Quant aux graines de tomate, notre résultat est environ 10 et 11 fois plus élevé que celle trouver par **Ramandeep et al., (2005)** qui sont égale à 9,8 mgER/100 g MS, pour Tradiro est 12 mgER /100 g MS pour celle d'Excell et de Flavourine. A l'inverse, **Durante et al., (2017)**, ont rapporté une teneur qui est environ 30 fois plus élevée, égale à 4,6 mgEC/g MS.

Les variations observées entre nos résultats et ceux de la littérature peuvent être expliquées par l'influence de certains facteurs extrinsèques tels que la méthode d'extraction, la nature du solvant utilisé et la différence dans l'expression des résultats par rapport aux standards utilisés (quercitrine ou rutine). D'autres facteurs tels que l'origine génétique, le degré de maturation, le mode de conservation et les différentes parties du fruit analysées, peuvent aussi induire ces variabilités (**Lu et al., 2006 ; Vanamala et al., 2006 ; Klimczak et al., 2007**).

2. Activités antioxydants

Dans notre étude nous avons adopté deux méthodes pour déterminer l'activité antioxydante des extraits des échantillons étudiés. La première méthode est le test de piégeage du radical DPPH, qui est très utilisée pour étudier les composés phénolique des plantes ; la seconde est le test phosphomolybdate qui est basé sur la réduction des molybdates en Molybdène.

2.1. Activité anti-radicalaire sur le DPPH

Cette méthode est utilisée généralement pour évaluer le pouvoir anti-radicalaire des extraits de plantes, elle est décrite comme étant simple et rapide (**Jayaprakasha et al., 2007**).

Le changement de la couleur violette de la solution de DPPH en une coloration jaune en présence des extraits phénoliques, indique la réduction du DPPH. Les résultats de l'activité anti-radicalaire des extraits des échantillons étudiés sur le DPPH sont exprimés en pourcentage d'inhibition de DPPH en fonction de la concentration des extraits. Les valeurs d'IC₅₀ correspondent aux concentrations des extraits phénoliques nécessaires pour réduire le DPPH* en solution de 50%. L'IC₅₀ est inversement liée à la capacité antioxydant d'un composé, la valeur la plus basse indique un pouvoir antioxydant plus fort.

Les résultats sont exprimés en milligramme par millilitre de la matière sèche (mg/mLMS) et sont présentés dans le Tableau XIV.

Tableau XIV: Les concentrations d'inhibition du DPPH (IC₅₀) des extraits des échantillons étudiés.

Echantillons	IC 50 (mg/mL MS)
Graines de grenade	0,495±0,109 ^a
Feuilles de tomate	0,283±0,156 ^b
Graines de tomate	0,163±0,023 ^{bc}
Graines de pomme	0,138±0,026 ^{bc}
Graines de citron	0,102±0,007 ^c
Feuilles de grenade	0,091±0,033 ^c
Feuilles de pomme	0,088±0,010 ^c
Feuilles de citron	0,049 ±0,008 ^c

a, b et c : représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c$.

L'analyse statistique a révélé des différences significatives ($P < 0,05$) entre les valeurs d'IC₅₀ des différents extraits étudiés, ainsi que des similarités entre les extraits des graines de tomate, graines pomme, et entre les graines de citron, feuilles grenade, feuilles

pomme, et feuilles citron. Les IC50 des extraits éthanoliques des feuilles des différents échantillons, et en terme de performance, suit l'ordre décroissant suivant : Citron ($0,04 \pm 0,008$ mg/mL MS) > pomme ($0,088 \pm 0,01$ mg / mL MS) > grenade ($0,090 \pm 0,033$ mg/mL MS) > tomate ($0,283 \pm 0,156$ mg/mL MS).

Concernant les extraits éthanoliques de graines, les activités vont dans le sens suivant : Citron ($0,102 \pm 0,007$ mg/mL MS) > pomme ($0,138 \pm 0,026$ mg/mL MS) > tomate ($0,163 \pm 0,023$ mg/mL MS) > grenade ($0,495 \pm 0,109$ mg/mL MS).

D'après les résultats obtenus pour l'ensemble des échantillons, l'activité la plus importante est attribuée à l'extrait des feuilles de citron. L'activité anti radicalaire la plus faible est enregistrée par l'extrait des graines de grenade.

Par comparaison aux résultats rapportés par d'autres auteurs, des différences de teneurs ont été observées. En effet, concernant le citron, les valeurs d'IC50 de l'extrait de leurs feuilles et graines notées dans cette étude sont inférieures à celles rapportées par **Haraoui et al.,(2020)** et par **Moulehi et al., (2012)**, sur les extraits de feuilles et de graines de Citron, dont les IC50 sont égales à $0,71 \pm 0,003$ mg/ mL MS et $0,210 \pm 0,037$ mg/mL MS, respectivement.

En ce qui concerne la grenade, **Yuniarto et al.,(2018)**, ont obtenu une IC50 de $0,023$ mg/mL MS pour l'extrait de feuilles qui est inférieure à notre résultat. En revanche, l'étude menée par **Sabraouiet al.,(2020)**, sur les graines de grenade de deux régions Beni Mella et Berkane ont atteint des IC50 de $1,95$ et $1,33$ mg/mL MS, respectivement qui sont supérieures aux résultats obtenus dans cette présente étude.

L'IC50 des feuilles de pomme indiqué dans cette présente étude, est environ 4 fois supérieure à celle trouvée par **Bonarska-Kujawa et al.,(2011)**, qui correspond à $0,022$ mg/mL MS. Celle des graines est environ 6 fois supérieure que celle enregistrée par **Xu et al.,(2016)** $0,0201$ mg/mL MS. Quant à **LUet al.,(2019)** a rapporté une valeur de $0,050 \pm 0,0135$ mg/mL MS qui est inférieure à celle enregistré dans cette présente étude.

Enfin pour la tomate, **Pratama et al.,(2015)**, ont trouvé avec l'extrait des feuilles de 2 variétés *L. esculentum* var. pyriforme Alef et *L. esculentum* var. commune Bailey, des valeurs IC50 de $0,279$ mg/mL MS et $0,280$ mg/mL MS, respectivement dont le dernier est très proche à celle de la présente étude. Pour Les graines de tomate le résultat noté dans notre étude est 4 fois supérieur à celui de **Bedjih et al.,(2019)** $0,048$ mg/mL MS.

Les différences entre les résultats rapportés par la littérature et ceux obtenus dans notre étude sont probablement reliés à l'utilisation des différentes méthodes et solvants d'extraction adoptés, de la variété étudiée, et des différents états du fruit (frais ou sec) **Zhang et al.,(2004)**.

2.2. Réduction de phosphomolybdate

La réaction entre extrait phénolique et la solution de phosphomolybdate d'ammonium donne une coloration verte dont l'intensité augmente avec la réduction du molybdène Mo (VI) présent sous la forme d'ions molybdate MoO_4^{2-} au molybdène Mo (V) MoO^{2+} .

