

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université A. MIRA-Béjaïa
Faculté de Sciences Technologie
Département de Génie des procédés

Mémoire de fin de cycle

En vu de l'obtention du diplôme
MASTER en Génie Alimentaire

Thème :

**Effet de la torréfaction sur le pouvoir antioxydant des
graines de sésame**

Présentée par :

ZIDANE Imene
MOKHNACHE Tinhinane

Soutenu le : 29/09/2020 Devant le Jury composé de :

Nom et Prénom

Mme Chibani Nacera
Mme Boulekbache-Makhlouf Lila
Mme Khaled Khodja Nabyla
Mme Belkhiri Wassila

Grades

Maitre de conférences B
Professeur
Maitre de conférences B
Maitre assistante B

Univ. de Bejaïa
Univ. de Bejaïa
Univ. de Tizi Ouzou
Univ. de Bejaïa

**Président
Encadreur
Co-Encadreur
Examineur**

Remerciements

Avant de commencer la rédaction de ce travail, nous tenons à remercier le bon Dieu, de nous avoir donné santé, courage et attention tout au long de ce modeste travail.

*Nous tenons à remercier **M^{me}** BOULKEBACHE Lila pour avoir accepté de nous encadrer. Nous remercions vivement **M^{me}** KHALED KHODJA Nabyla notre Co-encadreur pour sa disponibilité et son aide durant toute la période du travail.*

Nos sincères remerciements vont aussi aux membres du jury d'avoir accepté d'évaluer notre travail et de l'enrichir par leurs propositions.

Nos parents, nos amis, pour leurs soutiens constants et leurs encouragements.

*D*édicaces

Avec toute mon affection je dédie ce travail à :

Mes très chère parents, symboles de courage et de volonté, qui ont consacré et sacrifié leurs vie pour mon bien être

Ma chère grande mère

Mes sœurs et mon frère

Mon binôme Tinhinane

Notre promotrice Nabyla Khaled Khodja celle qui nous a accompagnés tout au long de la préparation de ce travail avec sa compréhension et son sérieux

Mes chères amies

Toute la promotion de Génie Alimentaire

*D*édicaces

Avec toute mon affection je dédie ce travail à :

Mon père et ma mère qui sont un symbole de courage et du sacrifice

Ma sœur (touderth) a le soutien le plus

Fort de ma vie et bien sur son mari(Rahim)

Mes frères (idir et amazigh) et ma deuxième petite sœur (nadjet)

Mon binôme Imene

*Notre promotrice Nabyla Khaled Khodja celle qui nous a
accompagnés tout au long de la préparation de ce travail avec sa
compréhension et son sérieux*

Toute la famille Mokhnache

Toute mes amies et ma chère voisine (zouina)

Toute ma promotion de Génie Alimentaire

Sommaire

Liste des tableaux

Liste des figures

Liste des abréviations

Introduction générale 1

Synthèse bibliographique

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

I. Présentation de la plante *Sesamum indicum* L. 3

I.1 Origine et répartition géographique 3

I.2 Répartition géographique 3

I.3 Production mondiale 4

I.4 Systématique 5

I.5 Description botanique 6

I.6 Composition biochimique 6

I.7 Utilisations alimentaires 7

I.8 Torréfaction des graines 8

Chapitre II : Généralités sur les antioxydants et l'activité antioxydante de sésame

II. L'activité antioxydante 10

II.1 Les antioxydants 10

II.1.1 Définition 10

II.1.2 Classification des antioxydants 10

II.1.2.1 Les antioxydants naturels 10

A. Les antioxydantes enzymatiques 10

B. Les antioxydants non enzymatiques 11

II.1.2.2 Les polyphénols 14

II.1.2.2.1. Classification des polyphénols 14

II.1.2.2.1. 1. Polyphénols simple 14

II.1.2.2.1. 2. Polyphénols complexes (tanins) 16

II.1.2.2.2 Les polyphénols des graines de sésame 16

II.1.2.2.3 Propriétés biologiques des composés phénoliques 16

II.1.2.2.4 Rôle et intérêt des composés phénoliques 17

II.1.2.2.4.1. Chez les plantes 17

II.1.2.2.3.2 Chez les humains	17
II.1.2.3 Les antioxydants synthétiques.....	18
II.2 Généralités sur l'activité antioxydante	18
II.2.1 Les espèces réactives de l'oxygène (ERO).....	18
II.2.1.1 Origine des ERO.....	19
a. Apport endogène	19
b. Apport exogène.....	20
II.2.2 Le stress oxydant	21
II.2.3 Mesure de l'activité antioxydante	21
II.2.3 1 Réduction de fer par test de FRAP :	21
II.2.3 2 Piègeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH) :	22
II.2.3 3 Piègeage du peroxyde d'hydrogène.....	22
II.2.3 4 Blanchissements de β -carotène	22
II.2 4 Activité antioxydante des graines de sésame	23
Chapitre III: Analyse d'articles sur les antioxydants et l'activité antioxydante de sésame	
I. Les antioxydants de sésame torréfié et non torréfié.....	24
I.1 Les polyphénols totaux et les flavonoïdes	24
I.2 Les acides phénoliques	24
I.3 Les caroténoïdes	25
II. L'Activité antioxydante de sésame torréfié et non torréfié.....	26
II.1 Pouvoir antiradicalaire.....	26
II.2 Pouvoir réducteur	27
Conclusion générale.....	28
Références bibliographique	

Liste des tableaux

Tableau	Titre	Page
1	Systematique du sésame	5
2	Composition biochimique des graines de sésame	7

Liste des figures

Figure	Titre	Page
1	Carte de répartition du sésame (<i>Sesamum indicum</i> L.) dans le monde	4
2	plante, fruits et graines de sésame	6
3	Structures chimiques des antioxydants naturels	14
4	Origine des espèces réactives de l'oxygène. Les quatre étapes de la réduction de l'oxygène et la formation des intermédiaires partiellement réduits sont détaillées	20
5	Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)-TPTZ et un antioxydant (AH)	22
6	Réaction entre le DPPH [•] et le composé antioxydant pour former le DPPH	22

Liste des abréviations

EOA : Espèces oxygénées activées

ERO : Espèce Réactive de l'Oxygène

H₂O₂ : Eau Oxygénée ou peroxyde d'hydrogène

FAO : Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture

SOD : Superoxydes dismutases

FRAP : Pouvoir antioxydant réducteur du fer

Fe²⁺ : Ion ferreux

Fe³⁺ : Ion ferrique

DPPH: 2,2'-diphényle-1-picrylhydrazyl

O₂^{•-} : Anion superoxyde

OH[•] : Radical hydroxyle

GPx : Glutathion peroxydase

GSH : Glutathion réduit

GSSG : Glutathion oxydé

ROO[•] : Radicaux peroxydes

IC₅₀ : Concentration inhibitrice à 50%

Introduction

Introduction

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une ancienne culture oléagineuse, il est cultivé principalement dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud (Weiss, 2000 ; Stevens, 2011), avait une place très importante dans l'alimentation humaine. Ce produit a été utilisé comme constituant essentiel dans différentes recettes (Xu *et al.*, 2005). Il est appelé «sésame» au niveau international, alors qu'il est appelé «graine de benni» en Afrique de l'Ouest; «simsem» en Afrique de l'Est et «Till» en Inde (Das et Bhattacharjee, 2015), il est généralement appelé «ridi» dans les États du Nord. *Sesamum indicum* L. est l'une des plus importantes cultures d'oléagineux au monde, avec une teneur élevée en antioxydant connu pour la santé humaine (Abou-Gharbia et Shahidi, 1997). Des études ont révélé le potentiel du sésame en tant que source de divers types de phyto-nutriments hydrophiles avec des propriétés biologiques, principalement des polyphénols qui sont reconnus comme antioxydant naturel (Das et Bhattacharjee, 2015).

L'oxydation est l'un des processus les plus producteurs des radicaux libres dans les aliments et les tissus vivants. Ces radicaux causent des dégradations majeures dans les macromolécules et l'acide nucléique (Bubonja-Sonje *et al.*, 2011). Les antioxydants constituent une famille de substances susceptibles de neutraliser ces radicaux libres et prévenir ainsi la survenue des maladies associées au stress oxydant. Parmi les antioxydants naturels les plus connus les composés phénoliques (Kulawik *et al.*, 2013). Les composés phénoliques d'origine végétale prennent de plus en plus un grand intérêt vu leurs effets fonctionnels et alimentaires bénéfiques. Outre le prolongement de conservation des denrées alimentaires, ces composés éteignent les effets des radicaux libres et protègent ainsi le corps humain contre leurs dommages (Cicerale *et al.*, 2009). Habituellement, l'activité antioxydante est évaluée par la capacité des antioxydants à retarder au maximum l'oxydation (Merouane *et al.*, 2014). De nombreuses méthodes différentes sont appropriées pour évaluer l'activité antioxydante d'une substance et dans la plupart des cas, il est nécessaire d'utiliser plusieurs tests pour obtenir une bonne fiabilité (Fukumoto et Mazza, 2000 ; Roginsky et Lissi, 2005).

Il est bien connu que l'huile de sésame est très résistante à la détérioration oxydative (Nagata *et al.*, 1987 ; Halliwell, 1997). Sa remarquable stabilité est due à la présence d'une grande quantité d'antioxydants endogènes tels que les polyphénols, le sésaminol et le sésamol (Fukuda et Namki, 1988 ; Abou-Gharbia *et al.*, 2000). L'huile de sésame préparée à partir

de graines de sésame grillées a une saveur particulière et une durée de conservation plus longue (**Yoshida et Takagi, 1997**).

Le processus de torréfaction est l'étape clé de la fabrication des sous-produits des graines de sésame tel que l'huile de sésame, car il influe sur la couleur, la composition et la qualité des sous-produits. Les facteurs antioxydants responsables de la stabilité des graines de sésame torréfiées sont fortement influencés par les conditions du processus de torréfaction. C'est pourquoi, pour obtenir une bonne qualité, il convient d'établir les conditions de torréfaction optimales (**Jannat et al., 2010**).

Le présent travail est une synthèse bibliographique, réalisé dans l'objectif de déterminer l'effet de la torréfaction sur la composition en antioxydant des extraits des graines de sésame notamment la composition en polyphénols de l'huile de sésame et l'influence de ce traitement sur le pouvoir antioxydant de l'huile et des extraits de sésame.

Pour atteindre les objectifs tracés, le travail est organisé en trois chapitres :

- ✓ Le premier chapitre concerne des généralités sur les graines de sésame
- ✓ Le deuxième chapitre concerne des généralités sur les antioxydants et l'activité antioxydante des extraits de sésame
- ✓ Le troisième chapitre est consacré à l'analyse de certains articles, qui ont étudié les antioxydants des extraits des graines de sésames torréfié ou non torréfié, particulièrement les polyphénols de l'huile de sésame, ainsi que l'activité antioxydante de ces échantillons.

Chapite I

I. Présentation de la plante *Sesamum indicum* L.

I.1 Origine et répartition géographique

Le sésame, *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae R. Br.), est l'une des plantes oléagineuses les plus anciennes, et les plus utilisées par l'Homme. Il est cultivé principalement dans les régions tropicales et subtropicales d'Asie, d'Afrique et d'Amérique du Sud pour ses graines comestibles, dont on extrait aussi de l'huile (**Sene et al., 2018**). Pourtant, on ne peut pas retracer avec certitude les origines de sa culture, qui varient selon les auteurs et ont fait l'objet de beaucoup de discussions. Pour certains, il serait originaire d'Afrique et principalement d'Afrique australe, car de nombreuses formes sauvages s'y trouveraient encore. Par contre, d'autres auteurs pensent plutôt qu'il serait originaire d'Asie et plus précisément de l'Inde. Selon Thurston (1984), il aurait plusieurs origines : le nord-est de l'Afrique, l'Afghanistan et l'Iran. Néanmoins l'Inde et la Chine ont été les premiers producteurs, approximativement en 2000 avant J.C. l'Inde, la Somalie et l'Érythrée sont des centres principaux de diffusion du sésame, devant l'Asie centrale et la Chine.

Le sésame fut ensuite introduit en Europe à partir de la Perse, et sur le continent américain grâce aux portugais. Il a été signalé comme introduit en France mais ne semble pas avoir été revu dans les Bouches-du-Rhône où il a anciennement été signalé comme adventice il y a plus d'un siècle. Aujourd'hui, le sésame est largement cultivé en Inde, Chine, Corée, Japon, Thaïlande, Vietnam, Cambodge et Turquie ainsi que sur les continents américain et africain.

En Afrique du Nord, les principaux ouvrages botaniques faisant référence ne signalent pas la présence, même comme adventice, de cette Pédaliacée, excepté en Mauritanie et en Libye (Figure 1). On a peu de données sur son introduction en Afrique tropicale. C'était une marchandise précieuse dans le commerce entre l'Inde et la Méditerranée le long des côtes sud de l'Arabie et de la mer Rouge au II^e siècle av. J.-C. et il a dû être connu à cette époque-là dans la Corne de l'Afrique (**El Mokni et El Aouni, 2013**).

