

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
MINISTRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE
جامعة أمحمد بوقرة - بومرداس
UNIVERSITE M'HAMED BOUGARA BOUMERDES
FACULTE DES SCIENCES
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Faculté des Sciences

Département de Biologie

Mémoire de fin d'études

En vue de l'obtention du diplôme de Master

Filière : Sciences Alimentaires

Spécialité : Nutrition et Science des Aliments

Thème

Valorisation de l'écorce de grenade (*Punica granatum* L.) dans une confiserie traditionnelle

Réalisé par: GUEDOUARI YOUSRA

AKKOUCHE MERIEM

Le Jury:

Mme GANA- KEBOUCHE S.

Pr (UMBB)

Présidente

Mme LAGHA-BENAMROUCHE S.

MCA (UMBB)

Examinatrice

Mr KENNAS A.

Docteur (UMBB)

Promoteur

Mme AMELLAL-CHIBANE H.

Pr (UMBB)

Co-Promotrice

Année universitaire : 2019/2020

Remerciement

Au premier lieu, nous tenons à remercier Allah qui nous a donné le courage et la volonté pour terminer ce travail.

Nous tenons à remercier vivement tous ceux qui nous ont aidés à élaborer cet ouvrage et en particulier Madame AMELLAL-CHIBANE H. et spécialement notre promoteur Monsieur KENNAS A pour sa disponibilité permanente, pour son aide son soutien et ses orientations précieuses, tout le long de ce travail.

Nous tenons également à remercier les honorables membres du jury, Madame GANA- KEBOUCHE S et Madame LAGHA-BENAMROUCHE S pour l'honneur qu'ils nous ont accordés en acceptant d'évaluer notre travail.

Nous remercions aussi l'ensemble des enseignants du département de biologie spécialement notre chef de spécialité madame YAHIAOUI K qui a contribué à notre formation en biologie.

Que tous ceux ou celles qui nous ont apportés leur soutien et qui nous ont aidés de loin ou de près pour l'achèvement de ce projet trouvent ici l'expression de notre vive et sincère reconnaissance, en particulier nos parents, nos professeurs, nos familles et nos ami(es).

Dédicace

Je dédie cet évènement marquant de ma vie

À la mémoire de ma très chère grand-mère chouaa

À mon très cher papa Mourad à qui je dis :

Quoi que je fasse ou quoi que je dise, je ne saurai point te remercier comme il se doit. Ton affection me couvre, ta bienveillance me guide et ta présence à mes côtés a toujours été ma source de force pour affronter les différents obstacles. Fière d'être ta fille.

À toute ma chère famille

Ma chère mère ma chère Dalila ma chère Hamida ma chère Fadhela ma chère Fatma ma chère Samira ma chère Houria ma chère Fatma Zohra. Mon oncle Mohamed.

Mes chers frères Hamza Nazim Sid ahmed ma jumelles Kawthar ma chère sœur et amie Fella.

Mes petits frères cherif et illias.

Mes cousines (sœurs) mes chères Lila kenza Nabila Hakima Mayada Nesrine Fedia Amira Sabrina.

Guedouari yousra

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce travail à ma petite famille

A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma chère mère AKILA qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Sans toi rien n'aurait été possible, que Dieu puisse te préserver t'accorder te donner la santé, longue vie inchallah.

A mon modèle et fierté, mon père Mouhamed karim, signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.que dieu te protégé.

A ma petite sœur kika.

Akkouche Meriem

Dédicaces

J'ai l'honneur de dédier ce travail à ma petite famille

A la lumière de mes yeux, l'ombre de mes pas et le bonheur de ma vie ma chère mère AKILA qui ma apporté son appui durant toutes mes années d'étude, pour son sacrifice et soutien qui m'ont donné confiance, courage et sécurité.

Tu es l'exemple de dévouement qui n'a pas cessé de m'encourager et de prier pour moi. Sans toi rien n'aurait été possible, que Dieu puisse te préserver t'accorder te donner la santé, longue vie inchallah.

A mon modèle et fierté, mon père Mouhamed karim, signe d'amour, de reconnaissance et de gratitude pour tous les soutiens et les sacrifices dont il a fait preuve à mon égard.que dieu te protégé.

A ma petite sœur kika.

Akkouche Meriem

SOMMAIRE

Introduction	1
---------------------------	----------

Chapitre I : Généralités sur les corps gras

I.1. Définition des corps gras.....	3
I.2. Classification des corps gras.....	3
I.3. Composition chimique des corps gras.....	4
I.3.1. Fraction saponifiable.....	4
I.3.2. Fraction Insaponifiables.....	5
I.4. Propriétés des corps gras.....	6
I.4.1. Propriétés physiques.....	6
I.5. Graines et fruits oléagineux.....	7
I.6. Traitement et extraction des huiles à partir de graines oléagineuses.....	8
I.7. Raffinage des huiles végétales.....	8
I.8. Production mondiale des principales huiles végétales.....	9
I.9. Utilisation nutritionnelle des lipides.....	9

Chapitre II : Oxydation des lipides et antioxydants

II.1. Oxydation des lipides	10
II.1.1. Auto-oxydation.....	10
II.1.2. Photo-oxydation.....	10
II.1.3. Oxydation Enzymatique.....	11
II.2. Facteurs affectant l'oxydation des lipides.....	11
II.2.1. Influence de la concentration en oxygène et de la température.....	11
II.2.2. Effet des métaux.....	12
II.2.3. Effet de la lumière.....	13
II.2.4. Effet des enzymes.....	13
II.2.5. Autres facteurs.....	13
II.3. Impact de l'oxydation des lipides.....	13
II.4. Antioxydants.....	14
II.4.1. Propriétés des antioxydants.....	14
II.4.2. Antioxydants naturels	15

Chapitre III: Généralités sur la grenade

III.1. Botanique du grenadier.....	18
------------------------------------	----

III.2. Composition chimique de la grenade.....	18
III.3. Ecorce de grenade.....	20
III.4. Composition chimique de l'écorce	20
III.4.1. Glucide	20
III.4.2. Lipide.....	20
III.4.3. Fibre	20
III.5. Valeur nutritive de l'écorce de grenade	21
III.6. Propriétés de l'écorce de grenade.....	21
III.7. Composés phénolique.....	21
III.7.1. Structure des composés phénoliques.....	22
III.7.2. Principales classes des polyphénols.....	22
III.8.1. Activité antioxydant	24
III.8.2. Activité anti inflammatoire.....	25
III.8.3. Activité antibactérien.....	25
III.8.4. Activité antiulcéreuse.....	25
Chapitre IV: Généralités sur la zlabia	
IV.1. Historique.....	26
IV.2. Ingrédients utilisés pour la préparation de la zlabia.....	26
IV.2.1. Farine et semoule.....	26
IV.3. Préparation de zlabia.....	30
IV.3.1.Mélange des ingrédients.....	30
IV.3.2.Fermentation	30
IV.3.3.Cuisson.....	31
IV.3.4.conservation	31
Conclusion	32
Référence bibliographique	33

Liste des abréviations

Liste des abréviations

Collections et lieux

COFRAC : Comité français d'accréditation.

Produits chimiques

E320 : Butylhydroxyanisole ou BHA.

E321 : Butylhydroxytoluène ou BHT.

Autres

% : Pourcentage.

A : Radical de l'antioxydant.

ADN : Acide désoxyribonucléique.

AG : Acides gras.

AGE : Acide gras essentiel.

AH : Antioxydant.

Ans : Année.

ARN : Acide ribonucléique.

E306, E309 : δ -tocophérol.

H⁺ : Hydrogène.

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

MDA : malondialdehyde.

Ms : Matière sèche.

NO : L'oxyde nitrique.

PH : Potentiel Hydrogène.

RH : Lipides insaturés.

ROO : Radical peroxy.

ROOH : Peroxyde.

ROS : espèces d'oxygène réactive.

T : Type de farine.

TAG : Triacylglycérols.

UV : Ultraviolet.

Liste des figures

Liste des figures

Figure 01: Principales classes des huiles et graisses alimentaires.....	3
Figure 02: Structure de l'isoprène.....	5
Figure 03: Structure du cholestérol.....	6
Figure 04: Mécanisme proposé pour l'oxydation des acides gras polyinsaturés en présence du fer.....	12
Figure 05: Structure chimique de la vitamine C.....	16
Figure 06: Structure de la vitamine E.....	16
Figure 07: Photographie de l'arbre, des feuilles et des fruits de grenadier.....	18
Figure 08: Ecorce de grenade (<i>Punica granatum L.</i>).....	20
Figure 09: Composition d'écorce de grenade.....	21
Figure 10: structure de base des polyphénols.....	22
Figure11: Structure chimique des principaux polyphénols de la grenade.....	23
Figure 12 : structure de base des tanins. a) tanins hydrolysables; b) tanins condensés.....	24
Figure 13: Zlabia préparé par nous – même à la maison.....	13
Figure 14: Diagramme démontrant les différentes étapes de la préparation de la zlabia.....	31

Liste des tableaux

Liste des tableaux

Tableau I: Composition chimique du fruit de la grenade.....	19
Tableau II: Composition biochimique de la farine.....	27
Tableau III: Les types légaux de farine.....	28
Tableau IV: Composition biochimique en g pour 100 g de semoule de blé dur.....	28
Tableau V: Classification des semoules.....	29

Introduction

Introduction

Introduction

L'oxydation est la cause principale de détérioration des huiles. En effet, cette dégradation oxydative dépend de plusieurs facteurs composition en acides gras de l'huile, présence d'antioxydants ou pro oxydants, température, présence d'oxygène et de métaux lourds (KALOGIANNI *et al.*, 2009). La conséquence de cette dégradation est la perte des qualités organoleptiques, nutritionnelles et hygiéniques (WARNER, 2009). L'addition d'agents antioxydants est l'une des voies utilisées pour la réduction de l'oxydation des lipides (TOMAINO *et al.*, 2005). Il existe des antioxydants synthétiques, les plus utilisés par l'industrie agroalimentaire sont le butylhydroxyanisole (BHA) et le butylhydroxytoluène (BHT) du fait de leurs avantages (AUGUSTIN, 1983 ; GORDON, 2006). Ils sont actuellement mal acceptés par la plupart des consommateurs (ALLAM, 2004). Il existe une forte tendance à limiter leur utilisation malgré leur efficacité et favoriser l'utilisation des antioxydants naturels comme alternative des premiers (CHIOU *et al.*, 2007). Car plusieurs études indiquent que les antioxydants synthétiques peuvent avoir des effets carcinogéniques (SHAHIDI *et al.*, 2008).

De ce fait, les industries agroalimentaires ont eu recours à l'utilisation des antioxydants naturels et surtout leur incorporation dans les huiles destinées à la friture (CHIOU *et al.*, 2007).

La grenade est l'un des produits les plus riches en antioxydants notamment les polyphénols solubles, les tanins et les anthocyanes (GIL *et al.*, 2000). C'est pour ces raisons que la culture du grenadier connaît un regain d'intérêt dans plusieurs pays en raison d'une demande assez forte de ces fruits sur le marché. Il existe plus de 1000 cultivars de *Punicagranatum* (LANSKY, 2007).

L'écorce de grenade représente une partie quantitativement considérable dans le poids total de la grenade, ce qui fait que lors de la transformation et de l'industrialisation de la grenade en d'autres produits d'importantes quantités d'écorces sont générées. La valorisation de ce sous-produit sera sans doute un axe promoteur en agro-alimentaire. L'extraction et l'utilisation des molécules antioxydantes présentes peut être l'une des voies de cette valorisation.

Introduction

L'objectif de cette thématique et de cette recherche est d'avoir suffisamment d'informations et de données scientifiques afin d'estimer la faisabilité de l'incorporation de l'écorce de grenade dans une confiserie traditionnelle dans le but d'améliorer l'ensemble de ses qualités organoleptiques et nutritionnelles d'une part et de limiter la dégradation de l'huile utilisées pour la friture de cette confiserie d'autre part. Cette synthèse bibliographique ou nous avons consultés un nombre important d'articles, de livres et d'autres sources d'informations nous à éclairer sur les mécanismes impliquées dans l'altération des corps gras par oxydation des lipides. Il est connu que les industriels utilisent des antioxydants d'origines diverses afin de stabiliser les lipides et de les protéger contre les différents types d'oxydation. L'utilisation d'antioxydants naturels est vraisemblablement la plus sûre vis-à-vis la santé humaine, cela nous a conduit à proposer l'écorce de grenade connu pour ses vertus et sa forte capacité anti-radicalaire (KENNAS *et al.*, 2019 ; KENNAS *et al.*, 2020) afin de l'utiliser comme antioxydant.

Notre recherche bibliographique comprend quatre chapitres qui sont :

1. Généralités sur les corps gras.
2. Oxydation des lipides et antioxydants.
3. Généralités sur la grenade.
4. Zlabia.

Chapitre I

Généralités sur les

corps gras

Généralités sur les corps gras

I.1. Définition des corps gras

D'après COFRAC (Comité Français D'accréditation) le terme corps gras, s'applique à «une substance naturelle ou élaborée, contenant principalement des triglycérides» (SIRET, 2002).