Les valeurs des concentrations efficaces (EC50) des différents extraits sont représentées dans le Tableau XV.

Tableau XV: Les EC 50 des extraits des échantillons étudiés.

Echantillons	EC50 (mg/g MS)
Graines de pomme	147,998±1,084 ^a
Graines de tomate	51,467 ^b
Graines de citron	47,355±0,230 ^{bc}
Feuilles de citron	46,378±0,292 ^c
Graines de grenade	28,114±0,212 ^d
Feuilles de pomme	8,995 ±5,090 ^e
Feuilles de tomate	4,105±0,032 ^f
Feuilles de grenade	3,274±0,002 ^f

a, b, c, d, e et fⁱ représentent les différences significatives à $P \leq 0,05$. $a > b > c > d > e > f$.

L'analyse statistique a montré qu'il y a des différences significatives ($P < 0,05$) entre les valeurs d'EC50 des différents extraits des échantillons testés, excepté pour les graines et les feuilles de citron, ainsi qu'entre les feuilles de tomate et de grenade et aussi entre les graines de tomate et citron.

Les valeurs d'EC50 des extraits éthanoliques des feuilles des différents échantillons suit l'ordre décroissant suivant (sachant que la valeur la plus faible correspond à la meilleure activité): Grenade (3,274±0,002 mg/g MS) > tomate (4,105±0,032 mg/g MS) > pomme (8,995±5,090 mg/g MS) > citron (46,378±0,292 mg/g MS).

Les valeurs d'EC50 obtenues pour les extraits éthanoliques des graines des différents échantillons sont dans l'ordre décroissant suivant : Grenade (28,114±0,212 mg/g MS) > citron (47,355±0,230 mg/g MS) > tomate (51,467 mg/g MS) > pomme (147,99±1,084 mg/g MS).

L'activité antioxydant la plus importante revient aux extraits des feuilles de grenade et de tomate suivie des feuilles pomme. Alors que la plus faible activité est attribuée l'extrait de graines de pomme suivi par les extraits de graines tomate et de citron.

En comparant entre les EC50 des feuilles et des graines, il ressort des résultats que les extraits de feuilles sont plus performants que les ceux des graines. Le Tableau XVI représentent les résultats finals des dosages des extraits étudiés :

Tableau XVI: Les résultats finals des dosages des extraits étudiés.

Echantillons	CPT (mgEAG/g MS)	Flavonoïdes (mgEQ/g MS)	DPPH IC50 (mg/ml MS)	Molybdate EC50 (mg/g MS)
Feuilles de pomme	686,40	0.093	0,088	8.995
Graines de pomme	1,40	0.024	0,138	147,998
Feuilles de grenade	52	0.075	0,091	3,274
Graines de grenade	21,20	0,039	0,495	28,114
Feuilles de citron	24,80	0,066	0,049	46,378
Graines de citron	26,80	0.074	0,102	47,355
Feuilles de tomate	12.50	0.377	0.283	4.105
Graines de tomate	1.23	0.153	0.163	51.467

Conclusion Générale

Conclusion Générale

La présente étude a pour objectif de déterminer quelques propriétés antioxydantes de quelques dérivés alimentaires (feuilles et graines de pomme, tomate, grenade et de citron).

Le dosage en composés phénoliques totaux et en flavonoïdes a révélé des différences significatives entre les extraits éthanoliques des échantillons étudiés dont les teneurs les plus élevées sont enregistrées dans les feuilles comparées aux graines. Les feuilles les plus riches en composés phénoliques totaux sont celles de pomme et concernant les graines, il s'agit de celles du citron. Les flavonoïdes s'avèrent, également, plus concentrés dans les extraits de feuilles, la valeur la plus élevée revient à ceux du citron pour les feuilles et de la pomme pour les échantillons des graines.

L'activité antioxydante de tous les extraits a été évaluée par deux méthodes : l'activité scavenging ou l'inhibition du radical DPPH et le test phosphomolybdate.

Il ressort des résultats obtenus que les extraits de feuilles sont plus performants que ceux des graines, ce qui corrèle avec les teneurs en antioxydants. Parmi les échantillons étudiés, l'extrait de feuilles citron se démarque par son activité anti radicalaire élevée, et pour les graines, la meilleure valeur revient à l'extrait de citron.

Même observation avec l'activité antioxydante utilisant le phosphomolybdate, la meilleure activité est attribuée à l'extrait de grenade pour les feuilles et à l'extrait de grenade pour les graines.

Les résultats de cette étude ont permis révéler la composition des dérivés alimentaires en antioxydants dotés d'activités antioxydantes considérables et qui sont concentrés plus particulièrement au niveau des feuilles. Ces dérivés constituent une bonne source de substances bioactives qui pourraient être exploitée dans différents secteurs.

En perspectives, il serait intéressant de pousser et approfondir ce travail en :

- Optimisant l'extraction des antioxydants,
- Caractérisant le profil phénolique des échantillons testés,
- Déterminant leur activité antioxydante par d'autres méthodes ainsi que leur mécanisme,
- Ciblant d'autres substances bioactives (caroténoïdes, vitamines, tanins...).
- Ciblant d'autres échantillons et d'autres parties (Tiges, racines et fleurs).

Bibliographie

Bibliographie

A

Abbayes H, Chadefaud M, Ferre Y., Feldmann J., Gausson H., Grasse P., Leredde M., Ozenda P., Prevot A. (1963). Botanique Anatomie_Cycles évolutifs_systématique. Masson et Cie.8 : 52-65

Abdulla, A., Zhao, X., & Yang, F. (2013). Natural polyphenols inhibit lysine-specific demethylase-1 in vitro. *Journal of biochemical and pharmacological research*, 1(1), 56.

Ahamet, S. (2003). Etude phytochimique et des activités biologiques de *Balanites aegyptiaca* L.(Balanitaceae) (Doctoral dissertation, Thèse de pharmacie, Bamako).

Akšić, M. F., Lazarević, K., Šegan, S., Natić, M., Tosti, T., Ćirić, I., & Meland, M. (2021). Assessing the Fatty Acid, Carotenoid, and Tocopherol Compositions of Seeds from Apple Cultivars (*Malus domestica* Borkh.) Grown in Norway. *Foods*, 10(8), 1956.

Al Juhaimi, F., Özcan, M. M., Uslu, N., & Ghafour, K. (2018). The effect of drying temperatures on antioxidant activity, phenolic compounds, fatty acid composition and tocopherol contents in citrus seed and oils. *Journal of food science and technology*, 55(1), 190-197.

Arribas, A. S., Martínez-Fernández, M., Moreno, M., Bermejo, E., Zapardiel, A., & Chicharro, M. (2013). Analysis of total polyphenols in wines by FIA with highly stable amperometric detection using carbon nanotube-modified electrodes. *Food chemistry*, 136(34), 1183-1192.