I.2 Répartition géographique

La production mondiale de sésame est estimée à plus de trois milliards de tonnes, dont 75% sont produits par l'Inde, le Soudan, le Mexique, l'Ouganda et la Chine (**Laurentin, 2007**). Pourtant, on ne peut pas retracer avec certitude les origines de sa culture (**Ouattara, 1985**), qui varient selon les auteurs et ont fait l'objet de beaucoup de discussions. Pour certains (**Weiss, 1971**), il serait originaire d'Afrique et principalement d'Afrique australe, car

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

de nombreuses formes sauvages s'y trouveraient encore. Par contre, d'autres auteurs pensent plutôt qu'il serait originaire d'Asie et plus précisément de l'Inde (**Reddy et Pati, 1995**).

Selon Thurston (1984), il aurait plusieurs origines : le Nord-est de l'Afrique, l'Afghanistan et l'Iran. Néanmoins l'Inde et la Chine ont été les premiers producteurs, approximativement en 2000 avant J.C. (**Bedigian, 1981**). L'Inde, la Somalie et l'Érythrée sont des centres principaux de diffusion du sésame, devant l'Asie centrale et la Chine. Le sésame fut ensuite introduit en Europe à partir de la Perse, et sur le continent américain grâce aux portugais (**Hugues, 2000**). Il a été signalé comme introduit en France (**Fournier, 1947**) mais ne semble pas avoir été revu dans les Bouches-du-Rhône (**Vela et al., 1999**) où il a anciennement été signalé comme adventice il y a plus d'un siècle (**Molinier, 1981**). Aujourd'hui, le sésame est largement cultivé en Inde, Chine, Corée, Japon, Thaïlande, Vietnam, Cambodge et Turquie ainsi que sur les continents américain et africain (**Pham, 2011**). En Afrique du Nord, les principaux ouvrages botaniques (**Ducellier et Maire, 1925 ; Maire, 1987**) ne signalent pas la présence de cette Pédaliacée, excepté en Mauritanie et en Libye (**Dobignard et Chatelain, 2012**) (figure 1).

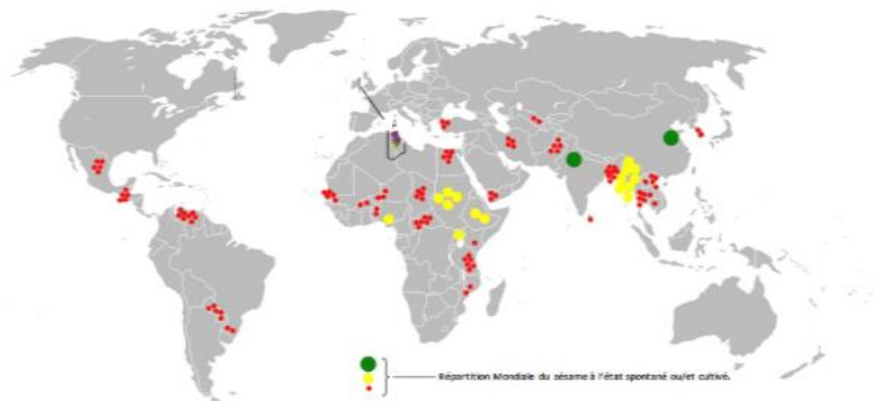


Figure 1 : Carte de répartition du sésame (*Sesamum indicum* L.) dans le monde (**El Mokni et El Aouni, 2013**).

I.3 Production mondiale

La production de graines de sésame augmente à l'échelle mondiale. Le sésame se classe au neuvième rang parmi les treize premières cultures oléagineuses qui constituent 90% de la production d'huile comestible dans le monde (**Saha et al., 2014**).

De grandes superficies sont cultivées dans le monde. Ainsi, 2 à 2,5 million d'ha sont emblavés en Inde (**Weiss, 2000 ; Valarmathi et al., 2003**), un million d'ha en Chine, 0,6 millions d'hectares en Birmanie, 0,5 million d'hectares au Soudan et 0,25 million d'hectares

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

au Mexique (**Mémento de l'agronome, 2002**). La productivité mondiale dépend des pays et des zones de cultures. L'Inde occupe la première place avec une productivité du sésame de 0,33 tonnes / ha par rapport à la moyenne mondiale de 0,44 tonnes / ha. Elle est suivie par la Chine (19,9%), le Myanmar (17,3%), le Soudan (5,9%), l'Ouganda (4,9%), l'Éthiopie (4,7%) le Nigeria (2,9%), le Bangladesh (1,4%) et le Pakistan (0,8%) (**Raghav et Agarwal, 2013**). L'Afrique est passée au deuxième rang mondiale en augmentant sa production de 25% avec ses sept pays appartenant au groupe des plus grands exportateurs de graines de sésame dans le monde et dont deux se trouvent en Afrique de l'Ouest, le Nigéria avec 39 800 tonnes et le Burkina Faso avec 18107 tonnes (**FAO, 2004**).

I.4 Systématique

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) appartient à la classe des Dicotylédones vrais ou Eudicotylédones, à l'ordre des Lamiales, à la Famille des Pédaliacées et au genre des sésamées (Tableau 1) (**Weiss, 2000 ; Stevens, 2011**). Il présente une large diversité de génotypes (**Weiss, 2000 ; Söğüt, 2008**). En Afrique, on note 17 espèces de genre *Sesamum* dont deux qui poussent aussi à l'état sauvage en Inde. L'espèce *S. indicum*, est également connue sous le synonyme *Sesamum orientale* L. On peut citer aussi d'autres synonymes moins connus de *S. indicum* comme *S. edule*, *S. luteum*, *S. oleiferum*, *S. africanum*, *S. foetidum* (**Demol et al., 2002**). Le genre *Sesamum* comporte de très nombreuses variétés qui diffèrent par leurs dimensions, leur forme, le type de croissance, la couleur des fleurs, le calibre, la couleur et la composition des graines (**Demol et al., 2002**).

Tableau 1 : Systématique du sésame (Weiss, 2000 ; Stevens, 2011).

Règne	Végétal
Embranchement	Phanérogames
Sous-embranchement	Angiospermes
Classe	Eudicotylédones
Sous classe	Gamopétales
Ordre	Lamiale
Famille	Pédaliacées
Genre	Sésamées
Espèce	<i>Sesamum indicum</i> L.

I.5 Description botanique

Le sésame est une plante herbacée annuelle, à port érigé, d'une hauteur de 0,5 à 2,5 m dans les conditions optimales de croissance. La tige, de section carrée longitudinalement cannelée, est de couleur verte, rarement pourpre. Son diamètre basal varie de 1 à 3. Elle peut être glabre, veloutée ou poilue. Ce trait poilu de la tige et des rameaux permet un groupage de variétés (**Kafiriti et Deckers, 2001**). Les feuilles inférieures sont opposées, larges (12 x 8 cm), grossièrement lobées et à long pétiole (5 cm). Par contre, les feuilles supérieures sont alternes ou sub-opposées, ou étroites (9 x 2 cm), avec une phyllotaxie particulière (**Weiss, 2000 ; Kafiriti et Deckers, 2001**).

Les feuilles sont de couleur verte terne avec des poils et des stomates sur les deux faces (**Weiss, 2000**). Son système racinaire est de type mixte avec un pivot à croissance initiale rapide pouvant atteindre 90 cm et un réseau dense de racines superficielles (lacis de racelles) peu développées (**Diouf, 2002**). Selon Weiss (2000), l'élongation racinaire contribue aux stratégies d'évitement de la sécheresse et la croissance initiale rapide du pivot serait due au prélèvement d'une quantité de phosphore par les racines secondaires à 5 et 8 centimètres du sol (Figure2).



Figure 2 : Plante, fruits et graines de sésame (Parle et Dhamija, 2012).

I.6 Composition biochimique

Le sésame (*Sesamum indicum* L.) est une plante oléagineuse alimentaire présentant une valeur nutritionnelle élevée (acides gras : 45 à 55%, protéines : 19 à 25%, minéraux : Ca, P, Mg, Fe, Zn et vitamine E et B) (**Rizki et al., 2017 ; Sene et al., 2017**).

Du point de vue de la composition protéino-énergétique, les travaux de Gandhi et Srivastava (2007) et de Nzikou *et al.* (2009) ont donné respectivement 26.94% et 20% de protéines et 48.21% et 54% de matières grasses. En outre, Rivas *et al.* (1981) ont rapporté dans la plupart des protéines dans la farine de sésame : 8,6% d'albumine, 67,3% de globuline et 1,4% de prolamine et 6,9% de glutéline (**Sene et al., 2018**). La farine issue des graines de

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

sésame contient des protéines à des quantités élevées, du soufre total contenant les acides aminés méthionines et cystine.

Des recherches récentes ont été menées au Maroc et ont mis en évidence la présence des éléments minéraux sur les géotypes de sésame marocains comme le sélénium (Se) et le potassium (K) (**Rizki *et al.*, 2017**). Les graines de sésame sont une excellente source de cuivre et de calcium. Elles sont également riches en phosphore, en fer, en magnésium, en manganèse et en zinc (**Anilakumar *et al.*, 2010**). D'après Biswa *et al.* (2001), la teneur en cendres (4,5%) lui confère un taux de matière minérale élevé.

Les vitamines (B et E) et les antioxydants des graines de sésame ont été aussi étudiés par Borchani *et al.* (2010) et Yogranjan *et al.* (2014). A côté de ces composés, une forte fraction d'antioxydants, composée de la sésamine et de la sésamoline avec tous ces produits dérivés a été trouvée (**Abou-Garbia *et al.*, 2000 ; Rizki *et al.*, 2015**). C'est cette composition qui lui confère sa stabilité et sa résistance au rancissement.

La composition biochimique et les teneurs en différents composés dépendent de la variété, de l'origine géographique, des pratiques culturelles, de la date de récolte et du produit étudié (graines, huile tourteau de sésame) (Tableau 2).

Tableau 2 : Composition biochimique des graines de sésame (**Anilakumar *et al.*, 2010 ; Biswa *et al.*, 2001**).

Composés	Teneurs (%)
Acides gras	45-55
Protéines	19-25
Cendres	4,5
Vitamines (B et E)	Présence
Antioxydants (Sésamine, sésamoline)	Présence

I.7 Utilisations alimentaires

Il existe de nombreux aliments dont l'ingrédient est le sésame. Les utilisations alimentaires du sésame ont été répertoriées et les Européens l'utilisent comme substitut de l'huile d'olive. L'huile de sésame est une excellente huile de salade et elle est utilisée par les Japonais pour la cuisine. Les graines de sésame décortiquées à l'eau sont soumises à un processus de décortilage spécial qui produit une graine blanche et claire.

Ces graines sont lavées, séchées et utilisées sur les pains à hamburger. Ce procédé spécial permet aux graines de coller au pain tout en conservant une couleur blanche après la

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

cuisson. En Grèce, les graines sont utilisées dans les gâteaux, Halwa Türk, tandis qu'au Togo et en Afrique, les graines constituent un ingrédient principal des soupes.

La graine de sésame décortiquée est utilisée dans la boulangerie et sert également de base au tahini, un produit crémeux et sucré.

L'huile de sésame raffinée a des propriétés antioxydantes qui lui permettent d'être utilisée dans l'industrie alimentaire. L'huile torréfiée résiste au rancissement dû aux antioxydants formés lors de la torréfaction des graines et la flore particulière du sésame torréfié améliore le goût des produits frits.

Les pays africains utilisent les graines comme épice, huile de graines, pour faire frire les légumes et la viande, consommés crus ou frits et utilisés dans des confiseries telles que les bonbons et la pâtisserie. De nombreuses recettes utilisent des graines de sésame comme ingrédient, tel que les germes de sésame, la pâte à tartiner au sésame, les biscuits aux graines de sésame, les bagels aux graines de sésame, le granola au sésame, le riz brocoli au sésame, la sauce à la moutarde au sésame, le poulet au sésame au gingembre, la pâte au sésame, la sauce aux graines de sésame et les haricots verts au sésame. La farine de sésame est un excellent aliment pour la volaille et le bétail (**Anilakumar *et al.*, 2010**).

I.8 Torréfaction des graines

La torréfaction est une opération essentielle et l'un des procédés de transformation les plus fréquents pour les graines (**Moss et Otten, 1989**). La torréfaction vise à augmenter la palatabilité du produit. Elle favorise significativement le développement de la couleur, flaveur, texture et apparence des graines. Le produit résultant est raffiné et très apprécié du consommateur par comparaison aux graines crues (**Patte et Giesbrecht, 1995**). La torréfaction détruit également les microorganismes indésirables et inactive les enzymes qui favorisent la détérioration du produit au cours du stockage (**Buckholz *et al.*, 1980**).