Les corps gras, qui correspondent à la partie «graisses neutres» de la fraction lipidique totale sous forme de microgouttelettes dans certains tissus animaux et végétaux, ont surtout un rôle nutritionnel sur les plans énergétique et métabolique. La partie grasse des aliments est également appelée lipides (du grec *lipos*, «gras»). Les corps gras alimentaires comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale, les beurres et les margarines. Les huiles sont des corps gras liquides à la température de 15°C, tandis que les graisses sont plus ou moins solides à cette température (GORNAY, 2006).

I.2. Classification des corps gras

Les corps gras alimentaires peuvent être classés en différentes classes selon leurs caractéristiques chimiques, physicochimiques et nutritionnelles. En effet, plusieurs classifications ont été proposées dans la littérature scientifique. La figure suivante donne l'une des classifications des corps gras.

Huiles végétales fluides	huiles d'arachides, de colza, de pépins de raisin...etc.
Huiles végétales concrètes (ou graisses)	Coprah (provenant de la noix de coco), huiles de palme...etc.
Huiles et graisses d'origine animale terrestre	Saindoux, suif...etc.
Huiles et graisses marines	Baleine, cachalot...etc.
Corps gras élaborés	beurre, margarine... etc.

Figure 01 : Principales classes des huiles et graisses alimentaires (KARLESKIND, 1992).

I.3. Composition chimique des corps gras

Les lipides sont les nutriments constitutifs des corps gras ; ce sont des molécules hétérogènes insolubles dans l'eau (triglycérides, phospholipides, cholestérol, vitamines liposolubles). La grande majorité des lipides est constituée par des triglycérides vecteurs des acides gras qui eux sont composés de chaînes d'atome de carbone où se fixent des atomes d'hydrogène (BOUDERLIQUE *et al.*, 1998). Ces éléments peuvent être classés de la façon suivante: fraction saponifiable et fraction insaponifiable.

I.3.1. Fraction saponifiable

I.3.1.1. Triglycérides

Le glycérol est un trialcool dérivé du propane portant une fonction alcool sur chaque carbone. À l'état pur, ce produit est un liquide plus dense que l'eau et très soluble dans l'eau. Dans les triacylglycérols, trois molécules d'acides gras estérifient chaque fonction alcool du glycérol ; les molécules d'acides gras peuvent être identiques, TAG (Triacylglycérols) simple ou TAG homogène, mais le plus fréquemment elles sont différentes, TAG mixte ou TAG hétérogène (SIRET, 2002).

Les triglycérides sont stockés dans les tissus adipeux, leur dégradation fournit de l'énergie, ils transportent également des vitamines liposolubles qui sont: vitamine A (Bêta-carotène ou rétinol), D (Calciférol), E (Tocophérol) et K (Vitamine K1: la phylloquinone ou vitamine K2: les ménaquinones) dans le sang (ANONYME 1, 2019).

I.3.1.2. Acides gras

Ce sont des acides organiques faibles. Ils ne possèdent qu'une seule fonction acide organique (carboxyle) par molécule, et sont formés d'oxygène, d'hydrogène et de carbone à nombre presque toujours pair (GORNAY, 2006). Les acides gras peuvent être saturés ou non saturés selon qu'ils ne contiennent pas ou contiennent des doubles liaisons. Ils sont notés $n : m$, où n représente le nombre d'atomes de carbone et m est le nombre de doubles liaisons. Les acides gras diffèrent donc entre eux non seulement par la longueur de la chaîne carbonée, mais aussi par le nombre, la position et la structure spatiale (*cis*, *trans*) des doubles liaisons (CUVELIER *et al.*, 2004). Certains acides gras polyinsaturés ont été reconnus comme essentiels car l'organisme humain ne peut pas les synthétiser. Ils appartiennent à deux familles chimiques définies par la position de la première double liaison dans la molécule (BOUDERLIQUE *et al.*, 1998).

I.3.1.3. Phospholipides

Une molécule de phospholipide est construite à partir de quatre constituants: des acides gras, une plate-forme à laquelle sont fixés les acides gras, un phosphate et un alcool lié au phosphate. La plate-forme sur laquelle les phospholipides sont construits peut être le glycérol, alcool à trois carbones, ou la sphingosine, alcool plus complexe (STYER *et al.*, 2003).

I.3.1.4. Sphingolipides

Les sphingolipides sont constitués d'un acide gras et d'un alcool aminé, la sphingosine, ainsi que, dans certains cas, d'un substituant qui peut être de la choline ou un groupement de nature glucidique. Ils sont caractérisés par une liaison amide formée suite à la réaction entre le groupement aminé de la sphingosine et le groupement carboxyle de l'acide gras. Les sphingolipides sont, tout comme les glycérophospholipides, des constituants des membranes biologiques, mais dans une moindre mesure (CUVELIER *et al.*, 2004).

I.3.2. Fraction Insaponifiables

Les insaponifiables ou leurs constituants peuvent être responsables de la couleur, de l'odeur de l'huile, avoir une activité vitaminique ou intervenir dans la conservation des corps gras ; ils peuvent aussi être de précieux critères pour le contrôle de la pureté de l'huile. Ils peuvent être utilisés en cosmétique, en pharmacie et dans les industries alimentaires (KARLESKIND, 1992).

I.3.2.1. Terpénoïdes

L'unité de base des terpénoïdes est l'isoprène. La condensation de 4 de ces unités donne naissance aux précurseurs des vitamines A, E et K, tandis que la liaison de 6 unités donne le squalène, précurseur du cholestérol et des stéroïdes (CUVELIER *et al.*, 2004). La figure suivante démontre la structure de l'isoprène.

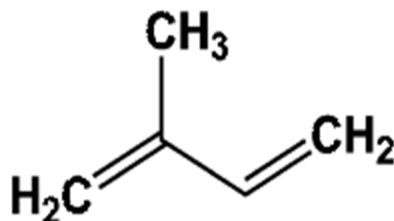


Figure 02 : Structure de l'isoprène (ANONYME 2, 2017).

I.3.2.2. Stérols et stéroïdes

Le stérol le plus important dans les graisses animales est le cholestérol. Il est non seulement le précurseur des acides biliaires, des hormones stéroïdes et de la vitamine D, mais aussi un constituant important des membranes plasmiques (CUVELIER *et al.*, 2004).

Les stérols sont également présents dans le monde végétal où ils sont appelés «phytostérols». Les deux phytostérols les plus importants sont le β -sitostérol et le stigmastérol (SONNTAG, 1979). La figure 03 démontre la structure du cholestérol.

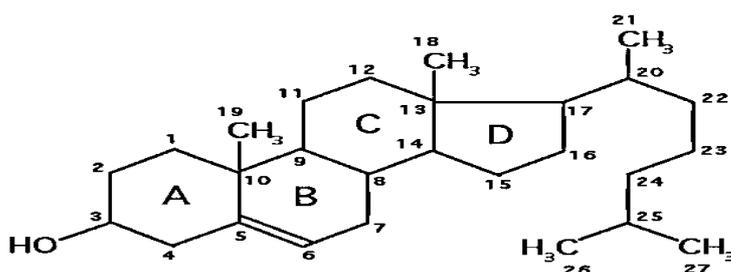


Figure 03 : Structure du cholestérol (RAISONNIER, 2003).

I.3.2.3. Cérides

Les cérides sont des monoesters d'acides gras et d'alcools aliphatiques à longue chaîne qui sont en général des alcools primaires, à nombre pair de carbones, saturés et non ramifiés (NELSON ET COX, 2008).

I.4. Propriétés des corps gras

I.4.1. Propriétés physiques

I.4.1.1. Indice de réfraction

L'indice de réfraction d'une huile est le rapport entre le sinus de l'angle d'incidence et le sinus de l'angle de réfraction d'un rayon lumineux de longueur d'onde déterminée passant de l'air dans l'huile maintenue à température constante (LION, 1955). L'indice de réfraction permet d'identifier une espèce chimique, de contrôler sa pureté et de déterminer la composition d'un mélange (fraction molaire) (ANONYME 3, 2014).

I.4.1.2. Viscosité

La viscosité est une grandeur physique qui exprime la capacité d'un corps à s'opposer au cisaillement (AYOUAZ, 2017). Elle est donc la résistance à l'écoulement d'un système soumis à une contrainte tangentielle (SCHER, 1998). La viscosité diminue en fonction de l'insaturation ainsi qu'avec le chauffage. Elle augmente avec l'oxydation (OLLE, 2002).

1.4.1.3. Point de fusion

Le point de fusion des acides gras est d'autant plus élevé que la chaîne aliphatique est longue. La présence de doubles liaisons abaisse le point de fusion pour un même nombre de carbone (HENNEN, 2006).

1.4.1.4. Point de fumée

Le point de fumée, dont la détermination est très imprécise, est la température à laquelle le corps gras, chauffé dans des conditions précises, émet des fumées de façon continue (OLLE, 2002). À titre indicatif, le point de fumée de l'huile de tournesol est de 232°C et celui de l'huile d'olive vierge est d'environ 215°C.

1.4.1.5. Point d'éclair

Point d'éclair est la température à laquelle se produit, en présence d'une flamme, l'inflammation nette des vapeurs de l'échantillon (OLLE, 2002). La connaissance du point d'éclair renseigne sur la volatilité de l'huile et, éventuellement, sur la présence dans le fluide de matières inflammables (DALLEMAGNE, 2003).

I.4.2. Propriétés chimiques

Les propriétés chimiques des corps gras sont liées à la structure et à la composition de ces corps en acides gras et des différentes liaisons présentes. Les principaux indices chimiques sont:

1.4.2.1. Indice d'iode

C'est le nombre de grammes d'iode fixé par 100 g de corps gras (OLLE, 2002).

1.4.2.2. Indice de saponification

C'est la quantité de potasse, exprimée en milligrammes, nécessaire pour saponifier 1 g de corps gras (OLLE, 2002).

1.4.2.3. Indice d'hydroxyle

C'est la quantité de potasse exprimée en milligrammes nécessaire pour neutraliser l'acide acétique se combinant par acétylation à 1 g de corps gras (OLLE, 2002).

I.5. Graines et fruits oléagineux

Les oléagineux sont des plantes contenant des graines, les graines et fruits oléagineux contiennent des lipides de réserve pour la germination, dans la graine ou dans le noyau du fruit, ou bien constitutifs de la chair du fruit (XAVIER, 2008).

Les graines oléagineuses se composent essentiellement d'une enveloppe ou tégument (coque) riche en cellulose et d'un embryon encore appelé amande riche en huile. Les graines dont la teneur en matière grasse est supérieure à 35 % sont dites riches en huile (colza, tournesol, arachide) (XAVIER, 2008).

À la récolte, les graines oléagineuses ne se présentent pas toujours dans des conditions favorables à une bonne conservation. Les graines sont en effet l'objet de plusieurs causes d'altération. Les graines oléagineuses sont réceptionnées et conservées dans les mêmes installations que les céréales (XAVIER, 2008).

I.6. Traitement et extraction des huiles à partir de graines oléagineuses

La préparation des graines comprend plusieurs étapes (ANDERSON, 2005). Les graines sont préalablement nettoyées et éventuellement séchées (lorsque les graines ont une humidité supérieure à 10%). Afin de faciliter l'extraction de l'huile, les graines peuvent subir différents prétraitements. Ceux-ci peuvent être de nature physique, thermique ou visent à modifier l'humidité de la matière première. Les prétraitements les plus fréquemment utilisés avant pressage sont la cuisson, le floconnage ou l'aplatissage des graines. Un dépelliculage des graines est parfois utilisé (plus particulièrement pour les graines de tournesol ou soja) pour faciliter le pressage des graines (DIJKSTRA, 2007).

Les prétraitements ont pour objectif de préparer les graines à la principale opération de séparation liquide-solide : le pressage. Le pressage se définit comme le procédé physique permettant l'exsudation de l'huile d'une matière poreuse sous l'effet d'une force de compression (SCHWARTZBERG, 1997).

I.7. Raffinage des huiles végétales

Le raffinage comprend une série de traitements qui sont : La démulcination, la neutralisation, le lavage, le séchage, la décoloration, la filtration et la désodorisation (MOHTADJI- LAMBALLAIS, 1989). Les huiles brutes obtenues renferment un certain nombre d'impuretés indésirables, responsables du goût et de l'odeur désagréables et de leur mauvaise conservation. Le raffinage a pour but, d'éliminer les acides gras libres, les produits d'oxydation, les arômes désagréables, les colorants, les produits toxiques (tels que les pesticides, les glycosides) mais également les phospholipides ainsi que les métaux tels que le fer et le cuivre présents à l'état de traces et généralement liés à des composés organiques (MOHTADJI- LAMBALLAIS, 1989 ; JAMIL *et al.*, 1998).

I.8. Production mondiale des principales huiles végétales

Depuis 1981, la production mondiale d'huiles végétales progresse régulièrement. En 2003 elle atteint 102 Mt (million de tonne) (GORNAY, 2006).