B

Babbar, N., Oberoi, H. S., Sandhu, S. K., & Bhargav, V. K. (2014). Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. *Journal of food science and technology*, 51(10), 2568-2575.

Bärtels, A. (1998). Guide des plantes du bassin méditerranéen. E. Ulmer.

Bassuony, N. (2015). Chemical composition, antioxidant and antibacterial activities of ethanolic banana peel and lemon seed extracts. *Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology*, 6(6), 167-175.

Baydar, N. G., Özkan, G., & Sağdıç, O. (2004). Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food control*, 15(5), 335-339.

Bedjih, L., Guemghar Haddadi, H. E., & Moulla, N. (2019). Optimisation de l'extraction des composés phénoliques à partir de la graine de tomate.

Bekir, J., Mars, M., Souchard, J. P., & Bouajila, J. (2013). Assessment of antioxidant, anti-inflammatory, anti-cholinesterase and cytotoxic activities of pomegranate (*Punica granatum*) leaves. *Food and chemical toxicology*, 55, 470-475.

Bibliographie

Ben Abdennebi, M. A. (2012). Le grenadier tunisien (*Punica granatum*) stimule le transport de glucose dans les cellules musculaires C2C12 via la voie insulino-dépendante de l'Akt et la voie insulino-indépendante de l'AMPK.

Ben-Arie, R., Segal, N., & Guelfat-Reich, S. (1984). The maturation and ripening of the «Wonderful» pomegranate. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 109(6), 898-902.

Bermond, P. (1990). Biological effects of food antioxidants. In *Food antioxidants* (pp. 193-251). Springer, Dordrecht.

Beutner, S., Bloedorn, B., Frixel, S., Hernández Blanco, I., Hoffmann, T., Martin, H. D., ...& Walsh, R. (2001). Quantitative assessment of antioxidant properties of natural colorants and phytochemicals: carotenoids, flavonoids, phenols and indigoids. The role of β -carotene in antioxidant functions. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 81(6), 559-568.

Blokhina, O., Virolainen, E., & Fagerstedt, K. V. (2003). Antioxidants, oxidative damage and oxygen deprivation stress: a review. *Annals of botany*, 91(2), 179-194.

Bock, B. (2013). *Tela Botanica: Base de données Nomenclature de la flore en France*. BDNFF, 4p.

Boluda-Aguilar, M., & López-Gómez, A. (2013). Production of bioethanol by fermentation of lemon (*Citrus limon* L.) peel wastes pretreated with steam explosion. *Industrial crops and products*, 41, 188-197.

Bonarska-Kujawa, D., Cyboran, S., Oszmiański, J., & Kleszczyńska, H. (2011). Extracts from apple leaves and fruits as effective antioxidants. *Journal of Medicinal Plants Research*, 5(11), 2339-2347.

Bondoux, P. (1992). *Maladies de conservation des fruits à pépins. Pommes et poires*. Quae.

Boskou, D. (2006). *Olive oil: chemistry and technology*. AOCS Publishing.

BRAHMI, F. Encadreur, ATMANI, Nadia, et DJAHIDA, Achour. Optimisation de l'extraction des composés phénoliques à partir de feuilles de *Cynara cardunculus*. 2020.

Britton, G. (1983). *The biochemistry of natural pigments*. Cambridge University Press.

Bruneton J. (2009). *Pharmacognosie, phytochimie, plantes médicinales* (4e éd.). Lavoisier.

Burdurlu, H. S., Koca, N., & Karadeniz, F. (2006). Degradation of vitamin C in citrus juice concentrates during storage. *Journal of food engineering*, 74(2), 211-216.

Bibliographie

C

Calin Sanchez Angel et Carboneli Banaching Angel A. 2005. La grenade cultivées en Espagne Punicalogine anti-oxydante du jus de grenade et de l'extrait de grenade dans les l'aliment fonctionnelle du fruit. Livre. Natural antioxydant granatum et université Miguel Hernandez (EDS), Murcia Espagne, 77p

CARDINI, Franco.1982. Carotenoids in ripe green and in autumn senescing leaves of apple tree: I-Qualitative composition of free carotenoids, xanthophyll esters and fatty acids of esters. Plant Biosystem, , vol. 116, no 3-4, p. 97-115.

Collin, S., Counet, C., Callemien, D., & Jerkovic, V. (2011).Nomenclature et voies de synthèse des principaux polyphénols..

Cotte, F. (2000). Etude de la valeur alimentaire des pulpes de tomates chez les ruminants.

Courchet, L. (1897). Traité de botanique, comprenant l'anatomie et la physiologie végétales et les familles naturelles, à l'usage des candidats au certificat d'études physiques, chimiques et naturelles, des étudiants en médecine et en pharmacie (Vol. 1). JB Baillière et fils.

Cowan, M. M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. Clinical microbiology reviews, 12(4), 564-582.

D

D Archivio, M., Filesi, C., Di Benedetto, R., Gargiulo, R., Giovannini, C., & Masella, R. (2007). Polyphenols, dietary sources and bioavailability. Annali-Istituto Superiore di Sanita, 43(4), 348.

Dangles, O., & Dufour, C. (2008). Flavonoid-protein binding processes and their potential impact on human health. Recent advances in polyphenol research, 1, 67-87.

De Broglie L., A.Guérout D. (2005). Tomates d'hier et d'aujourd'hui. Lavoisier.15-20

DELAHAYE, T. et VIN, P. (1997) Le pommier. 1 er EditionACTES SUD. Paris. 88p,.

Djeridane, A., Yousfi, M., Nadjemi, B., Boutassouna, D., Stocker, P., & Vidal, N. (2006). Antioxidant activity of some Algerian medicinal plants extracts containing phenolic compounds. Food chemistry, 97(4), 654-660.

Donatien K. (2009). Enquête Ethonobotanique de six plantes Médicinales Maliennes-

DSA (2012). Direction des services agricoles

Dupont F et Guignard JL. (2012)- Botanique les familles de plante . Edition Elsevier Masson .France, 300 P.

Durante, M., Montefusco, A., Marrese, P. P., Soccio, M., Pastore, D., Piro, G., & Lenucci, M. S. (2017). Seeds of pomegranate, tomato and grapes: An underestimated source of natural bioactive molecules and antioxidants from agri-food by-products. Journal of Food Composition and Analysis, 63, 65-72.

Bibliographie

Dutta, D., Chaudhuri, U. R., & Chakraborty, R. (2005). Structure, health benefits, antioxidant property and processing and storage of carotenoids. *African Journal of Biotechnology*, 4(13).

E

Eberhard, T., Robert, A., & Annelise, L. (2005). Plantes aromatiques, épice aromates, condiments et huiles essentielles. Tec et Doc. Lavoisier. Paris France.

Ecormier, J. (2001). Les arbres fruitiers, le grand tamarinier, Azalées. Ed. Sainte-Marie, p230.