De plus, la torréfaction peut donner naissance à des composés antioxydants, de type mélanoidines formées au cours de la réaction de Maillard. Mais les propriétés antioxydantes de ces produits peuvent être dues à la formation de structures de type phénols (**Machiels et Istasse, 2002**). Ces dernières peuvent avoir des propriétés anticancérigènes associées à leurs propriétés antioxydantes (**Ames, 1988**). Ledl et Schleicher (1990) supposent que les réactions impliquant des radicaux oxygène contribuent à piéger ces radicaux et les transforment en composés moins agressifs.

Dans ce mode de cuisson, les températures utilisées sont en général élevées (entre 140 et 180 °C) et les produits traités sont peu hydratés, ou se dessèchent rapidement en surface (**Baltes et Bochmann, 1987**), si bien que les réactions de Maillard sont favorisées.

Chapitre I : Généralités sur les graines de sésame

Cependant, l'eau en s'évaporant entraîne avec elle les molécules volatiles. La quantité d'arômes restant dans le produit dépend fortement de la capacité de rétention des constituants macromoléculaires de l'aliment.

Le temps et la température sont les principaux facteurs contrôlés lors de la torréfaction industrielle. Ce couple temps/température joue un rôle important dans le développement de la qualité sensorielle de l'aliment, notamment dans les noix et graines, où la qualité organoleptique est le facteur clé du choix des consommateurs. Mais la teneur initiale en eau et la vitesse de l'air du chauffage affectent aussi le taux de transfert de chaleur, et par conséquent conditionnent la déshydratation et les changements physico-chimiques, en particulier des protéines (**Saklar, 1999**).

Ces changements rhéologiques et physico-chimiques sont à l'origine du développement des saveurs, arômes, couleur, texture, mais aussi de l'oxydation des lipides. Ils mettent en jeu glucides, lipides, protéines et micronutriments tels que les vitamines. Les protéines peuvent se décomposer ou entrer en réactions croisées au niveau d'acides aminés souvent essentiels (lysine, cystéine, arginine), ce qui entraîne une baisse de la qualité nutritionnelle de celles-ci. Les lipides s'oxydent ou s'isomérisent, alors que les vitamines subissent des dégradations oxydatives, formant des composés réactifs qui réagissent à nouveau avec les protéines dans la réaction de Maillard.

Les oligosaccharides peuvent s'hydrolyser et évoluer selon la réaction de caramélisation ou la réaction de Maillard. Par exemple, le saccharose peut s'hydrolyser en fructose et glucose (**Muller et Bauer, 1990**). Toutes ces réactions influencent les qualités nutritionnelles et organoleptiques du produit fini. Pour cette raison, il est important d'appréhender et d'évaluer les changements qui ont lieu pendant la torréfaction afin de chercher à mieux maîtriser la qualité des produits grillés.

Chapitre II

II. L'activité antioxydante

II.1. Les antioxydants

II.1.1 Définition

Selon Bailey (1996) et Borges *et al.*(1999), les antioxydants sont des substances qui ont la capacité de retarder ou d'inhiber les processus d'oxydation, même lorsqu'elles sont utilisées en petites quantités, réduisant ainsi la vitesse de réaction ou prolongeant sa période d'induction. L'efficacité d'un antioxydant est directement liée à l'augmentation ou à la prolongation de la période d'induction des réactions d'oxydation d'un substrat et peut être exprimée sous la forme d'un indice antioxydant ou d'un facteur de protection. En présence d'antioxydants, les taux d'oxydation diminuent en raison d'une augmentation de l'énergie d'activation de la réaction, ce qui augmente la "durée de vie" du substrat, servant de paramètre pour l'évaluation de l'activité antioxydante.

II.1.2. Classification des antioxydants

II.1.2.1. Les antioxydants naturels

A. Les antioxydants enzymatiques

➤ Les superoxydes dismutases (SOD)

Ces métalloprotéines, qui représentent une des premières lignes de défense contre le stress oxydant, assurent l'élimination de l'anion superoxyde $O_2^{\bullet-}$ par une réaction de dismutation, en le transformant en peroxyde d'hydrogène et en oxygène. Chez l'homme, on décrit 3 isoenzymes : la Cu/Zn-SOD1 cytosolique, la Mn-SOD2 mitochondriale et la Cu/Zn-SOD3, qui diffèrent par la localisation chromosomique du gène, leur contenu métallique, leur structure quaternaire et leur localisation cellulaire. La SOD3 est sécrétée par les cellules musculaires lisses et constitue le système antioxydant majeur de la paroi artérielle : son expression et sa sécrétion sont augmentées par les facteurs vasoactifs (histamine, endothéline 1, angiotensine II) et diminuées par l'homocystéine (**Haleng *et al.*, 2007**).

➤ Le glutathion peroxydase (GPx)

La GPx est une sélénoprotéine (cinq isoformes) qui réduit les peroxydes aux dépens de son substrat spécifique, le glutathion réduit (GSH). Son rôle principal consiste en l'élimination des peroxydes lipidiques résultant de l'action du stress oxydant sur les acides gras polyinsaturés. La GPx est effondrée en cas de déficit majeur en sélénium, elle est donc un bon reflet de cette carence. Toutefois, pour un apport adéquat en sélénium, les teneurs en GPx atteignent un plateau. Le dosage en GPx ne peut donc être utilisé comme marqueur d'une intoxication en sélénium. Cependant, sa synthèse étant rénale et hépatique, d'autres facteurs

tels que l'insuffisance rénale ou la cytolyse hépatique peuvent modifier sa concentration (**Haleng et al., 2007**).

➤ **La catalase**

Dans son mode dit catalasique, la catalase catalyse la dismutation du peroxyde d'hydrogène en eau et oxygène moléculaire (**Vamecq et al., 2004**).

B. Les antioxydantes non enzymatiques

Contrairement aux enzymes antioxydantes, la plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation. Dans cette catégorie d'antioxydant nous retrouvons les oligoéléments, la glutathion réduit (GSH), les vitamines E et C et les polyphénols (**Kanoun, 2011**).

➤ **La vitamine C**

La plupart des mammifères sont capables de synthétiser la vitamine C dans leur foie ou dans leurs reins. Ce n'est pas le cas de l'homme qui doit assurer un apport journalier d'environ 100 mg via une alimentation riche en fruits. La vitamine C est, avant tout, un excellent piègeur des EOA ($\text{HO}\cdot$ ou $\text{O}_2\cdot^-$) (figure 3). Elle inhibe également la peroxydation lipidique en régénérant la vitamine E à partir de la forme radicalaire issue de sa réaction avec des radicaux lipidiques. Ses fonctions sont nombreuses : contribution au bon fonctionnement du système immunitaire, implication dans la synthèse du collagène et des globules rouges ainsi que dans les mécanismes de métabolisation du fer (**Haleng et al., 2007**).

➤ **La vitamine E**

Ce terme désigne un ensemble d'isomères, les tocophérols (constitués d'un noyau chromanol et d'une chaîne latérale saturée à 16 atomes de carbone) et les tocotriénols (qui diffèrent des tocols par la présence de 3 doubles liaisons sur cette chaîne latérale). D'un point de vue biologique, deux isomères sont particulièrement intéressants, l' α - et le γ -tocophérol. Leur caractère hydrophobe leur permet de s'insérer au sein des membranes riches en acides gras polyinsaturés, où ils jouent un rôle protecteur en réagissant avec les radicaux peroxydes ($\text{ROO}\cdot$) pour former un radical tocophéryle, empêchant ainsi la propagation de la peroxydation lipidique (figure 3).

Si l' α -tocophérol est le plus abondant, il semble que le γ -tocophérol soit le plus efficace à ce niveau. Les apports journaliers d' α -tocophérol sont de l'ordre de 10 mg : il se retrouve en quantité variable dans les huiles (soja, maïs, olive) et dans les noix et noisettes. Le γ -tocophérol est présent essentiellement dans l'huile de sésame (**Haleng et al., 2007**).

➤ **Les caroténoïdes**

Plus de 600 caroténoïdes différents ont été isolés à partir de sources naturelles, mais seul un petit nombre d'entre eux se retrouvent dans le sang et les tissus animaux. Les fruits et les légumes en sont les principales sources alimentaires.

De façon formelle, tous les caroténoïdes dérivent d'une structure linéaire (C₄₀H₅₆) avec de nombreuses doubles liaisons, le lycopène, pigment rouge présent notamment dans la tomate et le pamplemousse. Le chef de file des caroténoïdes est cependant le β-carotène (figure 3), également appelé provitamine A car, après hydrolyse hépatique, il donne naissance à deux molécules de vitamine A. Tous les caroténoïdes ne possèdent toutefois pas cette propriété particulière. L'apport journalier recommandé est de 1 à 5 mg (**Haleng et al., 2007**).

✓ **Propriétés anti-oxydantes des caroténoïdes**

Celles du bêta-carotène sont connues de longue date : elles sont surtout effectives aux faibles pressions partielles d'oxygène, d'ailleurs réalisées en milieu cellulaire. Grâce à son système de doubles liaisons conjuguées, le bêta-carotène fixe les radicaux peroxydes ROO° et le radical formé est stabilisé par mésomérie ; la propagation des oxydations en chaîne s'en trouve inhibée. Cette rupture est constatée pour les acides gras (protection contre les lipopéroxy-dations).

Le bêta-carotène neutralise l'oxygène singulet. Cette atténuation excite le carotène qui relâche alors son énergie sous forme thermique et sans dommage pour la cellule. Dans ce domaine, d'autres caroténoïdes sont plus actifs que le bêta-carotène, le lycopène, la canthaxanthine. De ce fait, les caroténoïdes font partie du système de défense cellulaire contre les formes agressives de l'oxygène et les radicaux libres. Il est cependant difficile d'évaluer leur importance relative : la capacité anti-oxydante d'un caroténoïde peut notablement varier d'un système de mesure à l'autre. La pression partielle d'oxygène intervient aussi : à fortes pressions d'oxygène, le bêta-carotène devient paradoxalement pro-oxydant (**Marc et Maudet, 2000**).

➤ **Le glutathion**

Le glutathion est un tripeptide (acide glutamique-cystéine-glycine). Il est le thiol (-SH) majoritaire au niveau intra-cellulaire (l'albumine étant son équivalent plasmatique) où il est présent sous forme essentiellement réduite (GSH). Dans des conditions physiologiques, sa forme oxydée (GSSG) est en concentration très faible. Le rapport GSH/GSSG est considéré comme un excellent marqueur de la peroxydation lipidique et permet d'objectiver l'importance du stress. Au cours du vieillissement et lors d'un exercice intense, ce rapport tend à diminuer.

Les autres propriétés antioxydantes du GSH sont nombreuses : cofacteur de la GPx, chélateur des métaux de transition, régénérateur final des vitamines E et C, à partir de leur forme radicalaire. L'apport recommandé journalier est d'environ 300 mg (agrumes). La plupart des protéines dont l'albumine contiennent des groupements « thiols » qui possèdent des propriétés réductrices et piègent facilement les espèces oxygénées activées (**Haleng et al., 2007**).

➤ **Les oligoéléments**

❖ **Le sélénium**

Le sélénium n'est pas un antioxydant en tant que tel, car il ne peut piéger les radicaux libres, mais il joue un rôle primordial comme cofacteur de la GPx. Dans l'alimentation, on retrouvera essentiellement du sélénium organique, lié à un acide aminé, la cystéine.

Le sélénium organique est mieux absorbé, il subit une métabolisation hépatique qui conduit à des intermédiaires nécessaires à la synthèse de dérivés physiologiquement actifs comme la GPx. La dose journalière recommandée est de 50- 70 µg/jour (**Haleng et al., 2007**).

❖ **Le cuivre**

A concentration physiologique, le cuivre est le cofacteur d'enzymes comme la SOD, la cytochrome C oxydase, la dopamine β-hydroxylase. Cependant, en tant que métal de transition, il joue un rôle important dans le déclenchement de réactions de production d'EOA (réactions de Fenton) et peut – lorsque sa concentration est élevée devenir pro-oxydant. Les apports journaliers recommandés sont de l'ordre de 2,5 mg (**Haleng et al., 2007**).

❖ **Le zinc**

Le zinc joue un rôle de cofacteur pour de nombreux enzymes et intervient ainsi dans de nombreuses fonctions comme le métabolisme des nucléotides, la synthèse des prostaglandines, le fonctionnement de l'anhydrase carbonique. Comme le cuivre, le zinc est un des cofacteurs essentiels de la SOD. Il protège également les groupements thiols des protéines et il peut inhiber les réactions de formation d'EOA induites par des métaux de transition comme le fer ou le cuivre. Le rapport Cu / Zn, (normalement inférieur à 1,5) sera un excellent indicateur de l'état de stress oxydant d'un individu. Les apports journaliers recommandés sont de l'ordre de 20 mg (**Haleng et al., 2007**).