En 2017/2018 les surfaces en oléagineux ont progressé de 10 MnHa (millions d'hectares) (+3,5%) à 289 MnHa. La sole mondiale a atteint 128 MnHa en soja, 34 MnHa en coton et en colza, 28 MnHa en tournesol et 27 MnHa en arachide (ANONYME 4, 2018).

I.9. Utilisation nutritionnelle des lipides

Les aliments sources de lipides, On distingue les graisses visibles des graisses cachées :

-Les graisses visibles : sont celles qui sont facilement identifiables. Il s'agit des matières grasses qui sont des aliments d'accompagnement (facteur d'assaisonnement). Elles sont d'origine animale (beurre, saindoux) et d'origine végétale (toutes les huiles obtenues par pression de graines d'oléagineux : tournesol, colza ...etc).

-Les graisses cachées : sont soit des graisses de constitution des différents aliments (viandes, fruits, oléagineux) soit des graisses qui sont incorporées lors de la préparation d'aliments industriels (biscuits, plats préparés) (ANONYME 5, 2017).

Enfin, Les acides gras sont des substances très concentrées en énergie et ce sont aussi, paradoxalement, des réserves d'eau endogène importantes. En effet, leur oxydation au cours de leur utilisation métabolique génère beaucoup d'énergie et d'eau :

-valeur énergétique : 38 kJ/g.

-production d'eau endogène : 107 g eau /100 g (SIRET, 2002).

Chapitre II

Oxydation des lipides

Oxydation des lipides

II.1. Oxydation des lipides

L'oxydation des lipides est un processus indésirable qui touche les corps gras et certains aliments causant leur rancissement (HAMILTON, 1994). L'oxydation cause aussi l'accélération des réactions en chaînes qui génèrent des radicaux libres. Les radicaux libres sont produits par la réaction des acides gras insaturés avec les molécules d'oxygène en présence d'autres oxydants notamment les ions métalliques (surtout: Fe^{3+} et Cu^{2+}), le peroxyde d'hydrogène (H_2O_2) et par les rayons UV. L'oxydation primaire des lipides produit des hydroperoxydes qui déclenchent d'autres réactions secondaires qui ont comme produits des aldéhydes, des cétones, acides et d'autres molécules volatiles ayant un poids moléculaire faible. La détérioration de la flaveur et de la couleur réduisent la qualité organoleptique de l'aliment, à cela s'ajoute l'accumulation de produits toxiques ce qui pose un problème majeur en industrie alimentaire (ANONYME 6, 2003).

II.1.1. Auto-oxydation

L'oxydation des lipides est une réaction auto-catalytique (FRANKEL, 1998 ; EYMRAD, 2003). L'auto-oxydation des acides gras polyinsaturés contenus dans les aliments implique des réactions en chaînes qui génèrent des radicaux libres (SHAHIDI, 1992) qui sont des atomes, ou un groupe d'atomes, avec un nombre impair d'électrons sur la loge extérieure, et ils peuvent se former quand l'oxygène interagit avec certaines molécules. Les radicaux libres sont très instables et réagissent rapidement avec d'autres composants, essayant de capturer l'électron nécessaire pour acquérir de la stabilité (PELLI, 2003 ; RAO *et al.*, 2011 ; HAMILTON *et al.*, 1997).

Dans l'autooxydation, le lipide est converti en un inter-médiateur qui sera ultérieurement converti en lipide dérivé. Dans le rancissement, c'est le lipide dérivé qui donne le mauvais goût tandis que, dans la plupart des analyses techniques utilisées pour suivre l'oxydation, c'est l'intermédiaire mangé qui est surveillé (HAMILTON, 1997).

II.1.2. Photo-oxydation

La réaction de photooxydation correspond à une voie particulièrement importante d'apparition des hydroperoxydes qui peuvent être à l'origine de la formation de produits de dégradation radicalaires. La photo-oxydation intervient en présence de lumière visible d'une part et de ce qu'on appelle un ou plusieurs photosensibilisant(s) (ANONYME 7, 2011). Les photosensibilisateurs (Sens) absorbent l'énergie lumineuse et passent à l'état triplet excité (Sens3) (HULTIN, 1994).

L'oxygène singulet ainsi formée est très électrophile et peut réagir directement sur un acide gras insaturé (RH) formant ainsi un hydroperoxyde ROOH. Par la suite interviennent les réactions radicalaires en chaîne de l'auto-oxydation. Les hydroperoxydes ainsi formés sont différents de ceux formés par auto-oxydation (FRANKEL, 1998).

II.1.3. Oxydation Enzymatique

Cette oxydation est initiée par des enzymes, d'où le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxygénase et la cyclooxygénase (PEREIRA *et al.*, 2003).

La lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxydes. Elle agit spécifiquement sur les acides gras non estérifiés. Son activité est donc souvent couplée avec celle des lipases et phospholipase (POKORNY *et al.*, 2001).

La cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un acide gras pour former des hydroperoxydes spécifiques (JOSEPHON, 1986).

II.2. Facteurs affectant l'oxydation des lipides

Les facteurs qui influencent l'oxydation des lipides sont nombreux. Il s'agit de facteurs intrinsèques tels que la composition en acides gras des lipides (nombre et position des insaturations), la présence de pro-oxydants (hème, ions métalliques, enzymes) ou d'antioxydants naturels (tocophérols, caroténoïdes...) et des facteurs externes tels que la température, la lumière, la pression partielle en oxygène, l'activité de l'eau, les conditions de stockage et de transformation (HSIEH, 1989).

Une élévation de la température favorise l'oxydation des lipides. Cette oxydation est d'autant plus rapide que la température est importante. Ainsi, les opérations de cuisson, par exemple, sont bien connues pour avoir un effet pro-oxydant marqué (HOWLETT *et al.*, 1997).

II.2.1. Influence de la concentration en oxygène et de la température

Durant la réaction d'oxydation, une grande interaction existe entre la température et la concentration d'oxygène (ANDREO *et al.*, 2003).

L'oxygène moléculaire est, dans son état fondamental, à l'état triplet. Il ne peut réagir directement avec les lipides car la barrière de spin est trop élevée. La réaction de l'oxygène avec les acides gras insaturés est rendue possible par trois types de mécanismes:

- Le premier correspond aux voies de l'autoxydation qui résultent du départ d'un hydrogène d'une chaîne d'acide gras sous l'influence de différents initiateurs.

- Le second mécanisme est la formation d'oxygène singulet capable de réagir directement avec les chaînes grasses.
- La troisième est liée à l'intervention d'enzymes permettant une fixation directe de l'oxygène moléculaire sur les chaînes grasses (EYMARD, 2003).

II.2.2. Effet des métaux

Les métaux de transition jouent un rôle important dans la génération des radicaux libres de l'oxygène, ils sont les premiers activateurs des molécules d'oxygène (LOVE, 1980). Il est estimé que le fer et le cuivre à des concentrations de moins d'une partie par million peuvent causer une réduction notable de la stabilité des corps gras (SHERWIN, 1978 ; ALYOR, 2008). Ce problème est amplifié par la présence d'AG (acides gras) libres qui agissent en solubilisant les métaux dans les lipides.

Les peroxydes sont des composés qui n'ont ni goût, ni odeur (BELITZ *et al.*, 2004), et qui, par conséquent n'affectent pas les qualités olfactives et gustatives des aliments. Les peroxydes ROOH peuvent également devenir des radicaux RO \cdot (alkoxyls). Une fois le radical alkoxyl formé, il peut de nouveau propager la peroxydation lipidique par réaction en chaîne, conduisant ainsi à la formation de peroxydes, accompagné par la consommation d'oxygène (le cycle étant représenté dans la Figure 04). Ce sont les précurseurs des composés volatils (MOZURAITYTE *et al.*, 2008).

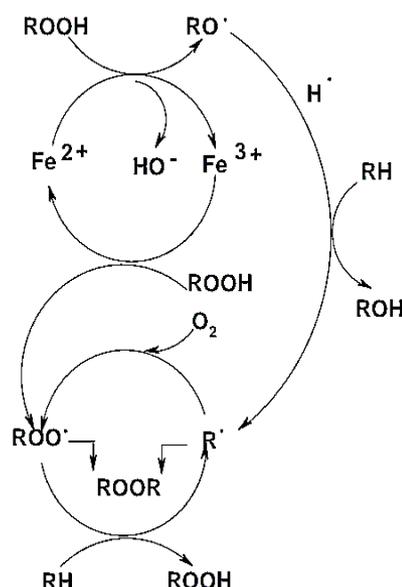


Figure 04 : Mécanisme proposé pour l'oxydation des acides gras polyinsaturés en présence du fer (MOZURAITYTE *et al.*, 2008).

II.2.3. Effet de la lumière

La Lumière active le phénomène de l'oxydation en accélérant la réaction d'initiation (SHERWIN, 1978 ; ALYOR, 2008).

II.2.4. Effet des enzymes

La dégradation enzymatique des lipides fait essentiellement appel à l'action de la lipoxigénase. Différentes isoenzymes ont été identifiées dans certains végétaux. La lipoxigénase est particulièrement présente dans les graines oléagineuses (HELLWING *et al.*, 1990).

II.2.5. Autres facteurs

Une élévation de la température favorise l'oxydation des lipides. Cette oxydation est d'autant plus rapide que la température est importante. Ainsi, les opérations de cuisson, par exemple, sont bien connues pour avoir un effet pro-oxydant marqué (HOWLETT *et al.*, 1997).

L'influence du pH dans le déroulement de l'oxydation se manifeste par le biais de plusieurs mécanismes. Premièrement, pour les réactions d'oxydo-réduction faisant intervenir des protons (H^+), le potentiel redox décroît linéairement avec le pH. Un pH acide favorise donc la réaction d'oxydation, en particulier quand les espèces pro-oxydantes ou antioxydantes solubles en phase aqueuse sont présentes (CHEN *et al.*, 2006).

L'activité de l'eau (a_w) d'un système influence les réactions d'oxydation des lipides. En effet, l'eau permet la mobilisation des substances pro-oxydantes ou antioxydantes (CHEN *et al.*, 2006).

Lors du stockage à l'état congelé, il est nécessaire d'atteindre des températures de -40°C pour arrêter complètement l'oxydation car à une température de -15°C la formation de peroxydes reste possible (KE *et al.*, 1977). La congélation est un bon moyen pour augmenter la durée de conservation des produits (GENOT, 2000).

II.3. Impact de l'oxydation des lipides

➤ Impact nutritionnel et organoleptique

L'oxydation des lipides alimentaires entraîne des altérations qualitatives (rancissement), nutritionnelles (perte des vitamines liposolubles, acides gras essentiels (AGE) voir même toxicité due aux produits issus de la peroxydation des lipides (FRENOT, 1997).

➤ **Impact sanitaire**

Les composés secondaires d'oxydation montrent des effets cytotoxiques et mutagènes, cas de malondialdéhyde (RAHMANI, 2007). Le malondialdéhyde ou MDA est souvent mentionné, du fait qu'il exprime un état ultime de dégradation oxydative des acides gras insaturés, qui tout en étant indispensable, sont aussi très vulnérables. Ils sont capables de générer des produits toxiques dont le MDA responsable de nombreuses pathologies, comme les maladies cardiovasculaires par exemple (MORELLE, 2003).

➤ **Impact économique**

Perte de la valeur marchande suite à l'oxydation qui déprécie la qualité du produit. C'est le cas, par exemple, des huiles d'olive vierges dont le prix est fonction de la qualité (RAHMANI, 2007).

II.4. Antioxydants

Ce sont des substances qui sont capables d'empêcher d'autres substances sensibles à l'action de l'oxygène de former des structures peroxydées, c'est-à-dire de comporter anormalement un ou plusieurs atomes d'oxygène provenant de l'intervention des radicaux libres. Dans ce cas, les substances qui ont cette propriété sont dites radicalaires (MORELLE, 2003).

Le substrat oxydable peut être toute molécule qui se trouve dans les aliments ou matériaux biologiques, y compris les hydrates de carbone, l'ADN, les lipides, et les protéines. L'aliment est un système à plusieurs composants constitué de variété de biomolécules, et donc, cette définition décrit bien un antioxydant (WANASUNDARA, 2005).

II.4.1. Propriétés des antioxydants

Selon MARC *et al.* (2004), l'antioxydant alimentaire idéal, est facilement incorporé et efficace à faible dose, est non toxique, n'entraîne ni coloration, ni odeur et ni saveur indésirable. Résistant aux processus technologiques, il est stable dans le produit fini.

Les antioxydants peuvent être efficaces à de très faibles concentrations, 0,01%, mais ils ne peuvent ni rendre le processus d'oxydation réciproque ni prévenir la rancidité hydraulique (MADHAVI *et al.*, 1996).

Les antioxydants retardent le développement des mauvaises odeurs en étendant la période d'induction. L'addition des antioxydants après la fin de cette période tend à être inefficace à retarder le développement de rancidité (GULCIN, 2011).