Ehiobu, J. M., Idamokoro, M. E., & Afolayan, A. J. (2021). Phytochemical content and antioxidant potential of leaf extracts of Citrus limon (L.) Osbeck collected in the Eastern Cape Province, South Africa. *South African Journal of Botany*, 141, 480-486.

Ekoumou, C. (2003). Etudes phytochimiques et pharmacologiques de 5 recettes traditionnelles utilisées dans le traitement des infections urinaires et de la cystite (Doctoral dissertation, Thèse pharmacie FMPOS, Bamako Mali).

El Nemr, A., Khaled, A., Abdelwahab, O., & El-Sikaily, A. (2008). Treatment of wastewater containing toxic chromium using new activated carbon developed from date palm seed. *Journal of hazardous materials*, 152(1), 263-275.

Erbil, N., Arslan, M., Murathan, Z. T., Ilcim, A., & Borekci, B. S. (2020). Some biological effects of the fruits and leaves of different apple cultivars, including red-fleshed apples, grown in a microclimatic region of Turkey: Part I. *Erwerbs-Obstbau*, 62(4), 399-410.

Es-Safi, N. E., Kollmann, A., Khelifi, S., & Ducrot, P. H. (2007). Antioxidative effect of compounds isolated from *Globularia alypum* L. structure–activity relationship. *LWT-Food science and technology*, 40(7), 1246-1252.

F

Falcinelli, B., Famiani, F., Paoletti, A., D'Egidio, S., Stagnari, F., Galieni, A., & Benincasa, P. (2020). Phenolic compounds and antioxidant activity of sprouts from seeds of Citrus species. *Agriculture*, 10(2), 33.

FAO. (2013) Production agricole, cultures primaires, Banque des données statistiques. Algérie.

Fellah, B., Bannour, M., Rocchetti, G., Lucini, L., & Ferchichi, A. (2018). Phenolic profiling and antioxidant capacity in flowers, leaves and peels of Tunisian cultivars of *Punica granatum* L. *Journal of food science and technology*, 55(9), 3606-3615.

Ferruzzi, M. G. (2010). The influence of beverage composition on delivery of phenolic compounds from coffee and tea. *Physiology & behavior*, 100(1), 33-41.

Bibliographie

Frédérique, J. (2011). Le citron malin: Maison, santé, beauté.... Tous les bienfaits d'un ingrédient Ed LEDUC.

G

Galvez-Sola, L., García-Sánchez, F., Pérez-Pérez, J. G., Gimeno, V., Navarro, J. M., Moral, R., ... & Nieves, M. (2015). Rapid estimation of nutritional elements on citrus leaves by near infrared reflectance spectroscopy. *Frontiers in plant science*, 6, 571.

Garcia-Jares, C., Vazquez, A., Lamas, J. P., Pajaro, M., Alvarez-Casas, M., & Lores, M. (2015). Antioxidant white grape seed phenolics: pressurized liquid extracts from different varieties. *Antioxidants*, 4(4), 737-749.

Georgé, S., Brat, P., Alter, P., & Amiot, M. J. (2005). Rapid determination of polyphenols and vitamin C in plant-derived products. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 53(5), 1370-1373.

Ghedira, K. (2005). Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytothérapie*, 3(4), 162-169.

Gil, M. I., Tomás-Barberán, F. A., Hess-Pierce, B., Holcroft, D. M., & Kader, A. A. (2000). Antioxidant activity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. *Journal of Agricultural and Food chemistry*, 48(10), 4581-4589.

Godet, J. D., & Friedmann, F. (1991). Arbres et arbustes aux quatre saisons. Delachaux et Niestlé.

Guihéneuf, Y. (1998). Productions fruitières. Synthèse agricole.

Gülçin İ., Elias R., Gepdiremen A., Boyer L .et Köksal E .(2007) A comparative study on the antioxidant activity of fringe tree (*Chionanthus virginicus* L.) Extracts African *Journal of Biotechnology*, 6 (4):410-418.

Gülçin, I., Bursal, E., Şehitoğlu, M. H., Bilsel, M., & Gören, A. C. (2010). Polyphenol contents and antioxidant activity of lyophilized aqueous extract of propolis from Erzurum, Turkey. *Food and Chemical Toxicology*, 48(8-9), 2227-2238.

H

Haraoui, N., Allem, R., Chaouche, T. M., & Belouazni, A. (2020). In-vitro antioxidant and antimicrobial activities of some varieties citrus grown in Algeria. *Advances in Traditional Medicine*, 20(1), 23-34.

Haslam, E. (1996). Natural polyphenols (vegetable tannins) as drugs: possible modes of action. *Journal of natural products*, 59(2), 205-215.

Heim, K. E., Tagliaferro, A. R., & Bobilya, D. J. (2002). Flavonoid antioxidants: chemistry, metabolism and structure-activity relationships. *The Journal of nutritional biochemistry*, 13(10), 572-584.

Bibliographie

I

Iqbal, M., Sharma, M., Ali, R. F., Yousuf, M., & Hussain, A. (2013). IN VITRO ANTIOXIDANT ACTIVITY AND SPECTROPHOTOMETRIC QUANTIFICATION OF TOTAL PHENOLIC AND FLAVONOID.

J

Jayaprakasha, G. K., & Patil, B. S. (2007). In vitro evaluation of the antioxidant activities in fruit extracts from citron and blood orange. *Food chemistry*, 101(1), 410-418.

Jiang, Y. Jiangrong, L. (2007). Litchi flavonoids: Isolation, Identification and biological Activity. 12: 745-758.

Jing, P. U., Ye, T., Shi, H., Sheng, Y., Slavin, M., Gao, B., ...& Yu, L. L. (2012). Antioxidant properties and phytochemical composition of China-grown pomegranate seeds. *Food Chemistry*, 132(3), 1457-1464.

Juhaimi, F. A., Matthäus, B., Özcan, M. M., & Ghafoor, K. (2016). The physico-chemical properties of some citrus seeds and seed oils. *Zeitschrift für Naturforschung C*, 71(3-4), 79-85.

K

Ketsawatsakul U., Whiteman M. et Halliwell B. (2000). A reevaluation of the peroxynitrite scavenging activity of some dietary phenolics. *Biochemical and biophysical research communications*, 279(2):692- 699.

Khelil, A., Menu, T., & Ricard, B. (2007). Adaptive response to salt involving carbohydrate metabolism in leaves of a salt-sensitive tomato cultivar. *Plant physiology and Biochemistry*, 45(8), 551-559.

Khettal, B., Kadri, N., Tighilet, K., Adjebli, A., Dahmoune, F., & Maiza-Benabdeslam, F. (2017). Phenolic compounds from Citrus leaves: Antioxidant activity and enzymatic browning inhibition. *Journal of Complementary and Integrative Medicine*, 14(1).

Klimczak, I., Malecka, M., Szlachta, M., & Gliszczynska-Świgło, A. (2007). Effect of storage on the content of polyphenols, vitamin C and the antioxidant activity of orange juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 20(3-4), 313-322.