➤ **Les polyphénols**

Ils constituent une famille importante d'antioxydants présents dans les végétaux. L'alimentation fournit environ 1g de polyphénols par jour principalement par l'apport en fruits et, dans une moindre mesure, en légumes et en céréales. Ils sont présents sous forme d'anthocyanine dans les fruits rouges et le vin rouge, sous forme de flavonoïdes dans les

agrumes, l'huile de lin et sous forme d'épicatéchine dans le vin, le thé, le chocolat, les pommes, les oignons et les algues brunes. Globalement, ce sont d'excellents piègeurs des EOA et de très bons chélateurs des métaux de transition comme le fer et le cuivre (figure 3) (Haleng *et al.*, 2007).

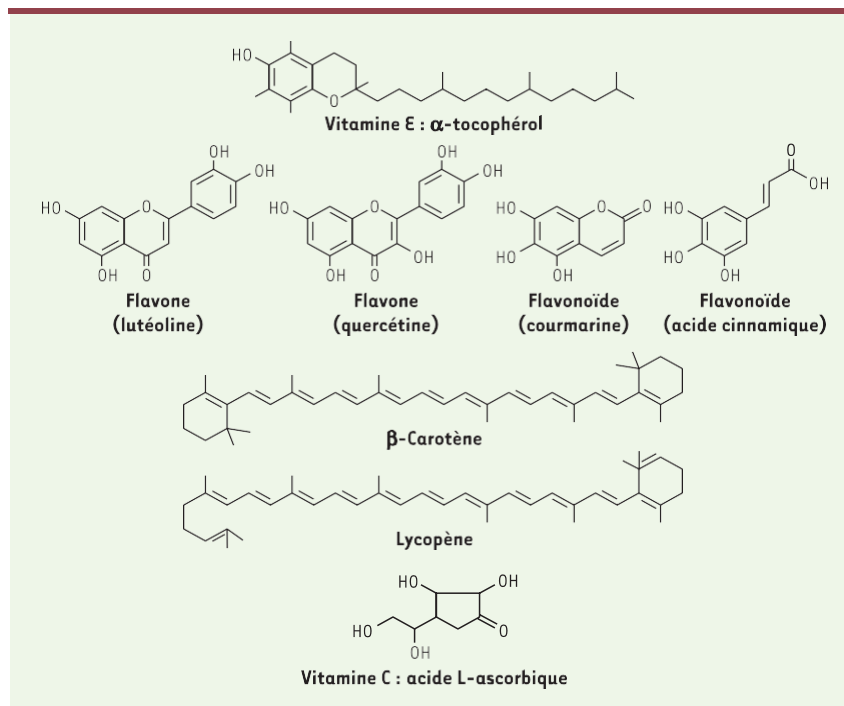


Figure 3 : Structures chimiques des antioxydants naturels (Marc *et al.*, 2004)

II.1.2.2. Les polyphénols

II.1.2.2.1. Classification des polyphénols

II.1.2.2.1. 1. Polyphénols simple

- Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont des composés polyphénoliques non flavonoïdes qui peuvent être divisés en deux types principaux, l'acide benzoïque et les dérivés d'acide cinnamique basés sur les squelettes C1 – C6 et C3 – C6. Alors que les fruits et légumes contiennent de nombreux acides phénoliques libres, dans les céréales et les graines - en particulier dans le son ou la coque.

Les acides phénoliques sont souvent sous forme liée (Kim *et al.*, 2006 ; Adom et Liu, 2002). Ces acides phénoliques ne peuvent être libérés ou hydrolysés que par hydrolyse acide ou alcaline, ou par des enzymes.

- Les flavonoïdes

Les flavonoïdes sont des composés possédant un squelette de base à quinze atomes de carbone, constitués de deux noyaux aromatiques et d'un hétérocycle central de type pyrane,

formant une structure C6-C3-C6 (**Mason et Lorimer, 2002**). Ce sont les composés les plus abondants parmi tous les composés phénoliques. Ils interviennent dans la pigmentation des fleurs et dans les processus de défense contre le rayonnement UV, les herbivores et les attaques microbiennes (**Flynn, 1975**). Les flavonoïdes sont présents dans une grande variété d'aliments (fruits et légumes, céréales, jus de fruits, thé et vin...).

- **Les flavan-3-ols**

Les flavan-3ols sont la catégorie de flavonoïdes la plus complexe. Ces composés vont des simples monomères (+)-catéchine et son isomère (-)-épicatéchine jusqu'aux oligomères et polymères de proanthocyanidines. Les proanthocyanidines sont formées de la cathéchine et de l'épicatéchine avec des couplages oxydatifs entre les positions C4 de l'hétérocycle et C6 ou C8 du monomère adjacent.

Les oligomères de procyanidines sont formés de 2 à 5 unités de catéchines ou d'épicatéchines, les polymères étant formés de 6 unités ou plus. De plus, les flavan-3-ols peuvent être estérifiés avec l'acide gallique ou bien hydroxylés pour former des gallocatéchines (épicatéchine gallate, épigallocatéchine, épigallocatéchine gallate) et des gallotanins. (**Chira et al., 2008**).

- **Les flavonols**

Les flavonols sont des composés flavonoïdes largement répandus. Les flavonols tels que la myricétine, la quercétine, l'isorhamnétine et le kaempférol sont la plupart du temps présents sous forme d'O-glycosides. La conjugaison est le plus souvent en position 3 du noyau aromatique C, bien que des substitutions en positions 5, 7, 4', 3' et 5' soient possibles.

Le nombre d'aglycones est assez faible, mais il existe un très grand nombre de conjugués, le kaempférol ayant à lui seul 200 conjugués avec des motifs osidiques différents. Il existe une forte variabilité en concentration selon la saison et la variété prise en compte (**Crozier, 2003**). Leur structure est plane.

- **Les anthocyanidines**

Ce sont des pigments, principalement sous formes de glycosides stables et hydrosolubles, rouges en milieu acide, virant au bleu-violet en milieu neutre ou faiblement alcalin (**Chira et al., 2008**). Les composés les plus courants sont la pélagonidine, la cyanidine et la malvidine (**Ribeiro et al., 1999 ; Vitrac et al., 2005**). Ils sont présents dans le vin rouge (340-420 mg de malvidine 3-O-glucoside/L) (**Mazza et al., 1999**). De nombreux glucosides de cyanidine et deux dérivés de pélagonidine ont aussi été caractérisés dans l'oignon rouge (**Fossen et al., 1996**).

II.1.2.2.1.2. Polyphénols complexes (tanins)

Les tanins représentent une classe très importante de polyphénols localisés dans les vacuoles (Aguilera-Carbo *et al.*, 2008). Historiquement, le terme « tanin » regroupe des composés polyphénoliques caractérisés par leurs propriétés de combinaison aux protéines (Paris et Hurabeillen, 1981), d'où leur capacité à tanner le cuir. Sur le plan structural, les tanins sont divisés en deux groupes, tanins hydrolysables et tanins condensés (Lindenet Lorient, 1994).

➤ **Les tannins hydrolysables**

Ce sont des esters du D-glucose et de l'acide gallique ou de ses dérivés, en particulier l'acide ellagique (Cowan, 1999 ; O'Connell et Fox, 2001). Ces substances sont facilement hydrolysables par voie chimique ou enzymatique (tannase) (Ribéreau-Gayon, 1968).

➤ **Les tannins condensés**

Les tannins condensés ou les proanthocyanidines sont des polymères constitués d'unités flavane reliées par des liaisons entre les carbones C4 et C8 ou C4 et C6 (Bruyne *et al.*, 1999 ; O'Connell et Fox, 2001). En raison de leur complexation avec les protéines salivaires, les tanins condensés sont responsables de l'astringence caractéristique des fruits avant maturité (raisin, pêche, pomme, poire... etc.) et de certaines boissons (vin, cidre, thé...etc.) et de l'amertume du chocolat.

II.1.2.2.2. Les polyphénols des graines de sésame

Les graines sont une riche source de composés bioactifs, notamment des composés phénoliques, des phytostérols, et une classe unique de lignanes comme la sésamine et la sésamoline (Miraj et Kiani, 2016). Elleuch *et al.* (2007) ont rapporté que différents polyphénols ont été trouvés dans les graines de sésame, notamment des acides phénoliques (acide caféique, acide chlorogénique, acide férulique et acide coumarique), des flavonoïdes (catéchines et procyanidines) et du stilbène (resvératrol).

L'huile de sésame est riche en divers composés phénoliques comme les lignanes tel que la sésamine et la sésamoline, et d'autres substances bioactives, notamment les phytostérols (Shahidi *et al.*, 1997 ; Philip *et al.*, 2010).

II.1.2.2.3. Propriétés biologiques des composés phénoliques

Les recherches récentes sur les composés phénoliques en générale et les flavonoïdes en particulier sont très poussées en raison de leurs divers propriétés physiologiques comme les activités anti-allergique, anti-atherogénique, anti-inflammatoire, hépatoprotective, antimicrobienne, antivirale, antibactérienne, anticarcinogénique, anti-thrombotique, cardioprotective et vasodilatatoire (Middleton *et al.*, 2000 ; Ksouri *et al.*, 2007). Ces actions

sont attribuées à leur effet antioxydant qui est due à leurs propriétés redox en jouant un rôle important dans la destruction oxydative par la neutralisation des radicaux libres, piégeage de l'oxygène, ou décomposition des peroxydes (Nijveldt *et al.*, 2001).

Les effets bénéfiques des polyphénols intéressent particulièrement deux domaines : la phytothérapie et l'hygiène alimentaire (Leong et Shui, 2002). D'après les études multiples attestant de l'impact positif de la consommation de polyphénols sur la santé et la prévention des maladies, les industriels commercialisent maintenant des aliments enrichis en polyphénols ou des suppléments alimentaires. De plus, leur activité antioxydante assure une meilleure conservation des denrées alimentaires en empêchant la peroxydation lipidique.

Dans l'industrie cosmétique, les composés phénoliques trouvent leur application pratique en luttant contre la production des radicaux libres néfastes dans la santé et la beauté de la peau. En phytothérapie, même si certaines indications sont communes à plusieurs classes (les propriétés vasculoprotectrices, sont par exemple aussi bien attribuées aux flavonoïdes qu'aux anthocyanes, tanins et autres coumarines), chaque classe chimique semble être utilisée pour des bénéfices spécifiques (Hannebelle *et al.*, 2004).

II.1.2.2.4. Rôle et intérêt des composés phénoliques

II.1.2.2.4.1. Chez les plantes

Les composés phénoliques en particulier les flavonoïdes seraient impliqués dans un certain nombre de fonctions :

- ils assurent la pigmentation des fleurs, des fruits et des graines pour attirer les pollinisateurs et les disperseurs de graine,
- représentent un système de défense contre les organismes micro pathogènes,
- protègent les plantes contre les radiations UV en absorbant à la fois ces radiations et les espèces réactives de l'oxygène formées,
- interviendraient dans la fertilité des plantes et la germination du pollen (Stalikas, 2007).

II.1.2.2.4.2 Chez les humains

Le rôle des composés phénoliques est largement montré dans la protection contre certaines maladies en raison de leur interaction possible avec de nombreuses enzymes et de leurs propriétés antioxydants. Spécifiquement, on attribue aux flavonoïdes des propriétés variées : veinotonique, antitumorale, anti-radicalaire, anti-inflammatoire, analgésique, antiallergique, antispasmodique, antibactérienne, hépatoprotectrice, estrogénique et/ ou anti-estrogénique. Ils sont également connus pour moduler l'activité de plusieurs enzymes ou de récepteurs cellulaires.

Les flavonoïdes favorisent la relaxation vasculaire et empêchent l'agglutinement des plaquettes sanguines. Par conséquent, ils réduisent la coagulation du sang et le rendent plus fluide. Ils limitent l'oxydation des lipides sanguins et contribuent à la lutte contre les plaques d'athérome. Ils sont aussi anxiolytiques et protègent nos artères contre l'athérosclérose et réduisent la thrombose (caillots dans les artères) (**Fleuriet *et al.*, 2005**).

II.1.2.3. Les antioxydants synthétiques

A cause de l'instabilité inhérente des antioxydants naturels, on utilise plusieurs antioxydants synthétiques pour stabiliser les matières grasses et les huiles. L'hydroxytoluènebutylé (HTB) et l'hydroxyanisolebutylé (HAB) ont été développés à l'origine pour protéger le pétrole contre le gommage oxydatif (**Porter, 1980**).