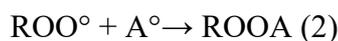
Les antioxydants peuvent être classés en fonction de leur mécanisme d'action en antioxydants primaires ou antioxydants secondaires (MC CLEMENTS, 2000)

I.4.1.1. Les antioxydants primaires ou radicalaires

Ils sont caractérisés par la possession d'atomes d'hydrogène facile à soustraire. Ces antioxydants jouent un rôle d'évacuateur « scavengers » des radicaux libres qui retardent ou inhibent l'initiation ou interrompent l'auto oxydation. Ils peuvent réagir avec les lipides et les radicaux peroxy et les transformer en radicaux stables ou des produits non radicalaires.



Les antioxydants primaires peuvent aussi arrêter l'oxydation des lipides en réagissant avec les radicaux peroxy, radicaux alkoxy et autres antioxydants, selon la réaction (2).



Parmi ces antioxydants, on retrouve : le butylhydroxyanisole ou BHA (E 320), le butylhydroxytoluène ou BHT (E 321), gallates, tocophérols, flavonoïdes, vanilline, carnisol et l'acide carnosique (romarin). Les phénols et les amines aromatiques secondaires constituent les deux classes chimiques les plus importantes (MC CLEMENTS, 2000).

II.4.1.2. Les antioxydants secondaires ou « préventifs »

Ils diminuent la vitesse de l'auto oxydation par différents mécanismes. Ils peuvent chelater les métaux et les désactiver, régénérer les antioxydants primaires, décomposer les radicaux peroxydes, désactiver l'oxygène singulet, absorber les radiations UV ou agir comme des « scavengers » de l'oxygène. Ce sont des synergistes parce qu'ils renforcent l'activité des antioxydants primaires. L'acide citrique, l'acide ascorbique, le palmitate d'ascorbyle, les lécithines et l'acide tartrique sont des bons exemples de synergisme (HELME, 1990 ; POKORNÝ, 2003).

II.4.2. Antioxydants naturels

La quasi-totalité des huiles, des graisses et produits alimentaires contient un certain nombre d'antioxydants naturels (SCHIMIDT, 2005).

II.4.2.1. Sources naturelles d'antioxydants

Les antioxydants naturels sont très présents dans le règne végétal, pour lequel ils représentent un des principaux mécanismes de défense contre le dioxygène, les radicaux libres et les ROS produits au cours de la photosynthèse. Ces molécules sont apportés chez l'homme à travers la consommation de fruits et légumes ou d'autres boissons à base de plantes (ex : le thé) et elles peuvent s'avérer utiles pour la santé humaine (BIRBEN *et al.*, 2012).

✓ Caroténoïdes

Les caroténoïdes dont le bêta-carotène qui est le plus connu sont des précurseurs de la vitamine A. Ils jouent le rôle de pigments colorés jaunes à rouge dans beaucoup de fruits et de légumes (ROCK, 1997).

✓ Sélénium

Les principales fonctions biologiques du sélénium en font un élément antioxydant. En effet, le sélénium a un effet immunostimulant (ROY, 1994). Chez l'animal, il semble que la supplémentation en sélénium à fortes doses réduit l'incidence des cancers. Chez l'homme, les études vont également dans le sens de la protection vis-à-vis de certains cancers, dont le cancer du foie (YU, 1999), du poumon ou de la prostate (YOSHIZAWA, 1999). Enfin, cet oligoélément possède un effet antioxydant par l'optimisation de l'activité glutathion peroxydase en s'incorporant à cette dernière (THÉRON, 2003).

✓ Composés phénoliques

Les composés phénoliques sont également étudiés en santé humaine pour leurs propriétés anti-oxydante (FREMONT, 2000 ; SUN *et al.*, 2002 ; IRITI, 2009).

Chapitre III

Généralités sur la

grenade

Généralités sur la grenade

III.1. Botanique du grenadier

Le grenadier est originaire d'Iran et d'Afghanistan, il s'accroît de façon spontanée depuis plus de 4000 ans. C'est grâce aux Perses que le grenadier fut implanté en Occident, sur les pourtours du bassin méditerranéen de l'Europe et de l'Afrique du Nord. Aujourd'hui, il est cultivé dans les zones climatiques chaudes et sèches sur tous les continents (GARACHH *et al.*, 2012). Le grenadier est une plante vivace, de nom latin (*Punica granatum* L.) appartient à la famille des *Punicacées* (ESPIARD, 2002).



Figure 07 : Photographie de l'arbre, des feuilles et des fruits de grenadier.

III.2. Composition chimique de la grenade

Le fruit de grenade peut être divisée en deux parties.

- ✓ Une partie comestible qui représente environ 50% du poids total et qui est composée de 40% des arilles (partie charnu) et 10% des graines (partie ligneuse).
- ✓ Une partie dure qui représente environ 50 % du poids total correspond à l'écorce et aux membranes blanches.

En outre, la composition chimique du grenadier dépend du cultivar, de la région de culture, des conditions pédoclimatiques, du stade de maturité du fruit et des pratiques culturales (VIUDA-MARTOS, 2010). La composition chimique du fruit de grenade est donnée dans (le tableau 1)

Tableau I : Composition chimique du fruit de la grenade (PRAKASH, 2011; VIUDA – MARTOS, 2010).

Partie du fruit	Composition	
Grains	Les Fibres brutes	/
	La pectine	/
	Les polyphénols	Les anthocyanines
	Les isoflavones	La génisteine
	L'huile	Acide gras polyinsaturés Linoléique, linolénique Autre lipides Acide punicique, acide oléique ...etc
	Les hormones	Stéride sexuel, l'estrone
Ecorce	Tanins hydrolysables	La Punicalline, la Punicalagine, la Corilagine, la Granatine A, et B.
	Acides hydroxybenzoïques	D'acide gallique et de l'acide ellagique, des anthocyanidines
	Alcaloïdes	Pelletierine, pyrrolidine, pipéridine
	Acide aminés	La valine, proline et méthionine
	Anthocyanines	Cyanidine, pélargonidin...ect
Jus	Sucres simples	Le glucose, le fructose et le saccharose
	Acides organiques	L'acide citrique, l'acide ascorbique
	Acides hydroxybenzoïques	L'acide gallique, l'acide ellagique
	De nombreux minéraux	Potassium, phosphore, calcium...ect

III.3. Ecorce de grenade

L'écorce du fruit du grenadier est également appelée « *malicorium* », il s'agit de la partie dure du fruit (CALIN *et al.*, 2005). Elle se caractérise par la présence des composés phénoliques de haut poids moléculaire (DIKMEN, 2011; LI *et al.*, 2006; LANSKY *et al.*, 2007). L'extrait de peau de grenade (EPI) pourrait être utile comme conservateur multifonctionnel dans les aliments (IBRAHIM, 2010). La préparation des arils séchés a été normalisée par THAKUR *et al.* (2010) de sorte qu'ils ont les scores maximum pour les caractéristiques sensorielles comme la couleur, la texture, le goût, l'arôme. Sa saveur est amère et astringente (WALD, 2009).



Figure 08 : Ecorce de grenade (*Punica granatum* L).

III.4. Composition chimique de l'écorce

III.4.1. Glucide

La peau de grenade contient des glucides bruts (78%) qui sont des glucides lignocellulosiques qui étaient principalement des glucides structuraux, de la cellulose, de l'hémicellulose et de la lignine (EL-HADARY, 2020).

III.4.2. Lipide

Elle contient (2,25%) de lipide en particulier α -glucosidase d'acétate d'éthyle, hexane, méthanol (BARATHIKANNAN, 2016).

III.4.3. Fibre

Elle contient (12%) de fibre sont des fibres solubles représentée par Polysaccharides en particulier les β -glucanes et La pectine (GULLON, 2020). La composition d'écorce de grenade est indiquée dans la figure 09.

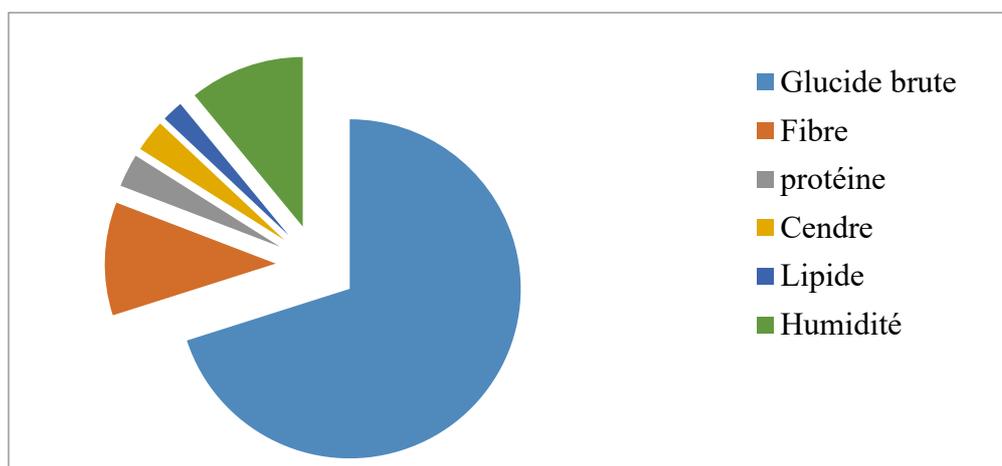


Figure 09 : Composition d'écorce de grenade (EL-HADARYE, 2020).

III.5. Valeur nutritive d'écorce de grenade

Les résultats de (MIRDEHGHAN, 2006) démonte que l'écorce du grenadier est une bonne source de nutriments, la tenure en micronutriments était $B > Fe > Zn = Mn > Cu$ et macronutriments était $K > N > Ca > P > Mg > Na$. Le calcium est plus abondant que le sodium. La concentration de macro et micronutriments varié selon la variété de la grenade, les conditions agro-climatiques et environnementales.

III.6. Propriétés d'écorce de grenade

L'un des principaux composés responsables de la plupart des propriétés fonctionnelles de nombreux aliments dont l'écorce de grenade sont les composés phénoliques (VIUDA-MARTOS, 2010). Les paragraphes qui suivent parlent de ces composés et de certaines de leurs propriétés biologiques.

III.7. Composés phénolique

Les polyphénols sont des molécules organiques hydrosolubles largement retrouvées dans le règne végétal. Ils sont issus du métabolisme secondaire des plantes. Ils sont principalement synthétisés par la voie du shikimate. Cette voie métabolique est présente uniquement chez les bactéries, champignons et les plantes. C'est pourquoi l'alimentation apporte des acides aminés essentiels non synthétisés par le corps humain (HOFFMANN, 2003).

III.7.1. Structure des composés phénoliques

La structure des composés phénoliques va du simple noyau aromatique de faible poids moléculaire jusqu'aux tanins complexes de très haut poids moléculaire, et ils peuvent être classés selon le nombre et l'arrangement des atomes de carbone qui les composent, en fonction de la nature de leur squelette carboné et en fonction de la longueur de la chaîne aliphatique liée au noyau benzénique (CHEYNIER *et al.*, 1997 ; BRAVO, 1998).

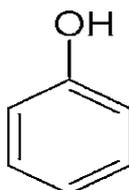


Figure 10 : structure de base des polyphénols (EL GHARRAS, 2009; LEGRAND, 2015).

III.7.2. Principales classes des polyphénols

Les principales classes des polyphénols sont définies selon la nature de leur squelette decarbone : acides phénoliques, flavonoïdes, stilbènes moins communs, et lignanes. De ces classes, les acides phénoliques, les flavonoïdes et les tanins sont considérés comme les principaux composés phénoliques alimentaires (KING, 1999).

✓ Flavonoïdes

Les flavonoïdes sont les composés à faible poids moléculaire (BOHM, 1998 ; MERKEN, 2000). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques des plantes (DUTHIE *et al.*, 2000 ; PIETTA *et al.*, 2003). Les flavonoïdes stricto sensu, pigments végétaux jaune-orangé (leur nom venant du mot latin *flavus* : jaune), les anthocyanes, composés de couleur rouge à violet et un groupe de tanins, les proanthocyanidines, molécules incolores et très hydrosolubles (KRIS-ETHERTON *et al.*, 2002).

Les anthocyanines sont le groupe le plus grand et le plus important de flavonoïdes présents dans les arils de grenade, qui sont utilisés pour obtenir le jus. Ces pigments donnent au fruit et au jus sa couleur rouge (AFAQ *et al.*, 2005).

Les flavonoïdes sont connus pour leurs multiples activités biologiques. Leurs propriétés sont décrites dans la littérature comme anti-radicalaire, anti-inflammatoire, antibactérienne, antiallergique, antivirale et stimulante des défenses immunitaires (RICE-EVANS *et al.*, 1996; SYOBODOVA *et al.*, 2003 ; KIM *et al.*, 2004). La figure suivante démontre la Structure chimique des principaux polyphénols de la grenade.