Krook, M. A., & Hagerman, A. E. (2012). Stability of polyphenols epigallocatechin gallate and pentagalloyl glucose in a simulated digestive system. *Food Research International*, 49(1), 112-116.

Kroyer, G. T. (2004). Red clover extract as antioxidant active and functional food ingredient. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 5(1), 101-105.

L

L'officiel N°86.(2011). *Phytothérapie Nature te Sante* : La grenade fruit du grande.

LAN J., LEI F., HUA L., WANG Y., XING D. et DU L. (2009). Transport behavior of ellagic acid of pomegranate leaf tannins and its correlation with total cholesterol alteration in HepG2 cells. *Biomed Chromatograph* 23:531–6.

Bibliographie

Laterrot Henri (1998). la tomate : Origine, diversité, creation, Variétal, Lycopersicon esculentum, Classification des espèces, société botanique de Vancluse, Bull soc.Bot.Vancluse .INRA, Agronomic : 4-5.

Lee, K. J., Lee, G. A., Ma, K. H., Raveendar, S., Cho, Y. H., Lee, J. R., & Chung, J. W. (2016). Chemical constitutions and antioxidant activities of tomato leaf extracts. *Plant Breeding and Biotechnology*, 4(3), 362-372.

Li, J., & Jiang, Y. (2007). Litchi flavonoids: isolation, identification and biological activity. *Molecules*, 12(4), 745-758.

Li, Y., Guo, C., Yang, J., Wei, J., Xu, J., & Cheng, S. (2006). Evaluation of antioxidant properties of pomegranate peel extract in comparison with pomegranate pulp extract. *Food chemistry*, 96(2), 254-260.

Lu, Y., Zhang, C., Bucheli, P., & Wei, D. (2006). Citrus flavonoids in fruit and traditional Chinese medicinal food ingredients in China. *Plant Foods for Human Nutrition*, 61(2), 55-63.

Lu, Y., Du, Y., Qin, X., Wu, H., Huang, Y., Cheng, Y., & Wei, Y. (2019). Comprehensive evaluation of effective polyphenols in apple leaves and their combinatory antioxidant and neuroprotective activities. *Industrial Crops and Products*, 129, 242-252.

M

Macheix J.J., Fleuriet A. & Sarani-Manchado P. (2003). Composés phénoliques dans la plante - Structure, biosynthèse, répartition et rôles. Dans *Les polyphénols en agroalimentaire*. Eds.; Lavoisier. Paris. pp 1-28.

Macheix, J. J., Fleuriet, A., & Jay-Allemand, C. (2005). Les composés phénoliques des végétaux: un exemple de métabolites secondaires d'importance économique. PPUR presses polytechniques.

MADR, (2012). Ministre de l'agriculture et de développement rural algérien.

MADSEN, E. (1974). The Effect of CO₂ Concentration on the Occurrence of a Number of Acids from the Citric Acid Cycle in Tomato Leaves. *Physiologia Plantarum*, 32(1), 10-13.

Mahmoudi, S., Khali, M., & Mahmoudi, N. (2013). Etude de l'extraction des composés phénoliques de différentes parties de la fleur d'artichaut (*Cynara scolymus* L.). *Nature & Technology*, (9), 35.

Martysiak-Żurowska, D., & Went, W. (2012). A comparison of ABTS and DPPH methods for assessing the total antioxidant capacity of human milk. *Acta scientiarum polonorum technologia alimentaria*, 11(1), 83-89.

Mercadante, A. Z., Steck, A., & Pfander, H. (1999). Carotenoids from Guava (*Psidium guajava* L.): Isolation and structure Elucidation. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47(1), 145-151.

Bibliographie

Ministère de l'agriculture et le Développement Rural.(2009). Données statistiques de la production de la pomme et la poire, 54 p.

Mohamed Amine Ben Abdennebi. (2012). Le grenadier tunisien (*Punicagranatum*) stimule le transport de glucose dans les cellules musculaires C2C12 via la voie insulino-dépendante de l'Akt et la voie insulino-indépendante de l'AMPK. Département de pharmacologie Faculté de Médecine, Université de Montréal.

Mortain Bertrand, A., Stammitti, L., Telef, N., Colardelle, P., Brouquisse, R., Rolin, D., & Gallusci, P. (2008). Effects of exogenous glucose on carotenoid accumulation in tomato leaves. *Physiologia plantarum*, 134(2), 246-256.

Moulehi, I., Bourgou, S., Ourghemmi, I., & Tounsi, M. S. (2012). Variety and ripening impact on phenolic composition and antioxidant activity of mandarin (*Citrus reticulata* Blanco) and bitter orange (*Citrus aurantium* L.) seeds extracts. *Industrial Crops and Products*, 39, 74-80.

N

Nawaz, H., Shi, J., Mittal, G. S., & Kakuda, Y. (2006). Extraction of polyphenols from grape seeds and concentration by ultrafiltration. *Separation and Purification Technology*, 48(2), 176-181.

NAIKA S., DE JEUD J.V.L., DE JEFFAU M., HILMI M. et VANDAM B., (2005). La culture de tomate, production, transformation et commercialisation. Ed. Wageningen, PaysBas. 105p.

Nerincky X P.(2002). les fruits belges : fruits de santé.500 :1-4.

Nilgun, BAYDAR, Nilgün Göktürk, ÖZKAN, Gülcan, et SAGDIÇ, Osman. Total phenolic contents and antibacterial activities of grape (*Vitis vinifera* L.) extracts. *Food control*, 2004, vol. 15, no 5, p. 335-339. 27.

O

Oboh, G., & Ademosun, A. O. (2012). Characterization of the antioxidant properties of phenolic extracts from some citrus peels. *Journal of food science and technology*, 49(6), 729-736.

Okwu, D. E., & Emenike, I. N. (2006). Evaluation of the phytonutrients and vitamin contents of Citrus fruits. *Int. J. Mol. Med. Adv. Sci*, 2(1), 1-6.

ONU. (2002) .DES NATIONS UNIES, Organisation. Rapport du Sommet mondial pour le développement durable. In : A/CONF. 2002. p. 20.

Onivogui, G., Zhang, H., Mlyuka, E., Diaby, M., & Song, Y. (2014). Chemical composition, nutritional properties and antioxidant activity of monkey apple (*Anisophyllea laurina* R. Br. ex Sabine). *Journal of Food and Nutrition Research*, 2(6), 281-287.

Bibliographie

P

Parihar, A., Parihar, M. S., Milner, S., & Bhat, S. (2008). Oxidative stress and anti-oxidative mobilization in burn injury. *Burns*, 34(1), 6-17.

Pastrana-Bonilla, E., Akoh, C. C., Sellappan, S., & Krewer, G. (2003). Phenolic content and antioxidant capacity of muscadine grapes. *Journal of agricultural and food chemistry*, 51(18), 5497-5503.

Patil, S. J., & Patil, S. B. (2009). Efficacy of *Citrus medica* seeds extracts on reproductive activities in female albino rats. *Pharmacologyonline*, 2, 803-817.