Composés sont cependant utilisés depuis 1954 comme antioxydants dans les aliments destinés à la consommation humaine et ce sont peut-être les plus répandus aujourd'hui (**Sherwin, 1976**). L'HTB et l'HAB ont non seulement des noms, mais aussi des structures semblables. Leur effet comme antioxydant se ressemble aussi. Utilisés ensemble dans les matières grasses et les huiles, l'HTB et l'HAB ont un effet synergique qu'un fabricant de nourriture pour animaux peut utiliser de façon avantageuse (**Dziezak, 1976**). Même si l'HTB et l'HAB font tous deux parties des substances « généralement reconnues comme sécuritaires », selon la liste GRAS, leur usage dans les aliments pour les humains et la nourriture pour animaux suscite des inquiétudes.

Des études sur la toxicité chronique ont attribué une certaine activité tumorigène à l'HTB lorsqu'il est absorbé en concentrations élevées (**NCIB, 1979 ; Witschi, 1981**). Par ailleurs, l'HAB et l'HTB peuvent tous deux être d'importants inhibiteurs de la carcinogenèse, probablement à cause de leur effet antioxydant (Figure 10) (**Benson *et al.*, 1979 ; Ito *et al.*, 1986**).

II.2. Généralités sur l'activité antioxydante

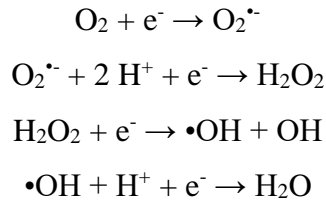
II.2.1. Les espèces réactives de l'oxygène (ERO)

Un radical libre est une molécule ou un atome ayant un ou plusieurs électrons non appariés, ce qui le rend extrêmement réactif (**Benlemlih et Ganam, 2012**). L'ensemble des radicaux libres et de leurs précurseurs est souvent appelé : espèces réactives de l'oxygène (ERO) (**Favier, 2003**). L'oxydation est l'un des processus les plus producteurs des radicaux libres dans les aliments et les tissus vivants. Ces radicaux causent des dégradations majeures dans les macromolécules et l'acide nucléique (**Bubonja-Sonje *et al.*, 2011**).

II.2.1.1. Origine des ERO

a. Apport endogène

La réaction de réduction de l'oxygène dans la chaîne respiratoire mitochondriale (où 85% de l'oxygène est métabolisé) (Figure 4) s'effectue selon le mécanisme réactionnel suivant (**Ji, 2001**) :



Au cours de ce mécanisme, sont libérées deux formes de radicaux libres : le radical anion superoxyde $\text{O}_2^{\cdot-}$ et le radical hydroxyle $\cdot\text{OH}$. Lors du cycle respiratoire, les réactions ont une cinétique très lente et se font majoritairement en régime d'activation d'où la conversion de 2 à 5 % d'oxygène en ROS (**Michelson, 1982 ; CadenasetDavies, 2000**). Différents systèmes enzymatiques présents dans les cellules de notre organisme comme la SOD, la XO et la NO produisent en permanence des ROS.

D'autres cellules produisent des ROS telles que les neurones, les cellules endothéliales ou les cellules du système immunitaire, qui utilisent le peroxyde d'hydrogène comme armes létales contre les bactéries. Des radicaux libres sont également produits au cours de réactions biochimiques (**Michelson, 1982**) telles que l'oxydation de la dopamine, l'adrénaline ou l'hydroquinone, dont l'un des produits de réaction est le radical anion superoxyde $\text{O}_2^{\cdot-}$.

Le peroxysome, autre organite cellulaire intervenant dans la détoxification du foie et du rein, est aussi une source importante de H_2O_2 du fait des nombreuses réactions enzymatiques qui s'y produisent. Il se dismute normalement au niveau local par l'action de la catalase mais une faible partie peut s'échapper et atteindre d'autres parties de la cellule (**Boveris et al., 1972**).

Des carences ou des excès d'ions métalliques ou des ischémies (diminution de l'apport sanguin artériel à un organe) sont également sources d'espèces pro-oxydantes. Une anomalie génétique aboutissant à un mauvais codage protéinique peut de même accroître la production de radicaux libres (**Lehucher-Michel et al., 2001**).

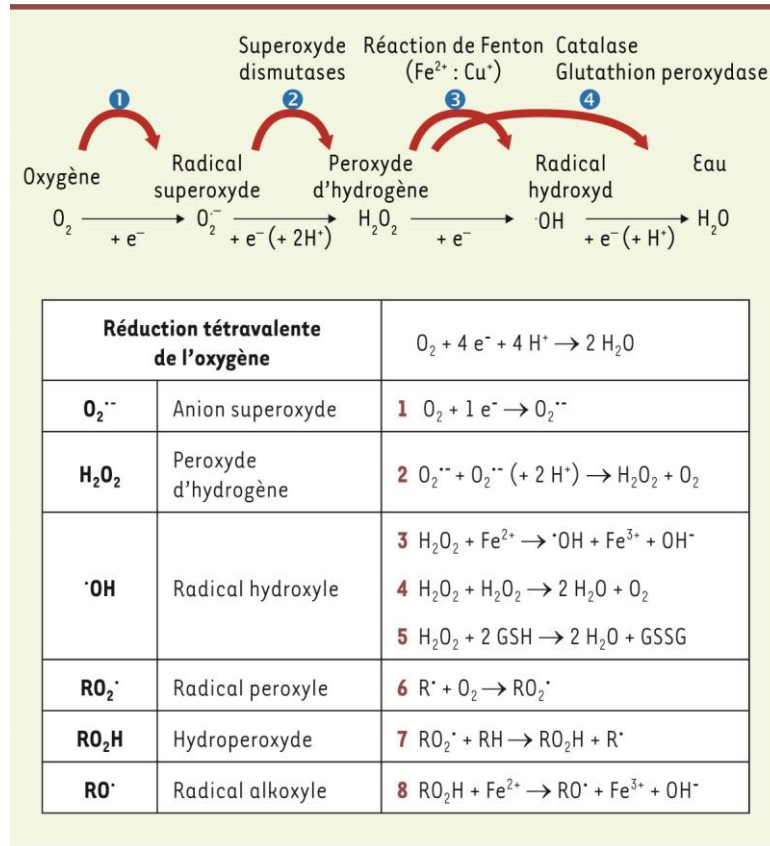


Figure 4: Origine des espèces réactives de l'oxygène. Les quatre étapes de la réduction de l'oxygène et la formation des intermédiaires partiellement réduits sont détaillées (Migdal et Serres, 2011).

b. Apport exogène :

L'environnement tout comme le mode de vie sont à l'origine d'une augmentation de la production de ROS dans l'organisme et sont générateurs du stress oxydant. Nous pouvons citer (Arteel *et al.*, 2003; Fearon *et al.*, 2011) :

- L'exposition aux rayons UV, aux ultrasons, aux micro-ondes et à des champs magnétiques.
- L'exposition aux métaux lourds.
- Le contact avec des agents cancérigènes.
- Le tabagisme et l'alcool.
- La prise de médicaments et de la pilule contraceptive.
- La pratique trop intense ou mal gérée d'un sport.
- Le stress intellectuel ou émotionnel.
- La pollution.

II.2.2. Le stress oxydant

Les ERO sont présentes dans la cellule à des doses raisonnables : leur concentration est régulée par l'équilibre entre leur taux de production et leur taux d'élimination par les systèmes antioxydants. Ainsi, à l'état quiescent, on dit que la balance antioxydants/pro-oxydants (balance rédox) est en équilibre. Cependant cette homéostasie rédox peut être rompue, soit par une production excessive d'ERO (comme dans le vieillissement ou l'athérosclérose), soit par une diminution des capacités antioxydantes (comme chez les personnes souffrant d'obésité et les fumeurs). On parle alors de stress oxydant. Un tel déséquilibre peut être provoqué de façon régulée par l'activation de systèmes de production d'ERO. La réponse antioxydante est alors efficace pour compenser cette production et le déséquilibre est transitoire. En revanche, dans certaines situations pathologiques (cancer), la production d'ERO est plus importante et prolongée, et la réponse antioxydante insuffisante.

Le déséquilibre est durable. Cette rupture de l'homéostasie rédox peut avoir plusieurs origines : stress d'origine exogène (agents environnementaux pro-oxydants), intoxication aux métaux lourds, irradiations, carence en antioxydants apportés par l'alimentation ou anomalies génétiques (Migdal et Serres, 2011).

II.2.3. Mesure de l'activité antioxydante

Plusieurs méthodes sont disponibles pour mesurer l'activité antioxydante des aliments et les systèmes biologiques (Ali *et al.*, 2008 ; Scherer et Godoy, 2009), les plus utilisées :

- Réduction de fer par test de FRAP
- Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl
- Piégeage du peroxyde d'hydrogène
- Blanchissement de β -carotène

II.2.3.1 Réduction de fer par test de FRAP

Le pouvoir réducteur d'un extrait est associé à son pouvoir antiradicalaire. Cette technique permet de mesurer la capacité des extraits testés à réduire le fer ferrique (Fe^{3+}) présent dans le complexe $K_3Fe(CN)_6$ en fer ferreux (Fe^{2+}) (Oyaizu, 1986). C'est une technique rapide, facile et reproductible (Karagözler *et al.*, 2008). La capacité réductrice d'un composé peut servir comme un indicateur significatif de son activité antioxydante potentielle.

Beaucoup de publications actuelles ont indiqué qu'il y a une relation directe entre les activités antioxydantes et la puissance de réduction des composants de quelques plantes (Figure 5).

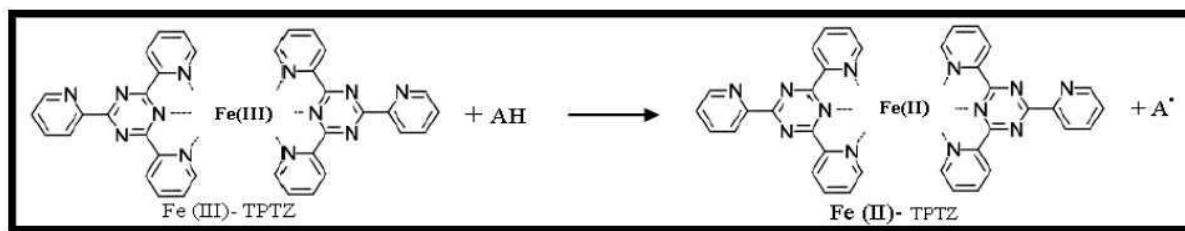


Figure 5 : Mécanisme réactionnel intervenant lors du test FRAP entre le complexe tripyridyltriazine ferrique Fe(III)-TPTZ et un antioxydant (AH) (Thomas, 2011)

II.2.32 Piégeage du radical 2,2-diphényl-1-picrylhydrazyl (DPPH)

Le test DPPH repose sur la théorie qu'un donneur d'hydrogène est un antioxydant. Le radical DPPH•, de coloration violette et qui présente une bande d'absorption caractéristique à 517 nm, accepte l'hydrogène qui est cédé par l'antioxydant pour former le DPPH (Figure 6). L'effet de l'antioxydant est proportionnel à la disparition du radical DPPH• et à la décoloration de la solution du violet au jaune. L'activité antioxydante s'exprime par le PI de l'absorbance à 517 nm (Moon et Shibamoto, 2009).

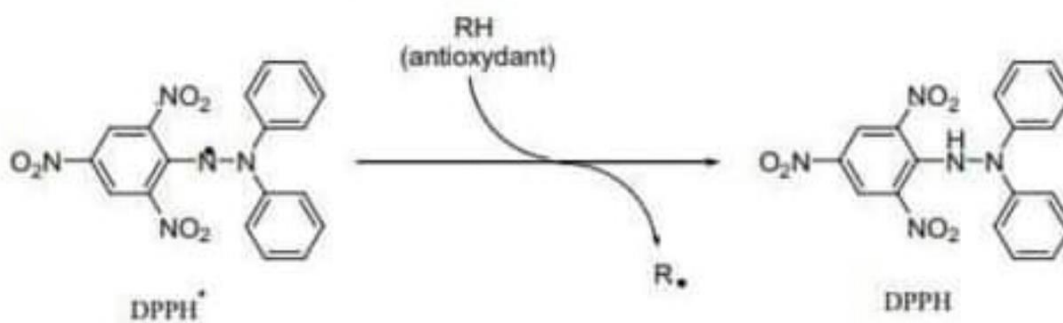


Figure 6 : Réaction entre le DPPH• et le composé antioxydant pour former le DPPH (Sarr *et al.*, 2015).

II.2.33 Piégeage du peroxyde d'hydrogène

Une des méthodes les plus communes pour évaluer la capacité du piégeage du peroxyde d'hydrogène est basée sur l'absorption de cette molécule dans le domaine de l'UV. Comme la concentration de H₂O₂ diminue par les composés piègeurs, la valeur d'absorbance de ce dernier à 230nm diminue également. Néanmoins il est tout à fait normal que les échantillons absorbent également à cette longueur d'onde, exigeant ainsi l'exécution d'une mesure du blanc (Malgalhae *et al.*, 2008).