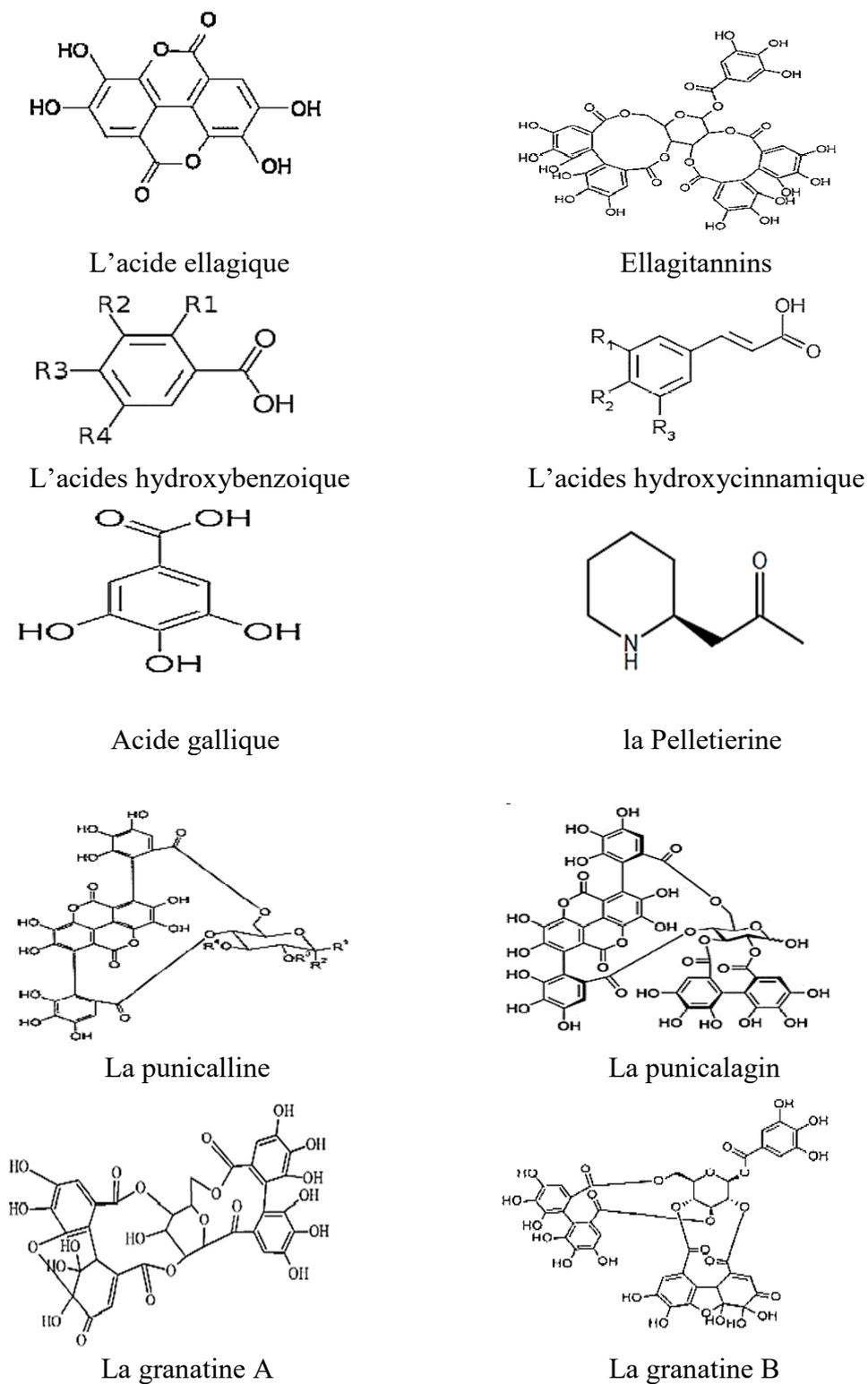


Figure 11 : Structure chimique des principaux polyphénols de la grenade (GULLON, 2020).

✓ Tannins

Les tanins sont des polyphénols végétaux de poids moléculaire élevé divisés en deux groupes chimiquement et biologiquement distinctes: les tanins condensés ou proanthocyanidines (thé, raisins, canneberges, etc), et les tanins hydrolysables : ellagitanins (Ets) (framboises, fraises, grenades) et gallotanins (GTs) (AGUILAR *et al.*, 2008).

La peau de grenade est riche en tanins hydrolysables, principalement la punidicine, le pédonculagin et le punicalagin (SEERAM *et al.*, 2005). Ils diffèrent des proanthocyanidines dans leurs structures chimiques. Les ET sont des esters d'acide hexahydroxydiphénique et polyol, habituellement glucose ou acide quinique (CLIFFORD, 2000).

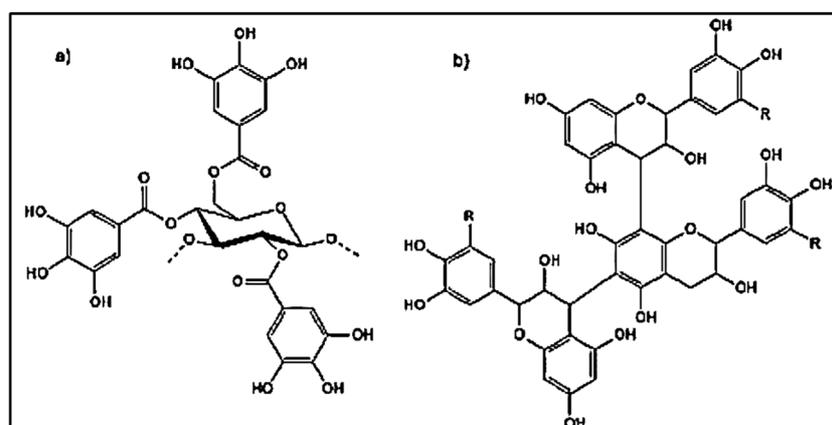


Figure 12 : structure de base des tanins. a) tanins hydrolysables; b) tanins condensés (LOUCHAB *et al.*, 2014).

III.8.1. Activité antioxydante

L'activité antioxydante des composants de la grenade a été l'objet de nombreuses études la plupart réalisées *in vitro* et *in vivo*, Toutes ces activités peuvent être liées aux divers composés phénoliques présents dans la grenade. La punicalagine provenant des écorces est l'un des principaux composés phytochimiques contribuant à la capacité antioxydante due à leur capacité à piéger les radicaux libres et à inhiber les lipides d'oxydation (VIUDA-MARTOS, 2010). L'expérience de (ABDEL MOEIM, 2012) a examiné l'extrait méthanolique de la peau de *Punica granatum* pour son activité antioxydante sur le cerveau de rats albinos mâles adultes, en mesurant les paramètres antioxydants (le glutathion réduit, la catalase, la superoxyde dismutase, la glutathion réductase, la glutathion-S-transférase et la glutathion peroxydase) de plus, le peroxyde d'hydrogène (H₂O₂), l'oxyde nitrique (NO) et la peroxydation lipidique (MDA) ont également été mesurés dans l'homogénat de cerveau, le

traitement par les extraits d'écorce de grenade a entraîné une augmentation marquée de la plupart des paramètres antioxydants avec une réduction de l'oxydant H₂O₂, NO et MDA.

III.8.2. Activité anti-inflammatoire

Des résultats obtenus montrent que l'extrait du grenadier produit un effet anti-inflammatoire potentiel en modulant la synthèse de plusieurs médiateurs et cytokines impliqués dans le processus inflammatoire (VIUDA-MARTOS, 2010).

III.8.3. Activité antibactérienne

L'écorce du fruit de *Punica granatum* possède, *in vitro*, une activité antimicrobienne remarquable sur des souches pathogènes telles *Staphylococcus aureus*, *Proteus vulgaris*, *E coli*, et aussi *Klebsiella pneumoniae*, *Bacillus subtilis* et *Salmonella typhi*. La combinaison unique des tanins et des alcaloïdes issus de cette écorce, ainsi que leur action synergique, explique probablement cette activité antibactérienne non retrouvée dans d'autres fruits également riches en tanins et en alcaloïdes (VIUDA-MARTOS, 2010). L'étude de HAIDARI *et al.* (2009) a démontré que les extraits de grenade ont une action anti-influenza et que le punicalagin (tannin hydrolysable spécifique de la grenade) a un effet virucide et inhibiteur de la réplication de l'ARN viral.

III.7.4. Activité anti-ulcéreuse

(MOGHADDAM *et al.*, 2014) Les résultats ont montré l'activité gastroprotectrice de l'extrait d'écorce de grenade par mécanisme antioxydant. Chez les animaux d'essai, aussi possède comme un agent anti-ulcéreux.

Chapitre IV

Généralités sur la

Zlabia

Généralités sur la Zlabia

IV.1. Historique

La *zlabia*, ou *zelabia*, est une confiserie de la cuisine orientale traditionnelle. Intermédiaire entre un gâteau et une confiserie, elle est préparée au Maghreb (au Maroc, Algérie, Tunisie et en Libye) lors du mois de ramadan. Elle est aussi préparée dans les pays du Moyen-Orient. On la retrouve dans des pays de l'Est africain, comme Zanzibar, les Comores ou Mayotte. Cette pâtisserie frite est appelée *jalebi*, *jilapi* ou *zulbi* dans le sous-continent indien, comme en Inde, au Bangladesh, au Népal, au Pakistan, en Afghanistan et au Sri Lanka (ANONYME 10, 2020). À l'origine de cette recette, un pâtissier du Moyen Orient qui avait raté sa pâte à pain, parce qu'elle était beaucoup trop liquide. Il s'était alors exclamé: "Zella Bia "qui signifie" je l'ai ratée ". Il l'a donc fait cuire directement dans l'huile de friture, et c'est depuis devenu une sucrerie très appréciée. Elle est apparue pour la première fois en Algérie chez la famille "Aksil", dans la région de Boufarik, et qui la préparait dans leur maison, où les gens venaient passer leur commande elle s'est ensuite répandue et est consommée aujourd'hui dans tout le pays surtout durant le mois de Ramadan (ANONYME 11, 2007). La figure 13 démontre une sorte de zlabia préparée à la maison .



Figure 13 : Zlabia préparée par nous-mêmes à la maison.

IV.2. Ingrédients utilisés pour la préparation de la zlabia

La préparation de la zlabia nécessite quelques ingrédients indispensables, il s'agit de la farine, semoule, levure boulangère, sel, colorant alimentaire, de l'eau, sirop de sucre et de l'huile végétale pour la friture.

IV.2.1. Farine et semoule

On distingue deux espèces de blé : le blé tendre et le blé dur. Ils se différencient par la friabilité de l'amande, qui est plus importante pour le blé tendre et permet sa transformation en farine, alors que pour le blé dur la transformation se fait en semoules (CALVEL, 1984).

IV.2.1.1. Farine

La farine est une poudre fine obtenue à partir des grains de blé ordinaire, *Triticum aestivum L.* ou blé ramifié, *Triticum compactum Host*, ou tous mélanges de ces derniers, par des procédés de mouture ou de broyage (CODEX ALIMENTARIUS, 1995). Le grain de blé est beaucoup plus riche en fibres que les autres céréales : 100 g de blé apporte 10 g de fibres (JULIANO 1994 ; SOUCI *et al.*, 1986). La farine du blé tendre (*Triticum aestivum*) est utilisée pour la panification, la pâtisserie, la biscuiterie. Elle est de ce fait panifiable (CALVEL, 1984).

✓ Propriétés physico-chimiques

La farine de blé tendre comme la semoule de blé dur, sont des composés complexes (Tableau II, tableau IV), comportant différents constituants (protéines, lipides, sucres,...) qui jouent un rôle direct ou indirect soit dans la structuration et l'aération de la pâte en panification soit dans la fabrication de différentes pâtes alimentaires (BENATALLAH - BENCHIKH EL FEGGOUN, 2009).

Tableau II : Composition biochimique de la farine (FEILLET, 2000).

Constituants	% matières sèche de la farine
Matières minérales	1,4_2,5
Lipides	2_3
Sucres libres	2_3
Cellulose	2_4
Pentosanes	8_10
Protéines	10_15
Amidon	67_71

Les différents types de farines sont déterminés d'après le taux de cendres. Plus le taux de cendres est faible plus la farine est pure et blanche (CALVEL, 1984). La farine blanche et la farine complète sont les principaux types de farine de blé :

- ✓ La farine blanche est raffinée. Cela signifie que le son et le germe rempli d'éléments nutritifs sont séparés du reste, perdant beaucoup d'éléments nutritifs sont retirés.

- ✓ Dans la production de la farine complète c'est le blé complet qui est utilisé. Ce type de farine a un taux d'extraction de 100 %, ce qui signifie que rien n'est retiré pendant la mouture (ANONYME 12, 1978).

Les types légaux de farine sont définis par leur teneur en matières minérales, qui rend plus ou moins bien compte des taux d'extraction et qui ne préjuge en rien de la qualité d'utilisation des farines, bien qu'un usage particulier soit assigné à chacun des types (FEILLET, 2000).

Tableau III : Types légaux de farine (FEILLET, 2000).

Type de farine	Cendre %(matière sèche).
0,45	< 0,5
0,55	0,5 _ 0,6
0,65	0,62 _ 0,75
0,8	0,75 – 0,9
1,1	1,00_ 1,2
1,5	1,40

IV.2.1.2. Semoule

La semoule de blé dur est un produit obtenu à partir des grains de blé dur (*Triticum durum*) par procédé de broyage, mais le son et une partie du germe sont préservés (CODEX ALIMENTARIUS, 1995). Le blé dur (*Triticum durum*) est utilisé pour le roulage de couscous, la fabrication de galette, de certains pains traditionnels et de pâtes alimentaires. Il est pastifiable et panifiable (CALVEL 1984).