Peschel et al. (2006) PESCHEL, Wieland, SÁNCHEZ-RABANEDA, Ferran,

Peschel, W., Sánchez-Rabaneda, F., Diekmann, W., Plescher, A., Gartzia, I., Jiménez, D., ... & Codina, C. (2006). An industrial approach in the search of natural antioxidants from vegetable and fruit wastes. *Food Chemistry*, 97(1), 137-150.

Pincemail, J., Degruene, F., Voussure, S., Malherbe, C., Paquot, N., & Defraigne, J. O. (2007). Effet d'une alimentation riche en fruits et légumes sur les taux plasmatiques en antioxydants et des marqueurs des dommages oxydatifs. *Nutrition clinique et métabolisme*, 21(2), 66-75.

Pratama, M., Baits, M., & Yaqin, R. N. (2015). Uji aktivitas antioksidan ekstrak etanol daun tomat buah (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. pyriforme Alef) dan daun tomat sayur (*Lycopersicon esculentum* Mill, var. commune Bailey) dengan metode DPPH (1, 1-Diphenyl-2-Picryl Hydrazil). *Jurnal Fitofarmaka Indonesia*, 2(1).

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), 337-341.

Q

Quettier-Deleu, C., Gressier, B., Vasseur, J., Dine, T., Brunet, C., Luyckx, M., & Trotin, F. (2000). Phenolic compounds and antioxidant activities of buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Moench) hulls and flour. *Journal of ethnopharmacology*, 72 (1-2), 35-42.

R

Reda, S. Y., Leal, E. S., Batista, E. A. C., Barana, A. C., Schnitzel, E., et Carneiro, P. I. B. (2005). Caracterização dos óleos das sementes de limão rosa (*Citrus limonia* Osbeck) e limão siciliano (*Citrus limon*), um resíduo agroindustrial. *Food Science and Technology*, 25, 672-676.

Renaud V. (2006). Les tomates qui ont du goût, Eugen Ulmer, Paris. 19: 11-19.

Ribereau-Gayon, J., PEYNAUD, E., et SUDRAUD, P. et Ribereau-Gayon, P. (1975). *Sciences et techniques du vin*. Paris.Ed.Dunod.p 93.

Bibliographie

Rivero, R. M., Ruiz, J. M., et Romero, L. (2003).Can grafting in tomato plants strengthen resistance to thermal stress.*Journal of the Science of Food and Agriculture*, 83(13), 1315-1319.

Roumanie N, Pongracz E, Myllykoski L, et Keiski R (2004).Waste minimization and utilization in the food industry: Processing of arctic berries, and extraction of valuable compounds from juice-processing by-products. *Proceedings of the Waste Minimization and Resources Use Optimization Conference*. 159-168.

Roy, E. (2013).Les plantes exotiques dans les cosmétiques: réel intérêt ou effet marketing (Doctoral dissertation).

Rupasinghe V.H.P. et clegg S. (2007).total antioxydant capacity, total phenolic content, saccharides, and chloroplast ultrastructure in leaves of tomato cultivars." *Photosynthetica* 35(1) : 151-154.*science Business Media* : 33-81.

S

Sabraoui, T., Khider, T., Nasser, B., Eddoha, R., Moujahid, A., Benbachir, M., & Essamadi, A. (2020). Determiration of Punicalagins Content, Metal Chelating, and Antioxidant Properties of Edible Pomegranate (*Punica granatum L*) Peels and Seeds Grown in Morocco. *International Journal of Food Science*, 2020.

Sarni-Manchado P., cheynier V. (2006).Les polyphénols en agroalimentaire 17, rue Auguste Frot 77590 Bois le roi impression : France que rcy-46090 Mercués N°805(I).PP. 2-3.

Sarni-Manchado, P., & Cheynier, V. (Eds.). (2006).Les polyphénols en agroalimentaire. Techniques & documentation.

Savini, I., Catani, M. V., Evangelista, D., Gasperi, V., & Avigliano, L. (2013).Obesity-associated oxidative stress: strategies finalized to improve redox state. *International journal of molecular sciences*, 14(5), 10497-10538.

Schieber, A., Hilt, P., Streker, P., Endreß, H. U., Rentschler, C., & Carle, R. (2003). A new process for the combined recovery of pectin and phenolic compounds from apple pomace. *Innovative Food Science & Emerging Technologies*, 4(1), 99-107.

Shankara, J., (2005). Recombinant glutathione –S- transterase a major allergen form alternaria clinical use allergy patients. *Molecular Immonology* .43 (12) : 1927-1932.

Silva-Beltrán, N. P., Ruiz-Cruz, S., Cira-Chávez, L. A., Estrada-Alvarado, M. I., Ornelas-Paz, J. D. J., López-Mata, M. A. & Márquez-Ríos, E. (2015). Total phenolic, flavonoid, tomatine, and tomatidine contents and antioxidant and antimicrobial activities of extracts of tomato plant. *International journal of analytical chemistry*, 2015.

Singleton, V. L., Orthofer, R., & Lamuela-Raventós, R. M. (1999). [14] Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of folin-ciocalteu reagent. *Methods in enzymology*, 299, 152-178.

Bibliographie

Spichiger R .E., Vincent V., Figeat S.M. et Jeanmonod D., (2004)- Botanique systématique des plantes à fleurs : une approche phylogénétique nouvelle des angiospermes des régions tempérées et tropicales. 3eme édition. Lausanne : Presses polytechnique et universitaires romandes, Français, 413p.

Sreeja Sreekumar ., Hima Sithul ., Parvathy Muraleedharan ., Juberiya Mohammed Azeez., et Sreeja Sreeharshan., (2014). Pomegranate Fruit as a Rich Source of Biologically Active Compounds. BioMed Research International, Vol 2014, 12 pages.

T

Telli, A., Mahboub, N., Boudjeneh, S., Siboukeur, O. E. K., & Moulti-Mati, F. (2010). Optimisation des conditions d'extraction des polyphénols de dattes lyophilisées (*Phoenix dactylifera* L.) variété ghars. *Annales des sciences et technologie*, 2(2), 107-114.

Tonelli, N., & Gallouin, F. (2013). *Des fruits et des graines comestibles du monde entier*. Lavoisier.

Toor, R. K., & Savage, G. P. (2005). Antioxidant activity in different fractions of tomatoes. *Food research international*, 38(5), 487-494.

V

Valnet J, 2001. La santé par les fruits, légumes et les céréales. Edvigot. pp 207-281.

Vanamala, J., Reddivari, L., Yoo, K. S., Pike, L. M., & Patil, B. S. (2006). Variation in the content of bioactive flavonoids in different brands of orange and grapefruit juices. *Journal of Food Composition and Analysis*, 19(2-3), 157-166.

W

Waksmundzka-Hajnos, M., & Sherma, J. (Eds.). (2010). High performance liquid chromatography in phytochemical analysis. CRC press.