II.2.3 4 Blanchissements de β-carotène

L'évaluation de l'activité antioxydante par le test de blanchissement du β-carotène repose sur la mesure d'inhibition des composés organiques volatils et des hydroperoxydes conjugués diène résultant de l'oxydation d'acide linoléique (Dapkevicius *et al.*, 1998).

Le test du β -carotène/acide linoléique a été réalisé suivant la méthode décrite par Kelen et Bektas (2008) avec modifications (Tween 80 au lieu de Tween 40).

II.2.4. Activité antioxydante des graines de sésame

Le contenu phénolique total, le statut antioxydant total, la capacité de piégeage des radicaux libres, l'inhibition du cholestérol des lipoprotéines de basse densité et la capacité de chélation des métaux des extraits de graines de sésame noires et blanches entières et de leurs fractions de coque dans de l'éthanol aqueux à 80 % ont été étudiés.

Les résultats ont montré que les produits à base de sésame (farine, huile...etc.) présentaient de bonnes capacités de chélation des ions ferreux. En outre, il a été démontré que les produits à base de sésame avaient une activité antioxydante considérable, en particulier les coques de sésame noir. L'activité antioxydante des extraits éthanoliques de coques de sésame a été étudiée. Les résultats ont montré aussi que l'activité antioxydante de cette plante est due à sa réaction aux radicaux libres, à sa capacité à se lier aux métaux et à la désactivation de l'oxygène réactif.

Il a été démontré que la sésamoline contenue dans l'huile de sésame non traitée est la source du sésaminol. Le sésaminol n'a pas été aussi bien éliminé par le processus de désodorisation. L'activité antioxydante du sésaminol était relativement égale à celle du sésamol et du γ -tocophérol par la méthode du thiocyanate. Il semble donc que l'activité antioxydante de l'huile de graines non torréfiée raffinée soit principalement attribuée au sésaminol. Dans une étude, l'agent antioxydant du sésame a été introduit pour être lié à la présence de divers nouveaux composés antioxydants lignan-phénol dans la graine et l'huile de sésame. Le sésaminol comme nouveau principe antioxydant dans l'huile de sésame crue a été introduit. Le mécanisme de l'activité antioxydante supérieure de l'huile de sésame torréfié a été associé à l'effet synergique des produits de brunissage avec le tocophérol, le sésamol et la sésamine (Miraj et Kiani, 2016).

Chapitre III

I. Les antioxydants de sésame torréfié et non torréfié

I.1 Les polyphénols totaux et les flavonoïdes

Selon la littérature, les composés phénoliques sont présents dans l'huile de graines de sésame torréfié et native (brut). L'huile de sésame torréfié montre une teneur en polyphénols et flavonoïdes plus importante que l'huile native. Ainsi, les valeurs obtenues par ces auteurs, sont 16,82 mg équivalent d'acide caféique /Kg de l'huile pour l'huile torréfiée et 14,21 mg d'acide caféique /Kg de l'huile pour l'huile native (**Borchani *et al.*, 2010**).

De même, Boudjou (2018), démontre que la teneur en flavonoïdes de l'huile torréfiée est plus élevée que celle de l'huile non torréfié. D'autres études faites par Rizki *et al.* (2016) ont prouvé que la teneur en composés phénolique total et en flavonoïdes augmentent de manière significative avec l'augmentation de la durée de torréfaction des graines de sésame. En effet, après 90 min de torréfaction des graines, l'huile présente 87,4 d'acide gallique / kg d'huile et 0,096quercétine / kg d'huile de polyphénols et de flavonoïdes, respectivement. Par contre, les teneurs en ces molécules commencent à diminuer jusqu'à 73,98 et 0,050 mg/kg, respectivement après 360 min de torréfaction. En effet, il a été rapporté que la concentration en composés phénoliques augmentait si l'huile était extraite de graines torréfiées, mais la torréfaction pendant une longue durée (plus de 2 heures) provoque une réduction des teneurs en composés phénoliques.

Ces résultats suggèrent que le contenu phénolique présent dans l'huile de sésame pourrait être thermolabile. Kim (2000) a indiqué que la stabilité de l'huile de sésame non torréfiée est faible, mais en torréfiant les graines de sésame à 170 °C, la stabilité de l'huile est considérablement accrue. Lorsque la torréfaction des graines se fait entre 200° C à 220 °C, la teneur de l'huile en sésamol, un puissant antioxydant phénolique, sera plus stable et plus élevée. Yoshida et Takagi (1997) ont également rapporté que la teneur en sésamol, augmentait lorsque la température de torréfaction des graines atteignait 180 °C. Les résultats obtenus ont indiqué que la torréfaction des graines de sésame clivait et libérait des composés phénoliques. En effet, l'huile de sésame contient du sésamol, de la sésamine et de la sésamoline qui sont des antioxydants, ces derniers diminuent l'autoxydation de l'huile à des température relativement basses (**Lee *et al.*, 2008**).

I.2 Les acides phénoliques

Les acides phénoliques sont présents dans les graines de sésame torréfiées ou non. L'étude d'Hassan (2012) a montré que les graines de sésame, non torréfiées ou torréfiées à 200°C pendant 15 min, contient de nombreux acides phénoliques à des niveaux variables.

Ainsi, les acides ellagique, chlorogénique, catéchique, pyrogallol et benzoïque ont été présentés en quantités raisonnables dans les échantillons témoin et grillé.

Les résultats de l'HPLC ont permis d'identifier le catéchol, le vanillier, la caféine, l'acide p-hydroxybenzoïque et les acides chrysiniques comme constituants phénoliques des échantillons de graines de sésame. La caféine et les acides benzoïques ont été également déterminés dans les graines de sésame et la torréfaction influence sur leurs teneurs. En effet, la teneur en caféine et en acides benzoïques augmentede 57,60 et 23,40 µg d'acide / 100 g de poids sec jusqu'à 62,58 et 86,50µg d'acide / 100 g de poids sec, respectivement.

En général, la teneur en acides phénoliques de graines de sésame a été influencée positivement par le traitement thermique. Par contre y a quelque acides leur teneur a diminuée à cause de la torréfaction tel que l'acide chlorogène et l'acide ellagique, les teneurs diminuent de 75.70 à 68.70 µg/100 g et de 1076.40 à 772.2µg/100 g, respectivement.

I.3 Les caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des importants paramètres de qualité car ils sont corrélés avec la couleur, qui est un attribut de base pour l'évaluation de la qualité du l'huile (**Salvador *et al.*, 2001**). Le β-carotène est un composé très vulnérable à l'autoxydation (**Bopitiya et Madhujith, 2013**).

Les traitements thermiques traditionnels pourraient induire une dégradation pour les caroténoïdes, Rizki *et al.* (2016), ont noté que la concentration en caroténoïdes augmente avec le temps de torréfaction. La torréfaction des graines à 150°C pendant 150 min, favorise l'augmentation de leur teneur en caroténoïdes de 2,75µg/g pour l'échantillon non torréfiés à 3,525 µg/g pour l'échantillon torréfiés, cette augmentation pourrait s'expliquer par le fait que la pression et la température d'application conduisent à un ramollissement du tissu végétal et à une dénaturation des protéines qui pourraient aider à libérer les caroténoïdes.

Cependant, les résultats obtenus par Boudjou (2018) ont montré que la teneur en caroténoïdes de l'huile de sésame non torréfié est plus importante que celle de l'huile de sésame torréfié. La torréfaction affect significativement la teneur en caroténoïdes, elle a permis de réduire 59,85 % de ces composés dans l'huile de sésame. En effet, plusieurs études ont montré que ces molécules sont très sensibles à la chaleur car elles se dégradent rapidement au de-là de 100°C (**Amaral *et al.*, 2006**).

II. L'Activité antioxydante de sésame torréfié et non torréfié

II.1 Pouvoir antiradicalaire

L'activité antiradicalaire et la capacité des extraits à piéger le radical DPPH a été largement utilisée pour évaluer l'activité antioxydante (**Jung *et al.*, 2008**). D'après les résultats obtenus par Bopitiya et Madhujith (2013), L'activité de piégeage des radicaux DPPH, exprimée en valeur IC_{50} de l'huile de sésame et d' α -tocophérol, était de 0,026 mg/mL et 0,031 mg/mL, respectivement. La valeur IC_{50} est inversement proportionnelle à l'activité antioxydante. Selon la valeur IC_{50} , l'huile de sésame peut être classée comme une huile ayant un potentiel antioxydant considérable, elle montre un pouvoir antiradicalaire plus important que celui de standard α -tocophérol.

D'autres résultats obtenus par Boudjou (2018), en utilisant le test de DPPH, démontre que l'activité antiradicalaire de l'huile de sésame torréfié est beaucoup plus grand que celle de l'huile de sésame non torréfié. Il s'est avéré deux fois plus efficace dans l'inhibition de ce radical, ceci pourrait être expliqué par la teneur élevée en antioxydant de l'huile torréfiée.

Fukuda et ces collaborateurs (1994) ont rapportés que l'activité antioxydante de l'huile de sésame torréfié est supérieure à celle non torréfié et cela est dû à la quantité élevée de sésamol produit sous l'effet de la décomposition de la sésamoline à une température de 180°C. Ce sésamol produit contribue à la stabilité de cette huile.

L'activité antioxydante des extraits de graines de sésame a été déterminée avant et après la torréfaction à 150°C pendant des temps variables de 30 à 120 min et de 180 à 360 min. La gamme des valeurs de cette activité était comprise entre 64,25 et 50,1% avec un maximum de 64,25% à 120 min. La torréfaction a entraîné une nette augmentation de l'activité antioxydante. Cette activité a progressivement augmenté pendant la torréfaction pour atteindre un maximum apparent en 120 minutes (**Rizki *et al.*, 2015**), et ils ont constaté une diminution de l'activité antioxydante des extraits après 180 minutes de torréfaction.

L'augmentation de la capacité antioxydante, peut également être due à la formation de nouveaux composés avec des propriétés antioxydantes qui se forment pendant le processus de torréfaction, comme les mélanoidines formées par la réaction de Maillard. Les résultats indiquent que l'activité antioxydante des extraits de sésame était significativement affectée par la température et le temps de torréfaction.

I.2 Pouvoir réducteur

Plusieurs études ont montré que les extraits et l'huile de sésame exercent un pouvoir réducteur. Sani *et al.* (2014) ont rapporté que 1 ml d'extrait hexanique de sésame brun présentait une capacité de 70,7% de FRAP. Une autre étude a indiqué que 9 mg/ml d'extrait méthanolique de graines de sésame brun présentaient une capacité de 98,55 % de FRAP (Nigam *et al.*, 2015). Les résultats obtenus par Boudjou (2018), ont démontré que le pouvoir réducteur de l'huile de sésame torréfié est beaucoup plus élevé que celui de l'huile de sésame non torréfié. Ceci peut être expliqué par la teneur élevée en antioxydant dans l'huile de sésame torréfié.

De nombreux auteurs ont démontré une corrélation positive entre les composés phénoliques totaux, les flavonoïdes et l'activité antioxydante des fruits, des légumes et des graines (Rizki *et al.*, 2015). Dans l'étude de Rizki *et al.*, 2015, la corrélation entre l'activité phénolique, les flavonoïdes, les flavonols et l'activité antioxydante réalisée par le test de Pearson a montré une corrélation positive élevée et significative ($R=0,98$) pour toutes les durées et températures de torréfaction, ce qui suggère une forte implication des composés phénoliques dans l'activité antioxydante mesurée par la méthodologie DPPH.

Conclusion

Conclusion

Le sésame est d'une grande importance dans le monde grâce à ces propriétés thérapeutiques et industrielles. La riche composition nutritionnelle du sésame (antioxydants et composés phénoliques tel que les lignanes comme la sésamine et la sésamoline...etc.) et son activité antioxydante élevée a fait de lui un aliment fonctionnel très unique et très bon qui semblent avoir des effets positifs sur la santé humaine.

D'après les études effectuées par les différents auteurs, on constate que la torréfaction a amélioré de manière significative les différents composés bioactifs notamment les polyphénols totaux, les flavonoïdes, les acides phénoliques, les caroténoïdes, et par conséquence elle a amélioré l'activité antioxydante des extraits des graines de sésame (Huile de sésame). La torréfaction des graines de sésame a permis de :

- ❖ Augmenter la teneur en polyphénols et en flavonoïdes de l'huile de sésame, les concentrations de polyphénols totaux augmentent de 14,21 mg/Kg d'huile native à 16,82 mg /Kg d'huile torréfiée.
- ❖ Augmenter la teneur de quelques acides phénolique (comme la caféine et l'acide benzoïque) des extraits et de l'huile de sésame, avec des teneurs de l'ordre de 62,58 et 86,50µg/ 100 g de poids sec, respectivement.
- ❖ Augmenter la teneur en caroténoïdes, avec une augmentation de 2,75µg/g à 3,525 µg/g.
- ❖ Augmenter l'activité antioxydante de l'huile de sésame par libération du sésamol qui est un antioxydant puissant, le test DPPH montre que l'huile de sésame torréfié présente un pouvoir antiradicalaire de 64.25%, les résultats de test FRAP montre que l'extrait de sésame exerce une capacité réductrice de 98,55 % à la concentration de 9 mg/ml.