La semoule est issue de l'albumen amylicé de grain de blé dur donc sa composition chimique (tableau IV) est étroitement liée à celle du blé dur.

Tableau IV : Composition biochimique en g pour 100 g de semoule (SOUCI *et al.*, 1994).

Constituants	g/100g
Lipides	0,79 – 3,8
Polysaccharides non amylicés	3,9
Protéines	9,56 – 12,6 3,9
Eau	13,1
Amidon	68,96 – 70,4

Les semoules sont de trois types : grosses, moyennes, fines, cependant la fourchette granulométrique de chaque classe diffère en fonction des pays et de la destination, elles sont classées en fonction de granulométrie comme indique tableau suivant (LADRAA, 2012).

Tableau V : Classification des semoules (LADRAA, 2012)

Classes	Ouverture du tamis (μm)
Grosses semoule	≥ 530
Moyenne semoules	250 à 530
Fines semoules	240 à 250

D'après GODON et WILLM (1991) ; FEILLET (2000), le germe du grain de blé est riche en lipides, protéines, vitamines et en éléments minéraux. Il représente environ 3% de la graine. Il est éliminé à la mouture pour éviter le rancissement et augmenter la durée de conservation.

IV.2.1.3. Levure biologique

C'est un champignon microscopique d'origine naturelle, elle peut vivre avec ou sans air. Les levures ont la capacité de produire de l'alcool et du gaz carbonique à partir d'un sucre, c'est ce que l'on appelle «la fermentation» (REVVY, 2012).

IV.2.1.4. Sel de table

Le sel de table (chlorure de sodium) est essentiel à la fabrication, il joue un rôle important à deux niveaux, d'une part il donne aux pâtes une plus grande fermeté et une meilleure élasticité de l'autre il en améliore le goût et favorise la coloration de la croûte et son croustillant (LANDGRAF, 2002).

IV.2.1.5. Eau

L'eau est la deuxième matière première du boulanger, elle permet de faire gonfler les grains d'amidon et aurait un rôle essentiel dans la formation du réseau glutineux, donc elle joue un rôle majeur dans la qualité plastique de la pâte (LANDGRAF, 2002).

IV.2.1.6. Colorant

La couleur est un élément essentiel dans notre perception des aliments. Les industries rajoutent des colorants a leurs produits alimentaires pour leur donner une apparence attirante et appétissante. Dans l'Union européenne (UE), les colorants sont les additifs avec la lettre E1, ils s'échelonnent entre E 100 et E 180. Les colorants peuvent être d'origine naturelle ou artificielle (LUCAS *et al.*, 2001).

IV.2.1.7. Sirop de sucre

C'est une préparation à base de saccharose et d'eau, il est utilisé en pâtisserie pour imbiber des gâteaux ou bien pour napper un gâteau (ANONYME 13, 2020). Le sirop de sucre est surtout utilisé dans la zlabia pour sa saveur sucrée et sa capacité à bien se mélanger avec cette dernière. Il est intéressant de noter qu'il peut aussi être utilisé à la place d'additifs pour sa conservation, Cela permet de répondre aux besoins des consommateurs qui demandent des produits sans additifs. Outre une meilleure stabilité, le sirop de sucre peut aussi améliorer la texture de la zlabia, empêcher la cristallisation et permettre d'obtenir la consistance et la brillance désirées (croustillante plutôt que moelleuse).

IV.3. Préparation de zlabia**IV.3.1. Mélange des ingrédients**

Mettre dans un récipient la farine, la semoule, une pincée de sel et la levure boulangère bien mélanger, ajouter de l'eau tiède et mélanger au bras mixeur jusqu'à l'obtention d'une pâte homogène.

Ajouter du colorant et mélanger, pour obtenir la couleur désirée, couvrir et laisser la pâte reposer 15minutes.

IV.3.2. Fermentation

Cette étape consiste à laisser lever la pâte par fermentation alcoolique qui a lieu grâce aux levures. Le temps de fermentation est de 20 minutes dans une température ambiante de 27°C.

IV.3.3. Cuisson

1. Faire chauffer l'huile, dans une poêle;
2. Verser la pâte dans un entonnoir à zlabia;
3. Formez des spirales (mouvement circulaire) avec la pâte préparée dans l'huile chaude;
4. Laisser cuire jusqu'à ce que la zlabia devient dorée ;
5. Égoutter la zlabia puis tremper là dans le sirop sucré (à température ambiante);
6. Déposer la zlabia dans une assiette et laisser refroidir avant de déguster ;

IV.3.4. Conservation

La zlabia peut être conservée 3 jours dans une boîte hermétique à l'abri de l'humidité à 4-6°C. Le Diagramme suivant dans la figure 14 démontre les différentes étapes de la préparation de la zlabia.

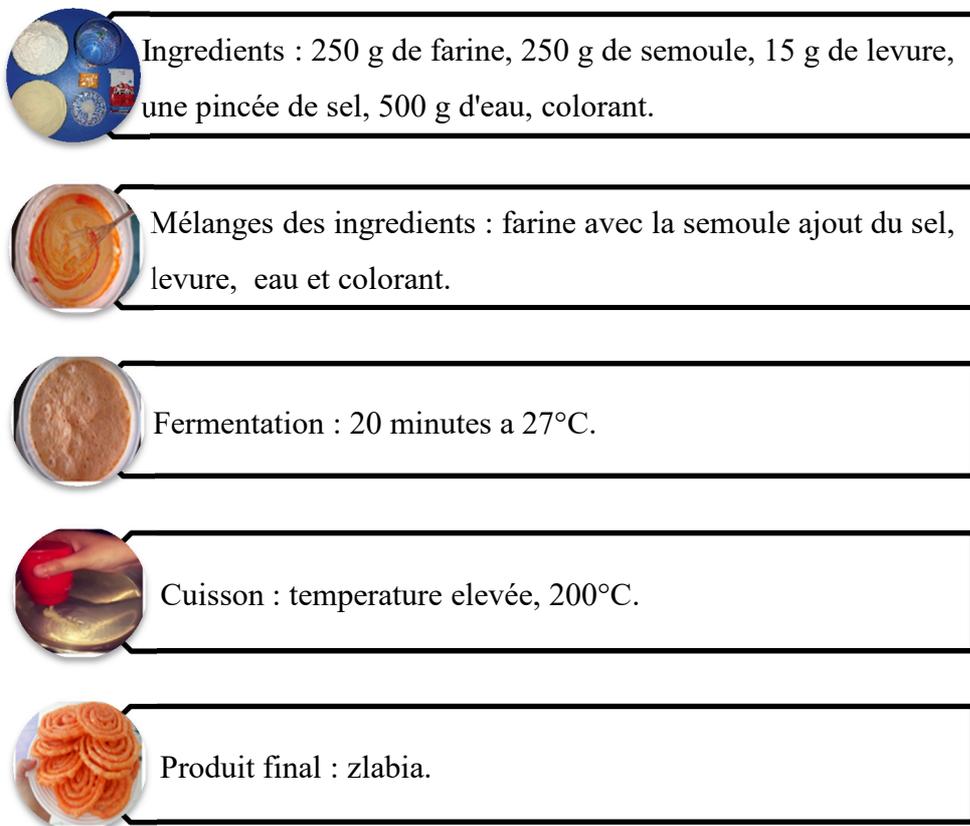


Figure 14 : Diagramme démontrant les différentes étapes de la préparation de la zlabia.

Conclusion

Conclusion

Conclusion

Les lipides constituent un groupe plus hétérogène que les glucides et les protéines. Ils sont constitués essentiellement de triglycérides et des constituants mineurs (phosphatides, cérides, insaponifiables, chlorophylles). L'oxydation des acides gras procède par un ensemble de réactions en chaîne auxquelles participent surtout les radicaux libres et elle se produit en trois étapes: initiation, propagation et terminaison. Ces réactions sont accélérées par plusieurs facteurs qui sont la nature des acides gras, la présence des métaux lourds.

L'oxydation des lipides dans les aliments pose de sérieux problèmes pour l'industrie agroalimentaire car elle entraîne des altérations qualitatives ; d'ordre organoleptique (rancissement, changement de couleur, odeurs désagréables), d'ordre nutritionnel (perte en vitamines, acides gras essentiels), voir même une toxicité et perte de la qualité marchande.

Un des moyens les plus efficaces pour retarder l'oxydation des lipides et prolonger donc la durée de conservation des denrées alimentaires riches en lipides, l'incorporation des antioxydants. Certaines études démontrent la toxicité des antioxydants synthétiques. Les industriels recherchent des alternatives plus sûres et s'orientent vers les antioxydants naturels, telles que les écorces de grenade qui sont des sources importantes de composés phénoliques qui suscitent actuellement un grand intérêt par leur impact sur la santé (réduction du risque cardio-vasculaire, du risque de cancer).

La zlabia est une confiserie traditionnelle, se situe entre la friandise et le gâteau, garnit inmanquablement les tables ramadanesques, l'incorporation de l'écorce de grenade dans cette confiserie préparé dans des huiles a températures élevées (qui sont exposer à des transformations chimiques) qui peuvent être toxique et nocive pour la santé, valorise la qualité organoleptiques et nutritionnelles de la zlabia.

Références bibliographiques

Références bibliographiques

A

1. ABDEL MOEIM A. (2012). Antioxidant activities of *Punica granatum* (pomegranate) peel extract on brain of rats. *Journal of medicinal plant research*. 6:195-199.
2. AFAQ F; SALEEM M; KRUEGER C; REED J; MUKHTAR H. (2005). Anthocyanin and hydrolyzable tannin-rich pomegranate fruit extract modulates MAPK and NF-kappa B pathways and inhibits skin tumorigenesis in mice. *International journal of cancer*. 113:423-33.
3. AGUILAR C; AGUILERA-CARBO A; ROBLEDO A; VENTURA J; BELMARES R; MARTINEZ D; RODRIGUEZ- HERRERA R; CONTRERAS J. (2008). Production of Antioxidant Nutraceuticals by Solid-State Cultures of Pomegranate (*Punica granatum*) Peel and Creosote Bush (*Larrea tridentata*) Leaves. *Food Technology and Biotechnology*. 46 (2):218-222.
4. ALLAM S ET EL-SAYED F. (2004). Fortification of fried potato chips with antioxidant vitamins to enhance their nutritional value and storageability. *Grasas y Aceites*. 55(4): 434-443.
5. ALUYOR E; ORI-JESU M. (2008). The use of antioxidants in vegetable oils. *African Journal of Biotechnology*. 7(25):4836-4842.
6. ANDERSON D. (2005). A primer on oils processing technology. Dans: *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. ESD SHAHIDI F; John W; ET SONS. Volume: 5: 1-56.
7. ANDREO A; DOVAL M; ROMERO A; JUDIS M. (2003). Influence of heating time and oxygen availability on lipid oxidation in meat emulsion. *Journal of lipid technology*. 105-207-213.
8. ANONYME 1. (2020). Analyse sanguine des triglycérides (Triglycémie). WWW.Doctissimo.Fr/html/sante/analyses/ana_lipidique05.htm. Consulté Le 10 juin 2020.
9. ANONYME2. (2017). Isoprène. WWW.Societechimiquedefrance.Fr/Isoprene.html. Consulté le 2/06/2020.
10. ANONYME 3. (2014). Le réfractomètre. WWW.Culturesciences.chimie.ens.Fr/content/le-refractometre-916. Publié Le 10/05/2004. Consulté le 10/06/2020.
11. ANONYME 4. (2018). Production mondiale stable en 2017/2018, hausse attendue en 2018/19. WWW.Fopoleopro.com/marche-mondial-des-oleagineux-juin-2018.
12. ANONYME5. (2017). Les aliments sources de lipides. WWW.Lanutrition.fr/bien-dans-sa-sante/les-complements-alimentaires/les-principaux-complements-alimentaires/les

Références bibliographiques

complements-correcteurs-de-l-alimentation/les-omega-3/les-lipides. Publié Le 07/01/2008.
Mis à jour Le 21/11/2017.