Wald, E. (2009). Le grenadier (*Punica granatum*): plante historique et évolutions thérapeutiques récentes (Doctoral dissertation, UHP-Université Henri Poincaré).

Warda, B. ,& Yasma, B. . (2019). Analyse physicochimique et propriétés antioxydantes de jus de fruits (orange, citrons et cocktail) (Doctoral dissertation).

Whistler, W. A. (1996). Samoan herbal medicine. Isle Botanica.

X

Xi, W., Lu, J., Qun, J., & Jiao, B. (2017). Characterization of phenolic profile and antioxidant capacity of different fruit part from lemon (*Citrus limon* Burm.) cultivars. *Journal of food science and technology*, 54(5), 1108-1118.

Bibliographie

Xu, Y., Fan, M., Ran, J., Zhang, T., Sun, H., Dong, M., & Zheng, H. (2016). Variation in phenolic compounds and antioxidant activity in apple seeds of seven cultivars. *Saudi Journal of Biological Sciences*, 23(3), 379-388.

Y

Yao, J., Wang, J. Y., Liu, L., Li, Y. X., Xun, A. Y., Zeng, W. S., & Wang, L. S. (2010). Anti-oxidant effects of resveratrol on mice with DSS-induced ulcerative colitis. *Archives of medical research*, 41(4), 288-294.

Yao, L. H., Jiang, Y. M., Shi, J., Tomas-Barberan, F. A., Datta, N., Singanusong, R., & Chen, S. S. (2004). Flavonoids in food and their health benefits. *Plant foods for human nutrition*, 59(3), 113-122.

Yilmaz, E., & Güneşer, B. A. (2017). Cold pressed versus solvent extracted lemon (*Citrus limon* L.) seed oils: yield and properties. *Journal of Food Science and Technology*, 54(7), 1891-1900.

Yilmaz, Y., & Toledo, R. T. (2004). Major flavonoids in grape seeds and skins: antioxidant capacity of catechin, epicatechin, and gallic acid. *Journal of agricultural and food chemistry*, 52(2), 255-260.

Yu, M., Gouvinhas, I., & Barros, A. (2021). Variation of the Polyphenolic Composition and Antioxidant Capacity of Freshly Prepared Pomegranate Leaf Infusions over One-Day Storage. *Antioxidants*, 10(8), 1187.

Yu, X., Van De Voort, F. R., Li, Z., & Yue, T. (2007). Proximate composition of the apple seed and characterization of its oil. *International Journal of Food Engineering*, 3(5).

Yuniarto, A., Sukandar, E. Y., Fidrianny, I., Setiawan, F., & Ketut, I. (2018). Antiobesity, Antidiabetic and Antioxidant Activities of Senna (*Senna alexandrina* Mill.) and Pomegranate (*Punica granatum* L.) Leaves Extracts and Its Fractions. *International Journal of Pharmaceutical and Phytopharmacological Research (eIJPPR)*, 8(3), 18-24.

Z

Zhang, D., & Hamauzu, Y. (2004). Phenolic compounds and their antioxidant properties in different tissues of carrots (*Daucus carota* L.). *Journal of Food Agriculture and Environment*, 2, 95-100.

Zhang, L., Yang, X., Zhang, Y., Wang, L., & Zhang, R. (2011). In vitro antioxidant properties of different parts of pomegranate flowers. *Food and Bioproducts Processing*, 89(3), 234-240.

Ziadi, S. (2001). Les gènes PR-10 du pommier (*Malus domestica*). Identification caractérisation et analyse de l'expression spatio-temporelle en réponse à une induction par l'acibenzolar S-méthyl (ASM), un analogue fonctionnel de l'acide salicyclique (Doctoral dissertation, Thèse de Doctorat. Université Rennes1. 182p. Annexes).

Bibliographie

Les sites web

Anonyme1 <https://en.wikipedia.org/wiki/File:P1030323.JPG> Consulté le 17/07/2021

Anonyme2 https://fr.m.wikipedia.org/wiki/Fichier:Parties_du_citron.png. Consulté
Le 20/07/2021

Anonyme3 <https://fr.calameo.com/read/0001366724a50f17c9685> Consulté le 15/07/2021

Anonyme4 <https://jardinage.ooreka.fr/plante/voir/139/grenadier>

Anonyme5 [https://fr.wikipedia.org/wiki/Rubin_\(pomme\)#/media/Fichier:Rubin_apple.jpg](https://fr.wikipedia.org/wiki/Rubin_(pomme)#/media/Fichier:Rubin_apple.jpg)

Anonyme6 <https://stroygoal.ru/fr/when-to-collect-apple-tree-leaves-for-tea-appletree-for->
Consulté le 18/07/2021

Anonyme7 <https://www.gretel-box.com/blog/graines-bienfaits-n86> Consulté le 17/07/2021

Anonyme10 <http://www.jardiflore.be/les-tomates-en-pleine-terre/> Consulté le 15/07/2021

Anonyme11 [https://planetefemmes.com/nutrition/bienfaits/les-avantages-et-les-](https://planetefemmes.com/nutrition/bienfaits/les-avantages-et-les-inconvenients)
[inconvenients](https://planetefemmes.com/nutrition/bienfaits/les-avantages-et-les-inconvenients) consulte le 16/07/2021

Anonyme12 [www.globalbio.net/une-tisane-a-base-de-feuilles-de-tomate-resout-les-](http://www.globalbio.net/une-tisane-a-base-de-feuilles-de-tomate-resout-les-problemes-BOSKOU)
problemes-BOSKOU, Dimitrios. Olive oil: chemistry and technology. AOCS Publishing,
2006. Consulté le 17/07/2021

Anonyme8 <http://www.jardiflore.be/les-tomates-en-pleine-terre/>) Consulté le 18/07/2021

Anonyme9 <http://www.snv.jussieu.fr/bmedia/Fruits/tomate.htm/>) Consulté le 17/07/2021
des-graines-de-tomate/) Consulté le 18/07/2021

Faostat. (2017). [Http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC](http://www.fao.org/faostat/fr/#data/QC). Dernière mise à jours 28 mai
2018. Consulter le 28/09/2021

Les Annexes

Les Annexes

Annexe I

Préparations des solutions

Solution	Réactifs
Folin ciocalteau 1/10	1 mL de folin ciocalteau + 9 mL d'eau distillée.
Solution de carbonate de sodium 7,5%	7,5 g de la poudre de Na_2CO_3 dans 100 mL d'eau distillé.
Chlorure d'aluminium (AlCl_3 2 %)	2 g AlCl_3 dans 100 mL méthanol.
Solution methanolique DPPH	2 mg dans 10 mL méthanol.
Solution phosphomolybdate	0,4655 molybdate d'ammonium + 3,26 mL acide sulfurique + 0,326 g de phosphate de sodium (NaH_2O_4) ajusté avec l'eau distillé jusqu'à 100 mL.
Méthanol 80%	80 mL du méthanol +20 mL de l'eau distillé.
Ethanol 70%	72,80 mL du l'éthanol pure + 27,2 mL d'eau distillé.