Les résultats de la synthèse bibliographique ont permis de constater que le processus de torréfaction est l'étape clé pour obtenir un produit de torréfié (huile ou extrait) plus stable à l'oxydation. La torréfaction accélère également la libération d'antioxydants endogènes puissants (sésamol, sésamoline et sésamine) et l'augmente de l'activité antioxydante des extraits de sésame et la durée de stockage de l'huile de sésame.

Références

A

- Abou-Gharbia H A, Shehata A A Y, Shahidi F. (2000). Effect of processing on oxidative stability and lipid classes of sesame oil. *Food Research International*, 33, p 331– 340. DOI: [agris.fao.org/agrissearch/search.do?recordID=US20160009 7266](https://doi.org/10.1016/S0950-2688(00)00726-6)
- Abou-Gharbia H A, Shahidi F. (1997). Effects of processing on oxidative stability of sesame oil extracted from intact seeds. *JAM oil chem. Soc*, 74, p 215-221. DOI:10.1007/s11746-997-0126-9
- Adom K K, Liu R H. (2002). Activité antioxydante des grains. *J. Agric. Food Chem*, 50, p 6182–6187. DOI: 10.1021/jf0205099
- Aguilera-Carbo A, Augur C, Prado-Barragan L A, Favela-Torres E, Aguilar C N. (2008). Microbial production of ellagic acid and biodégradation of ellagitannins. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 78, p 189-199. DOI: 10.1007/s00253-007-1276-2
- Ali S S, Kasoju N, Luthra A, Singh A, Sharanabasava H, Sahu A, Bora U. (2008). Indian medicinal herbs as sources of antioxidants. *Food Res Int*, 41, p 1–15.
- Amaral Flavia M M, Nilce M Ribeiro S, José M, Barbosa-Filho, Aramys S Reis, Flávia R F, Nascimento, Rui O. Macedo. (2006). Plants and chemical constituents with giardicidal activity. *Rev. bras. Farmacogn*, 16, p 696-720. DOI: 10.1590/S0102-695X2006000500017
- Ames J M. (1988). The Maillard browning reaction: an update. *Chemistry and Industry*, 5, p 558- 561.
- Anilakumar K, Pal A, Khanum F, Bawa A. (2010). Nutritional, Medicinal and Industrial Uses of Sesame (*Sesamum indicum* L). *Seeds - An Overview. Agriculturae Conspectus Scientificus*. 75(4), p 159-168. DOI: <https://hrcak.srce.hr/66001>
- Arteel G, Marsano L, Mendez C, Bentley F, McClain C J. (2003). Advances in alcoholic liver disease, *Best Practice & Research, Clinical Gastroenterology*, 625 p. DOI: 10.1016/S1521-6918(03)00053-2

B

- Bailey A E. (1996). *Bailey's Industrial Oil and Fat Products*. 5(3), John Wiley: New York.
- Baltes W, Bochmann G. (1987). Model reactions on roast aroma formation. II.-Mass spectrometric identification of furans and furanones from the reaction of serine and

- threonine with sucrose under the conditions of coffee roasting. *Z. Lebensm. Unters. Forsch*, 184, p 179-186. <https://doi.org/10.1007/BF01042203>
- Bedigian D. (1981). Origin, diversity, exploration and collection of sesame. In : « Sesame: Status and Improvement », FAO Plant Production and Protection Paper, 29. FAO, Rome (IT), p 164-169.
 - Benlemlih M, Ghanam J. (2012). Polyphénols d'Huile d'Olive, Tresors Santé! Medicatrix Editions: Embourg, Belgique.
 - Benson A M, Cha Y N, Bueding E, Heine H S, Talalay P. (1979). Elevation of extrahepatic glutathione s-transferase and epoxide hydratase activities by 2(3)-tert-butyl-4-hydroxyanisole (BHA). *Cancer Res*, 39, p 271-281.
 - Biswa T K, Sana N K, Badal R K, Huque Entazul M. (2001). Biochemical study of some oil seeds (Brassica, Sesame and linseed). *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 4(8), p 1002-1005. DOI: 10.3923/pjbs.2001.1002.1005
 - Bopitiya D, Madhujith T. (2013). Antioxidant Activity and Total Phenolic Content of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Seed Oil. *Tropical Agricultural Research*, 24 (3), p 296 – 302. DOI: 10.4038/tar.v24i3.8015
 - Borchani C, Besbes S, Blecker C H, Attia H. (2010). Chemical Characteristics and Oxidative Stability of Sesame Seed, Sesame Paste, and Olive Oils. *J. Agriculture, Science and Technology*, p 585-596.
 - Borges M F M, Silva F A M, Ferreira M A. (1999). Métodos para avaliação do grau de oxidação lipídica e da capacidade antioxidante. *Química Nova*, 22(1), p 94-103. (In Portuguese).
 - Boudjou L. (2018). Caractéristiques physicochimiques de l'huile de grain de sésame : étude comparative avec l'huile d'olive. Mémoire de master en Chimie - Analyse chimique. Université A. MIRA – Bejaia, 84 p.
 - Boveris A, Oshino N, Chance B. (1972). Cellular production of hydrogenperoxide, *Biochemical Journal*, p 617. DOI: 10.1042/bj1280617
 - Bruyne T, Pieters L, Deelstra H, Vlietink A. (1999). Condensed vegetable tannins: Biodiversity in structure and biological activities. *Biochemical Systematic and Ecology*. 27, p 445- 459.
 - Bubonja-Sonje M, Giacometti J, Abram M. (2011). Antioxidant and antilisterial activity of olive oil, cocoa and rosemary extract polyphenols. *Food Chemistry*, 127, p 1821–1827.

Références bibliographiques

- Buckholz L L, Daun H, Stier E. (1980). "Influence of roasting time on sensory attributes of fresh roasted peanuts." *Journal of Food Science*, 45, p 547-554.

C

- Cadenas E, Davies K J A. (2000). Mitochondrial free radical generation, oxidative stress, and aging, *Free Radical Biology & Medicine*, 222 p. DOI: 10.1016/s0891-5849(00)00317-8
- Chira K, Such J H, Saucier C, Teissèdre P L. (2008). Les polyphénols du raisin. Université Victor-Segalen, Bordeaux-II, faculté d'œnologie – UMR 1219 – ISVV, Laboratoire de chimie appliquée, 351, cours de la Libération, F-33405 Talence Cedex, France. *Phytothérapie*, 6, p 75–82.
- Cicerale S, Conlana X A, Sinclair A J, Keast R S. (2009). Chemistry and health of olive oil phenolics. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 49(3), p 218–236.
- Cowan M M. (1999). Plant products as antimicrobial agents. *Clinical Microbiology Reviews*. 12, p 564-582.
- Crozier A. (2003). Classification and biosynthesis of secondary plant products: An overview. In: Goldberg G (ed) *Plants: Diet and Health*. British Nutrition Foundation, Chapman Hall, Londres, p 27-48.

D

- Dapkevicius A, Venskutonis R, Van Beek T A, Linssen P H. (1998). Antioxidant activity of extracts obtained by different isolation procedures from some aromatic herbs grown in Lithuania. *Journal of the Science Food and Agriculture*, 77, p 140 - 146.
- Das R, Bhattacharjee C. (2015). Processing Sesame Seeds and Bioactive Fractions. *Processing and Impact on Active Components in Food*, Chapitre 46, p 385 -394. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-404699-3.00046-9>
- Demol J, Baudoin J P, Louant B P, Maréchal R, Mergeai G, Otoul E. (2002). Amélioration des Plantes: Application aux Principales Espèces Cultivées en Régions Tropicales. Les Presses Agronomiques de Gembloux : Gembloux, p 581.
- Diouf M. (2002). Effet de l'interaction génotype x milieu sur la croissance et la productivité du sésame (*Sesamum indicum* L.) au Sénégal. Mémoire d'ingénieur agronome, Ecole Nationale Supérieure d'Agriculture (ENSA), Thiès, p 93.
- Dobignard A, Chatelain C. (2012). Index synonymique de la Flore d'Afrique du nord, 4. Editions des Conservatoire et Jardin botaniques de la Ville de Genève (CH).

Références bibliographiques

- Ducellier L, Maire R. (1925). Végétaux adventices observés dans l'Afrique du Nord (2ème note). Bull. Soc. Hist. Nat. Afrique N., 16, p 126-131.
- Dziezak J W. (1976). Preservatives: ANTIOXIDANTS the ultimate answer to oxidation. Food Technology, p 94-102.

E

- El Mokni R, El Aouni H. (2013). Le sésame, *Sesamum indicum* L. (Pedaliaceae) une adventice récemment naturalisée en Tunisie, 5, p 6-14.
- Elleuch M, Besbes S, Roiseux O, Blecker C, Attia H. (2007). Quality characteristics of sesame seeds and by-products. Food Chemistry, 103(2), p 641-650.

F

- FAO (Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture). (2004). Statistiques principales du commerce extérieur agro-alimentaire. FAO. www.fao.org/es/ess/toptrade/trade.asp
- Favier A. (2003). Le stress oxydant: intérêt conceptuel et expérimental dans la compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique, L'actualité chimique, p 108-115.
- Fearon I M, Phillips G, Carr T, Taylor M, Breheny D, Faux S P. (2011). The role of oxidative stress in smoking-related diseases, Mini-Reviews in Organic Chemistry, 360 p.
- Fleuriet A., Jay-Allemand C., Macheix J.J. (2005). Composés phénoliques des végétaux un exemple des métabolites secondaires d'importance économique. Presses polytechniques et universitaires romandes, p 121-216.
- Flynn H. (1975). Cavitation dynamics. Free pulsation and models for cavitation bubbles. Journal of Acoustic Society of America. 58, p 1160-1170.
- Fossen T, Andersen O M, Ovstedal D O, Pedersen A T, Raknes A. (1996). Characteristic anthocyanin pattern from onions and other *Allium* spp. Journal of Food Science, 61, p 703-706.
- Fournier P. (1947). Les quatre flores de France. Paul Lechevalier, Paris (FR), p 1106.
- Fukuda Y, Osawa T, Kawakishi S, Namiki M. (1994). Chemistry of Lignan Antioxidants in Sesame Seed and Oil. Food Phytochemicals for Cancer Prevention II. Chapter 27, p 264-274. DOI: 10.1021/bk-1994-0547.ch027

Références bibliographiques

- Fukuda Y, Namiki M. (1988). Recent studies on sesame seed and oil. *Nippon Shokuhin Kogyo Gakkaishi*, 35, p 552-562.
- Fukumoto L R, Mazza G. (2000). Assesing antioxidant and prooxidant activities of phenolic compounds. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48, p 3597–3604.

G

- Gandhi A P, Srivastava J. (2007). Studies on the production of protein isolates from defatted sesame seed (*Sesamum indicum*) flour and their nutritional profile. *ASEAN Food Journal*, 14(3), p 175-180. [www.ifrj.upm.edu.my/afjv14\(3\)2007/175-180](http://www.ifrj.upm.edu.my/afjv14(3)2007/175-180).

H

- Haleng J, Pincemail J, Defraigne J O, Charlier C, Chapelle J P. (2007). Le stress oxydant. *Revue Médicale de Liège*, 62 (10), p 628-638.
- Halliwell B. (1997). Antioxidants and human diseases. *Nutrition Reviews*, 55, p 44 -52.
- Hannebelle T, Sahpaz S, Bailleul F. (2004). Polyphénols végétaux, sources, utilisations et potentiel dans la lutte contre le stress oxydatif. *Phytothérapie*, 1, p 3-6.
- Hassan M A M. (2012). Studies on Egyptian Sesame Seeds (*Sesamum indicum* L.) and Its Products 1- Physicochemical Analysis and Phenolic Acids of Roasted Egyptian Sesame seeds (*Sesamum indicum* L.). *World J. Dairy & Food Sci*, 7 (2), p 195-201.
- Hugues S N, (2000). Contribution des facteurs biotiques aux pertes de rendement du sésame (*Sesamum indicum* L.). Mémoire de fin d'études, Université Bobo-Dioulasso (BF), p 81.

I

- Ito N, Hirose M, Fukushima S, Tsuda H, Shirci T, Tatematsu M. (1986). Studies on antioxidants: Their carcinogenic and modifying effects on chemical carcinogenesis. *Fd Chem Toxic*, 24, p 1071-1082.

J

- Jannat B, Oveisi M R, Sadeghi N, Hajimahmoodi M, Behzad M, Choopankari E, Behfar A A. (2010). Effects of roasting temperature and time on healthy nutraceuticals of

antioxydants and total phenolic content in iranian sesame seeds (*Sesamum Indicum L.*). Iran. J. Environ. Health. Sci. Eng, 7(1), p 97-102.