13. ANONYME 6. (2003). ANTIOXIDANTS/ synthetic Antioxidants. WWW.sciencedirect.com/science/article/pii/B012227055X000547.Publié en 2020. Consulté le 29/04/2020.
14. ANONYME 7. (2011). Sécurité des huiles et graisses. WWW.healthpr.belgium.be/sites/default/files/uploads/fields/fpshealth_theme_file/19067528/S%C3%A9curit%C3%A9%20des%20huiles%20et%20des%20graisses%20%28janvier%202011%29%20%28CS S%208310%29.pdf . Page 18. Publié le janvier 2011. Consulté en 2020.
15. ANONYME 8. (2020). ANTIOXYDANTS. WWW. topsante.com/nutrition-et-recettes/equilibre-alimentaire/antioxydants. Publié et consulté en 2020.
16. ANONYME 9. (2018). Vitamine E ou tocophérol WWW.doctissimo.fr/html/nutrition/vitamines_mineraux/vitamine_e.htm. Mis à jour le 25 septembre 2018.
17. ANONYME 10. (2020). WWW.wikipedia.org/wiki/Zlabia. ZLABIA. Publié le 23 juillet 2020.Consulté le 07/07/2020.
18. ANONYME 11. (2007). L'origine de zlabia-saveurs d'Algérie et d'ailleurs. WWW.Cuisinealgerienne.over-blog.com/article-11745916.html. Publié le 10 aout 2007. Consulté le 17/7/2020.
19. ANONYME 12. (1978). WWW.sante.lefigaro.fr/mieuxetre/nutrition-aliments/farines/quelles-sont-differents-types-farine. Farines. Quelles sont les différents types de farine. Le 6 janvier 1978. Consulté le 8/9/2020.
20. ANONYME 13. (2020). WWW.cuisineaz.com/recettes/sirop-de-glucose-maison-106577.aspx.Cuisineaz. Sirop de glucose maison. Publié le 18 avril 2020.consulté le 17/7/2020.
21. AYOUAZ S ; BENMAMAS F. (2017). Etude de la viscosité de quelques produits de CEVITAL. Mémoire de Master en Sciences Alimentaires. Université Abderrahmane Mira. Bejaïa. 5-7.
22. AUGUSTIN M. ET BERRY S. (1983). Efficacy of the antioxidants BHA and BHT in palm oleinduringheating and frying. Journal American of OilChemists Society. 60(8) : 1520-1523.

B

23. BARATHIKANNAN K. (2016). Chemical analysis of *Punica granatum* fruit peel and it's in vitro and in vivo biological properties. Bulk moulding compound.complementarymedecine and thérapies. 16:264.

Références bibliographiques

24. BELITZ H; GROSCH W; ET SCHIEBERLE P. (2004). Lipids. In: Food chemistry 3rd revised edition. Springer-Verlag.Berlin. 157-244.
25. BENATALLAH - BENCHIKH EL FEGGOUN L. (2009). Couscous et pain sans gluten pour malades cœliaques : aptitude technologique de formules à base de riz et de légumes secs. Thèse doctorale, Université Mentouri de Constantine.28
26. BIRBEN E; SAHINER U; SACKESEN C; ERZURUM S; KALAYCI O. (2012). Oxidative stress and antioxidant defense. World allergy organization journal. 5(1):9-19.
27. BOHM B. (1998).Introduction to flavonoids. Amsterdam: harwood academic publisher.
28. BOUDERLIQUE J; MANN G; ET AIGNAN D. (1998). Nutrition humaine et industrie agroalimentaire. Techniques de l'ingénieur: 1080:17.
29. BRAVO L. (1998). Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance Nutrition Reviews. 56:317-333.

C

30. CALIN S; ET CARBONELI B. (2005). La grenade cultivées en Espagne Punicalagine anti-oxydante du jus de grenade et de l'extrait de grenade dans les l'alimentfonctionnelle du fruit. Livre. Natural ontioxydantgranatum, université Miguel Hernandez (ElectronicDifferential System). Murcia Espagne. 77.
31. CALVEL R. (1984). La boulangerie moderne. Paris Editions eyrolles.10 ème édition. 460.
32. CHEN Z *et al.* (2006). Adaptive response induced by lipid peroxidation products in cell cultures.580:479-483.
33. CHEYNIER V; FULCRANDH., SARNI P; MOUTOUNET M. (1997).Application des techniques analytiques à l'étude des composés phénoliques et de leurs réactions au cours leur vinification. In vino Analytica Scientia. Analysis. 25:14-44.
34. CHIOU A; SALTA F; KALOGEROPOULOS A; NTALLA I ET ANDRIKOPOULOS N. (2007). Retention and distribution of polyphenolsafter pan-frying of French fries in oilsenrichedwith olive leafextract. Journal of Food Science. 72(8):574-584.
35. CLIFFORD M; SCALBERT A. (2000). Review: ellagitannins—nature, occurrence and dietary burden. 80(11) :18-25.
36. CODEX ALIMENTARIUS. (1995). NORME CODEX POUR LA SEMOUL ET LA FARINE DE BLÉ DUR. CODEX STAN 178-1991 (Rév. 1-1995), Céréales, légumes secs, légumineuses et matières protéiques végétales. 65.
37. CUVELIER C; CABARAUX J; DUFRASNE I; HORNICK J ; ISTASSE L. (2004). Acides gras : nomenclature et sources alimentaires. Université de Liège Belgique. 133-140.

D

38. DALLEMAGNE G. (2003). Fluides hydrauliques méthodes d'analyses. Transmission de puissance hydraulique et pneumatique. Techniques de l'ingénieur.
39. DIJKSTRA A; SEGERS J. (2007). Production and refining of oils and fats. Dans: The Lipid Handbook. Third Edition. Eds HARWOOD J; GUNSTONE F; DIJKSTRA A. 143-262.
40. DIKMEN M; OZTURK N; OZTURKAN Y. (2011). Pomegranate peel and peel extracts: Chemistry and food features. Pomegranate peel phytochemistry. Food Chemistry. 174: 417-425.
41. DUTHIE G; DUTHIE S; KYLE J. (2000). Plant polyphenols in cancer and heart disease: implications as nutritional antioxidants. Nutrition Research Reviews. 13:79-106.

E

42. EL GHARRAS H. (2009). Polyphenols: food sources, properties and applications-a review. International journal of food and technology. 44 (12):2512-2518.
43. EL-HADARY A; ET TAHA M. (2020). Pomegranate peel methanolic-extract improves the shelf-life of edible-oils under accelerated oxidation conditions. Food science and nutrition. 8:1798-1811.
44. ESPIARD E. (2002). Introduction à la transformation industrielle des fruits. Paris. France. 181-182.
45. EYMARD S. (2003). Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse doctoral, école polytechnique de l'université de Nantes, France. 33-217.

F

46. FABRE G; BAYACH I; BERKA k; PALONCYOVA M; STAROK M; ROSSI C *et al.* (2015). Synergism of antioxidant action of vitamins E, C and quercetin is related to formation of molecular associations in biomembranes. 51 (36):7713-6.
47. FEILLET P. (2000). Le grain de blé, composition et utilisation. Institut national de la recherche agronomique. Paris .24-37-308.
48. FRANKEL E. (1998). Antioxidants in lipids and their impact on the food quality. 1996. Food chemistry. (57):51-55.
49. FREMONT L. (2000). Biological effects of resveratrol. Life Sciences. 66(8):P663-673.

Références bibliographiques

50. FRENOT M; ET VIERLING E. (1997). Biochimie des aliments. Diététique du sujet bien portant. Ed : Doin.

G

51. GARACHH D; PATELA;CHAKRABORTY M; KAMATH JAGDISH V. (2012). Aperçu de profile phytochimique et pharmacologique de *Punica granatum*. Article de synthèse, Journal international de recherche en pharmacie. International Standard Serial Number. 2230-8407.
52. GENOT C. (2000). Congélation et qualité de la viande. Techniques et pratiques. Editions. Paris.
53. GIL (2000). Antioxidant capacity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48 (10): 4581-4589.
54. GIL M ; TOMAS-BARBERAN F ; HESS-PIERCE B ; HOLCROFT D ; KADER A. (2000). Antioxidant capacity of pomegranate juice and its relationship with phenolic composition and processing. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 48 (10): 4581-4589.
55. GODON B; WILLM C. (1991). Les industries de première transformation des céréales. Technique et Documentation, Lavoisier. Paris. 679.
56. GORDON M. ET KOURKIMSKA L. (2006). The effects of antioxidants on change in oils during heating and deep frying. Journal of the Science of Food and Agriculture. 68(3): 374-353.
57. GORNAY J. (2006). Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras, application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse doctorale, Institut national polytechnique de lorraine. 9-12.
58. GUILLAND J. (1995). Les sources alimentaires. Lavoisier.
59. GUILLAND J. (2013). Vitamines dans la pratique médicale de tous les jours.
60. GULCIN I. (2011). Antioxidant activity of food constituents: an overview. 1-50.
61. GULLON P. (2020). Pomegranate Peel as Suitable Source of High-Added Value Bioactives: Tailored Functionalized Meat Products. 25: 2859.

H

62. HAIDARIM; ALIM; CASSCELL S; MADJID M. (2009). Pomegranate (*Punica granatum*) purified polyphenol extract inhibits influenza virus and has asynergistic effect with oseltamivir. *Phytomedicine*.16:1127-1136.
63. HAMILTON R. (1994). In *Rancidity infoocis'* 3rd edn, ed. Allen J & Hamilton R Chapman & Hall. London. 1-22.
64. HAMILTON R; KALU C; PRISK E; PADLEYB F; PIERCEB H. (1997).Chemistry of free radicals in lipids. *Food chemistry*. 193-199.
65. HELLWING M; MORS EL J; TULSNER M. (1990).FonschrittsberichL Lipoxygenasen – ihre Bedeutung in der Lipidchemie. *Nigeria Weekly Law Reports*. 34 (5):449-463.
66. HELME J; CHAZON J; PERRIN J. (1990). Les antioxydants, In : « Actifs et additifs en cosmétologie ». *Technique ET documentation*.
67. HENNEN G. (2006).*Biochimie*. Édition : Dunod, Paris. P135.
68. HOFFMANN L. (2003). Etude du métabolisme des phénylpropanoïdes; analyse de l'interaction de la caféoyl-coenzyme A 3-O-méthyltransférase (CCOAOMT) avec son substrat et caractérisation fonctionnelle d'une nouvelle acyltransférase, l'HydroxyCinnamoyl-CoA : 85 shikimate/quinatehydroxycinnamoyl Transférase (HCT). *Biologie cellulaire*. Université Louis Pasteur - Strasbourg I. Français.
69. HOWLETT N; AVERY S. (1997). Induction of lipid peroxidation during heavy metal stress in *Saccharomyces cerevisiae* and influence of plasma membrane fatty acid unsaturation.63: 2971-2976.
70. HSIEH R; ET KINSELLA J. (1989).Oxidation of polyunsaturated fatty acids: mechanisms, products, and inhibition with emphasis on fish. *Advances in Food and Nutrition Research*.33:233-341.
71. HULTIN H; SHAHIDI F; BOTTA J. (1994). Oxidation of lipids: seafood's chemistry. *Processing technology and quality*. New York. 49-74.

I

72. IBRAHIM M. (2010). Efficiency of pomegranate peel extract as antimicrobial, antioxidant and protective agents. 6:338-344
73. IRITI M; FAORO F. (2009). Bioactivity of grape chemicals for human health. *Natural Product Communications*. 4(5):611-634.

J

74. JAMIL S; DUFOUR J; DEFFENSE E. (1998). Method of degumming a fatty substance and fatty body so obtained. Paris. European Patent office. 703,960:1-7.
75. JOSEPHON D; ET LINDSAY R. (1986). Enzymic Generation of Volatile Aroma Compounds from Fresh. Biogeneration of Aromas.201-219.
76. JULIANO B. (1994). Le riz dans la nutrition humaine. Collection food and agriculture organization : Alimentation et nutrition. Institut International de Recherche sur le Riz. Rome .26:180.

K

77. KALOGIANNI E P; KARASTOGIANNIDOU C; ET KARAPANTSIOS T. (2009). Effect of the presence and absence of potatoes underrepeated frying conditions on the composition of palm oil. Journal American OilChemists Society.86:561-571.
78. KAMAL-ELDIN A; ET APPELQVIST L. (1996).The chemistry and antioxidant properties of tocopherons and tocotrienols. Lipids.19:671-701.
79. KARLESKIND A. (1992). Propriétés des corps gras : Manuel des corps gras.Lavoisier. Paris. 2-85206-662-9:12-131.
80. KARLESKIND A. (1996). Oils and fats manual .Ed. Lavoisier Technique et documentation. Paris. Vol. 1.
81. KARTIKA. (2005). Nouveau procédé de fractionnement des graines de tournesol : Expression et extraction en extrudeur bi-vis, purification par ultrafiltration de l'huile de tournesol. Thèse de Docteur Sciences des Agro ressources de l'Institut National Polytechnique de Toulouse.
82. KE P; Ackman R; Linke B; and Nash D. (1977). Differential lipid oxidation in various part of frozen mackerel. Journal of Food Technology. 12:37-47.
83. KENNAS A; and AMELLAL-CHIBANE H. (2019). Comparison of five solvents in the extraction of phenolicantioxidantsfrompomegranate (*Punica granatum L*)peel.The NorthAfrican Journal of Food and Nutrition Research. 03(05): 140-147.
84. KENNAS A; AMELLAL-CHIBANE H; KESSAL F. and HALLADJ F. (2020). Effect of pomegranatepeel and honey fortification on physicochemical, physical, microbiological and antioxidantproperties of yoghurtpowder. Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences. 19: 99-108.

Références bibliographiques

85. KIM H; SON K; CHANG H; ET KANG S. (2004). Anti-inflammatory plant flavonoids and cellular action mechanisms. *Journal of pharmacological sciences*. 96(3):229-245.
86. KING A; ET YOUNG G. (1999). Characteristics and occurrence of phenolic phytochemicals. *Journal of the American Dietetic Association*. 99:213–218.
87. KRIS-ETHERTON P; HECKER K; BONANOME A; COVAL S; BINKOSKI A; HILPERT A; GRIEL A; Etherton T. (2002) . Bioactive compounds in foods: their role in the prevention of cardiovascular disease and cancer. 113:71-88.