Annexe II

Matériel



Figure 1 : Etuve à 37°C.

Figure 2 : Tamiseur.

Les Annexes

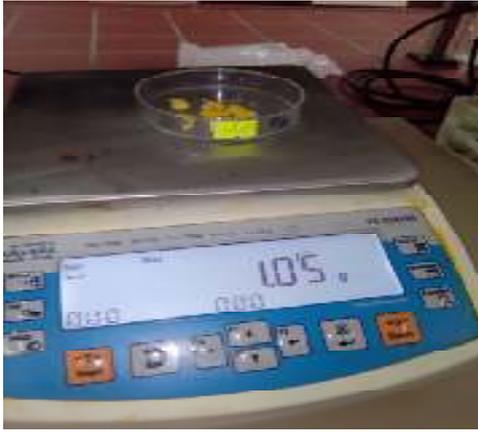


Figure 3 : Balance. **Figure 4:** Plaque agitatrice.



Figure 5: Evaporateur rotatif (Rotavapeur). **Figure 6 :** Vortex.



Figure 7 : Spectrophotomètre.

Echantillons



Figure 8 : Poudre des feuilles de tomate. **Figure 9 :** Filtration du mélange.



Figure 10 : Tubes des solutions de dosage des flavonoïdes d'extrait des feuilles de tomate.

Annexe III

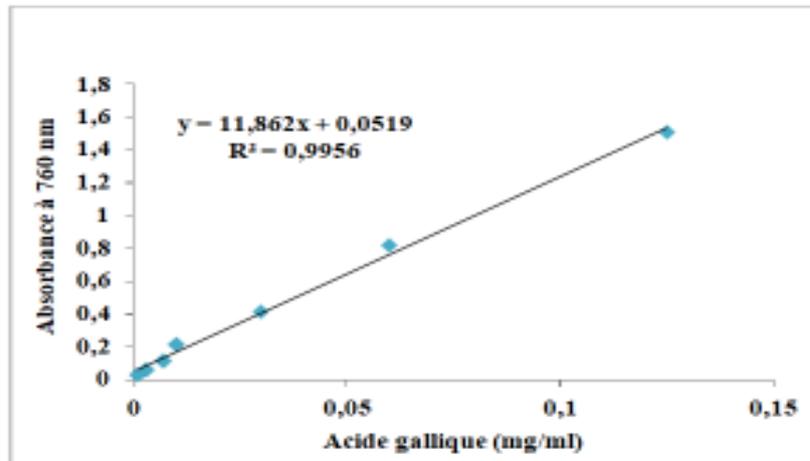


Figure 11 : Courbe d'étalonnage pour le dosage des composés phénoliques totaux.

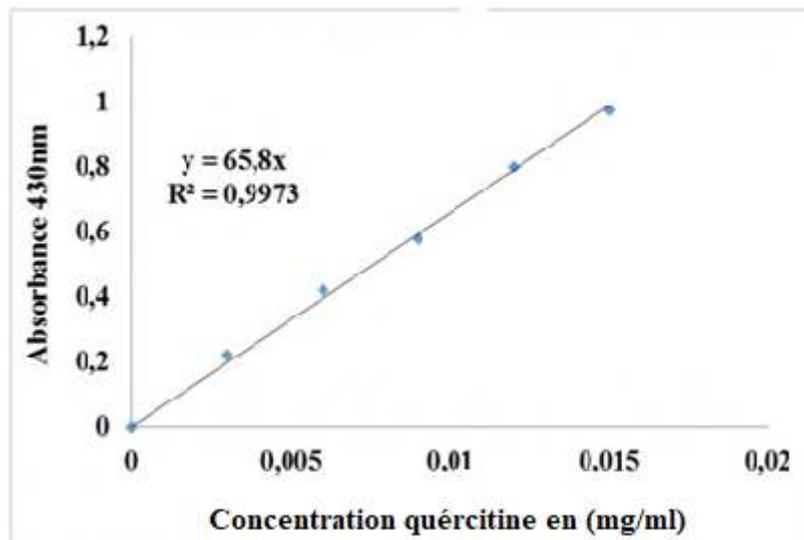


Figure 12 : Courbe d'étalonnage de dosage des flavonoïdes

Résumé

La présente étude s'inscrit dans le cadre de la valorisation des sous-produits de quelques dérivés alimentaires (feuilles et graines de pomme, citron, tomate et grenade). Elle a pour but d'extraire les composés bioactifs, à partir de ces derniers, en utilisant un solvant organique (éthanol aqueux) et la méthode de macération par épuisement, suivi d'un dosage et d'une évaluation de leur activité antioxydante grâce à deux testes (l'inhibition du radical DPPH, et activité antioxydante au phosphomolybdate).

Les résultats des dosages des antioxydants ont montré que ces derniers sont plus concentrés dans les feuilles que dans les graines. La teneur la plus élevée en composés phénoliques et flavonoïdes est obtenue dans l'extrait de feuilles de pomme (686,40 mgEAG/g MS) ainsi que l'extrait des feuilles de tomate (0,377 mgEQ/g MS) respectivement.

Les résultats des évaluations antioxydantes ont indiqué que l'extrait des feuilles de citron manifeste un pouvoir anti radicalaire le plus élevée avec une IC50 de 0,04 mg /mL MS, alors que l'extrait de feuilles de grenade a un pouvoir réducteur du molybdate le plus importante avec une EC50 de 3,274 mg/g MS.

Ces résultats montrent que les extraits des dérivés étudiés constituent une bonne source d'antioxydants ayant des activités antioxydantes intéressantes qui nécessitent d'être mieux valorisés.

Mots clés : Dérivés alimentaires, antioxydants, extraction, activités antioxydantes.

Abstract

The current study is registered in a frame of the by-products of some food derivatives (leaves and seeds of apple, lemon, tomato and pomegranate). Its aim is to extract bioactive compounds from them. Using an organic solvent (aqueous ethanol) and the exhaustion maceration method, followed by an assay and evaluation of their antioxidant activity using two tests (inhibition of the DPPH radical, and antioxidant activity with phosphomolybdate).

The results of the determinations of antioxidants showed that the latter are more concentrated in the leaves than in the seeds. The highest content of phenolic and flavonoid compounds is obtained in apple leaf extract (686.40 mgEAG / g DW) as well as tomato leaf extract (0.377 mgEQ / g DW) respectively.

The results of the antioxidant evaluations indicated that the lemon leaf extract exhibited the highest anti-free radical power with an IC50 of 0.04 mg / mL DW, while the pomegranate leaf extract had a molybdate reducing power. Higher with an EC50 of 3.274 mg / g DW.

These results show that the extracts of the derivatives studied constitute a good source of antioxidants with interesting antioxidant activities which need to be better exploited.

Key words: food derivatives, antioxidants, antioxidant activities, extract.