L

88. LADRAA N. (2012). Aptitude à la panification de quelques variétés de blé dur algérien. Mémoire de magister en amélioration des productions végétales et ressources génétiques. Ecole nationale supérieure d'agronomie El-Harrach Alger. 19.
89. LANSKY E; ETNEWMAN R. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer .109:177-206.
90. LE GRUSSE; WATIER B. (1993). Les vitamines : données biochimiques, nutritionnelles et cliniques. Collection « Produits Roche ». Édition Tikanis-Iméra.
91. LEGRAND G. (2015). Contribution à la caractérisation du métabolisme des acides chlorogéniques chez la chicorée : approches biochimique et moléculaire. Lille 1.
92. LION P. (1955). Travaux pratiques de chimie organique. Ed. Dunod. Paris.
93. LOCHAB B; SHUKLA S; VARMA I. (2014). Naturally occurring phenolic source: monomers and polymers.4 (42):21712-21752.
94. LOVE R. (1980). *The Chemical Biology of Fishes*. Academic Press London. Vol.2: 1968-1977.
95. LUCAS C; HALLAGAN J; TAYLOR S. (2001). The role of natural color additives in food allergy. 43:43-51.
96. LANSKY E; EPHRAIM P; NEWMAN R. (2007). *Punica granatum* (pomegranate) and its potential for prevention and treatment of inflammation and cancer. *Journal of ethnopharmacology*. Vol 109: NO 2: 206.

M

97. MADHAVI D; DESHPANDE S; SALUNKHE D. (1996). Food antioxidants: technological, Polyphenols: toxicological, and health perspectives. Central Food Technological Research Institute. India. P65-98.

Références bibliographiques

98. MARC F; DAVIN A; DEGLÈNE-BENBRAHIM L; FERRAND C; BACCAUNAUD M. ET FRITSCH P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *Médecine Sciences*. 20 (4):P458-463.
99. MC CLEMENTS D; DECKER E. (2000). Lipid oxidation in oil-in-emulsions: impact of molecular environment on chemical reactions in heterogenous food systems. *Journal of Food Science*. 65(8):P1270-1282.
100. MERKEN H; ET BEECHER G. (2000). Measurement of food flavonoids by high-performance liquid chromatography: a review. *Journal of Agriculture and food chemistry*.48 :577-599.
101. MIRDEHGHAN S; RAHEMI M. (2006). Seasonal changes of mineral nutrients and phenolics in pomegranate (*punica granatum L*). fruit. *Scientahorticulturae*.111: 120-127.
102. MOGHADDAM G; *et al.* (2014).Anti-Ulcerative Potential of Punica granatum L (*Lythraceae*) Hydroalcohol Fruit Peel Extract. Pharmacotherapy Group, Faculty of Pharmacy. University of Benin. *Tropical Journal of Pharmaceutical Research*.13:1093-1097.
103. MOHTADJI- LAMBALLAIS C. (1989). Les aliments. Ed. Maloine. Paris. 94-102.
104. MORELLE J; ISRAEL L. (2003). Livre de L'oxydation des aliments et la santé.Prévention des dangers de l'agression oxydative alimentaire par le bon usage des fruits et des légumes. France.51-67.
105. MOZURAITYTE R; RUSTAD T; STORRO I. (2008). The role of iron in peroxidation of polyunsaturated fatty acids in liposomes. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. (56):537-543.

N

106. NELSON M ET COX M. (2008). Principles of biochemistry. New York.ISBN-139: 78-0-7167-710.343-349.

O

107. OLLÉ M. (2002). Analyse des corps gras. Technique de l'ingénieur. F 3325 :3-15.

P

108. PELLI K; ET LYLTY M. (2003). Les antioxydants dans l'alimentation. Institut national de la recherche agronomique. Paris. France. 17.
109. PEREIRA E; PNEK A; ELEUTHERIO E. (2003). Protection against oxidation during dehydration of yeast. *Cell Stress Chaperone*. 120-124.

Références bibliographiques

110. PIETTA P; MINOGGIO M; ET BRAMATI L. (2003). Plant polyphenols: structure, occurrence and bioactivity. *Studies in Natural Products Chemistry*. 28:257-312.
111. PINCEMAIL J; DEFRAIGNE J; MEURISSE M; LIMET R. (1998). Antioxydants et prévention des maladies cardiovasculaires 2ème parties : La vitamine E. *Medi-Sphere*. 90:7-11.
112. POKORNÝ J. (2003). Problèmes de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In : *Lipides et corps gras alimentaires*.
113. POKORNY J; YANISHLIEVA N; GORDON M. (2001). *Antioxidants in food*. Woodhead Publishing Limited. 9-50.
114. PRAKASH C; PRAKASH I. (2011). Bioactive chemical constituents from pomegranate (*Punica granatum*) juice, seed. A review.

R

115. RAHMANI M. (2007). Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides. Institut agronomique et vétérinaire Hassan II. Maroc. 18-21.
116. RAISONNIER A. (2003). *Lipides et lipoprotéines*. Université Pierre et Marie Curie. 12.
117. RAO S; SIREESHA K; YERRAMILI A; SADANANDAM M. (2011). Free Radicals and Tissue Damage: Role of Antioxidants. 6.
118. REVY R. (2012). Levures biologiques alimentaires et poudres levantes. 4600:1-16.
119. RICE-EVANS C; MILLER N; PAGANGA G. (1996). Structure antioxidant activity relationships of flavonoids and phenolic acid. *Free Radical Biology and Medicine*. 20(7): 933-986.
120. ROCK C. (1997). Carotenoids: biology and treatment. 75:185-197.
121. ROY M; KIREMIDJIAN-SCHUMACHER L; WISHE H; COHEN M; ET STOTZKY G. (1994). Supplementation with selenium and human immune cell functions: I. Effect on lymphocyte proliferation and interleukin to receptor expression. *Biological Trace Element Research*. 46(1- 2):183-183.

S

122. SCHER J. (1998). Rhéologie, texture et texturation des produits alimentaires. *Techniques de l'ingénieur*. F 3300:16.
123. SCHMIDT S; ET POKORONY J. (2005). Potentiel application of oilseeds as sources of antioxidants for food lipids- a review. *Journal of Food Science*. 23:93-102.

Références bibliographiques

124. SCHWARTZBERG H. (1997). Expression of fluid from biological solids. *Separation and Purification Reviews*. 26: P1-213.
125. SEERAM N; ADAMS L; HENNING S; NIU Y ; ZHANG Y; NAIR M; HEBER D. (2005). In vitro antiproliferative, apoptotic and antioxidant activities of punicalagin, ellagic acid and a total pomegranate tannin extract are enhanced in combination with other polyphenols as found in pomegranate juice. *16:360-7*.
126. SHAHIDI F; JANITHA P; WANASUNDARA P. (1992). Phenolic antioxidants. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 67.
127. SHAHIDI F; MCDONALD J; CHANDRASEKARA A; ET ZHONG Y. (2008). phytochemicals of foods, beverages and fruit vinegars : chemistry and health effects. *Journal of Clinical nutrition*. 17 (S1): 380-382.
128. SHERWIN E. (1978). Oxidation and antioxidants in fat and oil processing. *Journal of the American Oil Chemists Society*. 55:809-814.
129. SIRET C. (2002). Les composants chimiques des produits alimentaires. *Technique de l'ingénieur*. F 1010:1-19.
130. SONNTAG N. (1979). Structure and composition of fats and oils. In: Swern D. Ed. *Bailey's industrial oil and fat products*. Fourth Edition. Wiley-Interscience: New-York. Vol. 1:1-98.
131. SOUCI S; FACHMANN W; ET KRAUT H. (1986). La composition des aliments. *Tableaux des valeurs nutritives* Med pharm scientific publishers. Stuttgart. 5 ème édition. 1091.
132. STRYER L., BERG J., TYMOCZKO J. (2003). *Biochimie*. Paris. 2-257-17116-0 : 323.
133. SUN A; SIMONYI A; SUN G. (2002). The « French Paradox » and beyond: neuroprotective effects of polyphenols. *Free Radical Biology and Medicine*. 32(4):314-318.
134. SYOBODOVA A; PSOTOVA J; and WALTEROVA D. (2003). Natural phenolics in the prevention of UV-induced skin damage. *Biomedical Papers*. 147(2):137-145.

T

135. THAKUR N; BHAT M; RANA N; JOSHI V. (2010). Standardization of pretreatments for the preparation of dried arils from wild pomegranate. *47: 620-625*.
136. THÉRON P. (2003). Le sélénium : Un oligo-élément essentiel pour la santé humaine. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*. 38 (4):250-256.

Références bibliographiques

137. TOMAINO A; CIMINO F; ZIMBALATTI V; VENUTI V; SULFARO V; DEPASQUALE A; SAIJA A. (2005). Influence of heating on antioxidant activity and the chemical composition of some spice essential oils. *Food chemistry*. 549-554.

V

138. VIUDA –MARTOS M; FERNANDEZ-LOPEZ J *et al* (2010). Pomegranate and its many functional components as related to human health: A review. *Comprehensive reviews in food sciences and food safety*. 9: 635-654.

W

139. WALD E. (2009). Le grenadier *Punicagranatum*, plante historique et évolutions thérapeutiques récentes. Thèse doctorale en Pharmacie. Université Henri Poincaré. Nancy1.
140. WANASUNDARA P; ET SHAHIDI F. (2005). Antioxidants: Science Technology and Applications. *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. Sixth Edition. Edited by Fereidoon Shahidi. John Wiley & Sons, Inc. Six Volume Set.
141. WARNER K; ET MOSER J. (2009). Frying stability of purified mid-oleic sunflower oil triacylglycerols with added pure tocopherols and tocopherol mixtures. *Journal American of Oil Chemists Society*. 86: 1199-1207.

X

142. XAVIER P. (2008). Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). F 6070. *Techniques de l'ingénieur*. 2.

Y

143. YOSHIZAWA K; WILLETT W; MORRIS S; STAMPFER M; SPIEGELMAN D; RIMM E; AND GIOVANNUCCI E. (1999). Study of Prodiagnostic Selenium Level in Toenails and the Risk of Advanced Prostate Cancer. *The Journal of Urology*. 1388.
144. YU M; HORNG I; HSU K; CHIANG Y; LIAW Y; AND CHEN C. (1999). Plasma Selenium Levels and Risk of Hepatocellular Carcinoma among Men with Chronic Hepatitis Virus Infection. *American Journal of Epidemiology*. 150(4):367-374.

Résumé

L'oxydation des lipides peut avoir un effet dégradant sur les aliments, prévenir ce problème peut être effectuée par l'ajout d'antioxydants. Cette recherche vise en premier lieu à évaluer la faisabilité de l'incorporation de l'écorce de grenade *Punica Granatum L.* dans une préparation traditionnelle de type Zlabia. Cette revue bibliographique nous a permis de mieux comprendre les mécanismes d'oxydation des lipides et les différentes molécules utilisées en industrie pour limiter ce type d'altération. En outre, notre travail de recherche bibliographique nous a permis aussi de proposer un sous-produit agro-industriel, qui est l'écorce de grenade, comme étant une source potentielle d'antioxydants qui peuvent stabiliser l'huile utilisée pour la préparation d'une confiserie traditionnelle.

Mots clés

L'écorce de grenade, zlabia, huile de friture, antioxydants.

Abstract

The oxidation of lipids can have a degrading effect on foods, preventing this problem can be done by adding antioxidants. The primary objective of this research is to assess the feasibility addition of pomegranate peel powder *Punica Granatum L.* into a traditional Zlabia-type preparation. This literature review allowed us to better understand the mechanisms of lipid oxidation and the different molecules used in industry to limit this type of deterioration. In addition, our bibliographic research has also enabled us to propose an agro-industrial by-product, which is pomegranate peel, as a potential source of antioxidants that could stabilize the frying used for the preparation of a traditional confectionery.

Keywords

Pomegranate peel, zlabia, frying oil, antioxidants.

ملخص

يمكن أن يكون لأكسدة الدهون تأثير مهين على الأطعمة، ويمكن منع هذه المشكلة عن طريق إضافة مضادات الأكسدة. الهدف الأساسي من هذا البحث هو تقييم جدوى دمج قشر الرمان *Punica Ganatum L.* في مستحضر تقليدي من نوع الزلابية. سمحت لنا مراجعة الأدبيات هذه بفهم أفضل لآليات أكسدة الدهون والجزيئات المختلفة المستخدمة للحد من هذا النوع من التدهور. بالإضافة إلى ذلك، مكنتنا أبحاثنا البيولوجرافية أيضاً من اقتراح منتج ثانوي للصناعة الزراعية، وهو قشر الرمان، كمصدر محتمل لمضادات الأكسدة التي يمكن أن تثبت الزيت المستخدم في تحضير حلويات تقليدية.

كلمات دلالية

زيت القلي، مضادات الأكسدة، قشر الرمان، الزلابية.