- Ji L L. (2001). Exercise at old age: does it increase or alleviate oxidative stress? Annals of the New York Academy of Sciences, p 236.
- Jung M J, Heo S I, Wang M H. (2008). Free radical scavenging and total phenolic contents from methanolic extracts of *Ulmus davidiana*” Food Chemistry, 108, p 482-487.

K

- Kafiriti E M, Deckers J. (2001). Sésame : *Sesamum indicum L.* In Raemaekers, Agriculture en Afrique Tropicale. Direction Générale de la Coopération Internationale (DGCI) : Bruxelles, Belgique, p 1634.
- Kanoun K. (2011). Contribution à l'étude phytochimique et activité antioxydante des extraits de *Myrtus communis L.* (Rayhane) de la région de Tlemcen (Honaine). Mémoire de Magister en Biologie. Université Aboubekr Belkaid Tlemcen, 118 p.
- Karagözler A, Erdag CS, Çalmaz Emek Y. (2008). Antioxydant activity and proline content of leaf extracts from *Dorystoechas hastate*. Food Chem, 111, p 400–7.
- Kelen M, Bektas T. (2008). Chemical composition, antioxydant and antimicrobial properties of essential oils of three *Salvia* species from Turkish flora. Bioresources technology, 99, p 4096-4104.
- Kim H W. (2000). Studies on the antioxidative compounds of sesame oils with roasting temperature. Korean J Food Sci Technol, 32(2), p 246–251.
- Kim K H, Tsao R, Yang R. (2006). Cui SW Profils de l'acide phénolique et activités antioxydantes des extraits de son de blé et effet des conditions d'hydrolyse. Food Chem. 95, p 466–473. DOI: 10.1016 / j.foodchem.2005.01.032.
- Ksouri R, Megdiche W, Debez A, Falleh H, Grignon C, Abdelly C. (2007). Salinity effects on polyphenol content and antioxydantactivities in leaves of the halophyte *Cakile maritima*. Plant. Physiol Bioch, 45, p 244-249.
- Kulawik P, Özogul F, Glew R, Özogul Y. (2013). Significance of antioxidants for seafood safety and human health. J. Agric. Food Chem., 61(3), p 475-491.

L

Références bibliographiques

- Laurentin H. (2007). Genetic diversity in sesame (*Sesamum indicum* L.): molecular markers, metabolic profiles and effect of plant extracts on soil-borne pathogenic fungi. PhD dissertation, Georg-August-University, Göttingen (DE), 107 p.
- Ledl F, Schleider E. (1990). New aspects of the Maillard reaction in foods and in the human body. *Angewandte Chemie*, 29, p 565-594.
- Lee J, Lee Y, Choe E. (2008). Effects of Sesamol, Sesamin, and Sesamolin Extracted from Roasted Sesame Oil on the Thermal Oxidation of Methyl Linoleate. *LWT Food Sci. Technol*, 41, p 1871-1875.
- Lehucher-Michel M P, Lesgards J F, Delubac O, Stocker P, Durand P, Prost M. (2001). Oxidative stress and human disease, current knowledge and perspectives For prevention. *Presse Medicale*, 30, p 1076 – 1081.
- Leong L P, Shui G. (2002). An investigation of antioxidant capacity of fruits in Singapore markets. *Food Chem*, 76, p 69-75.
- Linden G, Lorient D. (1994). Pigments et arômes .In : Biochimie agro-industrielle valorisation alimentaire de la production agricole. Ed: Masson, p 338-340.

M

- Machiels D, Istasse L. (2002). La réaction de Maillard : importance et applications en chimie des aliments. *Annales de Médecine Vétérinaire*, 146, p 347-352.
- Maire R. (1952-1987). Flore de l'Afrique du Nord (Maroc, Algérie, Tunisie, Tripolitaine, Cyrénaïque et Sahara). Volumes I-XIV. Ed. Paul Lechevalier, Paris (FR).
- Malgalhae L M, Segundo M A, Reis S, Lima J. (2008), Methodological aspects about vitro evaluation of antioxidant properties, *Analytica. Chemical. Acta*, (613), p 1-19.
- Marc F, Davin A, Deglène-Benbrahim L, Ferrand C, Baccaunaud M, Fritsch P. (2004). Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *M/S : médecine sciences*, 20 (4), p 458–463.
- Marc N, Maudet M. (2000). Caroténoïdes et vitamine A. *Actualités. Oléagineux, Corps Gras, Lipides*, 7(3).
- Mason T J, Lorimer J P. (2002). *Applied Sonochemistry*. Wiley-VCH. Weinheim, Allemagne.
- Mazza G, Fukumoto L, Delaquis P, Girard B, Ewert B. (1999). Anthocyanins, phenolics, and color of Cabernet Franc, Merlot, and Pinot Noir wines from British Columbia. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 47, p 4009-4017.

Références bibliographiques

- Mémento de l'Agronome. (2002). Mémento de l'Agronome. Ministère des affaires étrangères, Centre de coopération internationale en recherche agronomique pour le développement (Cirad), Groupe de recherche et d'échange technologique (Gret), Paris, 1690 p.
- Merouane A, Noui A, Medjahed H, Nedjari Benhadj Ali K, Saadi A. (2014). Activité antioxydante des composés phénoliques d'huile d'olive extraite par méthode traditionnelle. *Int. J. Biol. Chem. Sci.* 8(4), p 1865-1870.
- Michelson A M. (1982). Oxygen radicals, Agents and Actions. Supplements, 179 p.
- Middleton E, Kandaswami C, Theoharides T C. (2000). The effects of plant flavonoids on mammalian cells: implications for inflammation, heart disease and cancer. *Pharmacol Rev*, 52, p 673-839.
- Migdal C, Serres M. (2011). Espèces réactives de l'oxygène et stress oxydant. *Med Sci (Paris)*, 27(4), p 405-412.
- Miraj S, Kiani S. (2016). Bioactivity of *Sesamum indicum*: A review study. *Der Pharmacia Lettre*, 8 (6), p 328-334.
- Molinier R. (coll. P. Martin). (1981). Catalogue des plantes vasculaires du département des Bouches-du-Rhône. Muséum d'histoire naturelle de Marseille, Marseille (FR), 373 p.
- Moss J R, Otten L. (1989). A relationship between color development and moisture content during roasting of peanut. *Canadian Institute of Food Science and Technology journal*, 22, p 3-39.
- Moon J K, Shibamoto T. (2009). Antioxidant assays for plant and food components. *J. Agric. Food Chem.*, 57(5), p 1655-1666.
- Muller K, Bauer W. (1990). Detection and kinetics of chemical reactions during the drying process. In *Preservation processes and related techniques*, London: Elsevier Science LTD, 2, p 644-657.

N

- National Cancer Institute Bioassay of Butylated Hydroxytoluene (BHT) for possible carcinogenicity. (1979). National Institutes of Health Publications NIH, p 79-1706.
- Nagata M, Osawa T, Namiki M. (1987). Stereochemical structures of antioxidative sesaminol. *Agric. Biol. Chem*, 51, p 1285-1289.

Références bibliographiques

- Nigam D, Singh C, Tiwari U. (2015). Evaluation of in vitro study of antioxidant and antibacterial activities of methanolic seed extract of *Sesamum indicum*. *J Pharmacogn Phytochem*, 3, p 88-92.
- Nijveldt R J, Nood E, Hoorn D E, Boelens P G, Norren K, Leeuwen P. (2001). Flavonoids: A review of probable mechanisms of action and potential applications. *Am. J. Clin Nutr*, 74, p 418–425.
- Nzikou J M, Matos L, Bouanga-Kalou G, Ndangui C B, Pambou-Tobi N P G, Kimbonguila A, Silou T, Linder M, Desobry S. (2009). Chemical Composition of the Seeds and Oil of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Grown in Congo Brazzaville. *Advance Journal of Food Science and Technology*, 1(1), p 6-11. <http://maxwellsci.com/print/ajfst/6-11>

O

- O'Connell J E, Fox P F. (2001). Signification and applications of phénolic compounds in the production and quality of milk dairy products: a review. *International Dairy Journal*. 11(3), p 103-120.
- Ouattara B. (1985). Etude de la variabilité dans une collection de sésame (*Sesamum Indicum* L.). Mémoire de fin d'études. Institut Supérieur Polytechnique (I.S.P.), Université d'Ouagadougou (BF), p 77.
- Oyaizu M. (1986). Studies on products of browning reaction prepared from glucose amine. *Jpn J Nutr* 44: 307–15 *Research*, 7(19), p 3029-3033.

P

- Parle M, Dhamija I. (2012). EAT TIL AND PROTECT DIL. Pharmacology Division, Dept. Pharm. Sciences, Guru Jambheshwar University of Science and Technology, Hisar, Haryana. *IRJP*, 3 (11), p 2230 – 8407.
- Patte H E, Giesbrecht F G. (1995). Isleib, T. Roasted peanut flavor intensity variations among U.S. genotypes. *Peanut Science*, 22, p 158-162.
- Paris M, Hurabeillen M. (1981). Abrégé de Matière médicale, pharmacognosie. Ed: Masson, p 210-215.
- Pham T D. (2011). Analyses of genetic diversity and desirable traits in sesame (*Sesamum indicum* L., Pedaliaceae): implication for breeding and conservation. Doctoral Thesis, Swedish University of Agricultural Sciences, Alnarp (SE), p 52.

Références bibliographiques

- Philip J K, Joseph Z B, Jestina B K, and Joseph B K. (2010). Nutraceutical importance of sesame seed and oil: A review of the contribution of their lignans. *Journal of Biomedical Research*, 2(1), p 4-16.
- Porter W L. (1980). *Autoxidation in foods and biological systems*, eds. Simic MG, and Karel M. Plenum Press, New York; 295 chapter 19.

R

- Raghav P K, Agarwal N. (2013). Comparison of sensory qualities of three popular brands of gajaks sold in jaipur market. *International Journal of Agricultural and Food Science*, 4(1), p 6-8. www.urpjournals.com/tocjnls/7_1_4v4i1_2.pdf
- Reddy P S, Pati D. (1995). Le sésame: Ensemble des pratiques culturelles pour augmenter la production. *Conseil de recherches sur les plantes oléagineuses, Rajendranagar, Hyderabad-500030*, 2, p 19.
- Ribeiro M T, Waffo-Teguo P, Teissèdre P L. (1999). Determination of stilbenes (transastringin, cis and Trans piceid, and cis and Trans resvératrol) in portuguese wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 47, p 266-267.
- Ribéreau-Gayon P. (1968). *Les composés phénoliques des végétaux*. Edition Dunod. Paris, p 173-201.
- Rizki H, Kzaiber F, Elharfi M, Nablousi A, Ennahli S, Hanine H. (2015). Assessment of antioxidant capacity of 16 cultivars of sesame (*Sesamum indicum*.L) from different areas, *International Journal of Innovation and Scientific Research*, 18(2), p 379-385.
- Rizki H, Kzaiber F, Elharfi M, Ennahli S, Hanine H. (2015). Effets of roasting temperature and time on the physicochemical properties of sesame (*Sesamum indicum* .L) seeds. *International Journal of Innovation and Applied Studies*, 11(1), p 148-155.
- Rizki H, Nabloussi A, Kzaiber F, Elharfi M, Ennahli S, Haddioui A, Hanine H. (2016). Evaluation?Of The Effects Of Processing Parameters Of Roasting On The Antioxidant Activity And Bioactive Molecules Of Seeds Oil Of Sesame (*Sesamum Indicum* .L). *IOSR Journal of Environmental Science, Toxicology and Food Technology (IOSR-JESTFT)*, 10, p 84-92.
- Rizki H, Nabloussi A, Kzaiber F, Latrache H, Hanine H. (2017). Mineral Composition of Some Accessions of Sesame Seeds (*Sesamum Indicum* L.) Collected from Morocco. *International Journal of Engineering Research and Allied Sciences*, 2(8), p 2455-9660. DOI: 10.17957/IJAB/15.0145

- Roginsky V, Lissi E A. (2005). Review of methods to determine chain-breaking antioxidant activity in food. *Food Chemistry*, 92, p 235–254.

S

- Saha R, Dinar A M, Nabila K A, Roy P. (2014). HPLC analysis and cell surface receptor binding activities of the crude aqueous and methanolic extract of *Sesamum indicum* L. *Asian Pac. J. Trop. Biomed.*, 4(1), p 516-520. DOI: 10.12980/APJTB.4.2014C973
- Saklar S. (1999). Optimization of hazelnut roasting process by using response surface methodology, p 213. *PhD thesis*, Metu, Ankara.
- Salvador M D, Aranda F, Gómez-Alonso S, Fregapane G. (2001). Cornicabra Virgin Olive Oil: A Study of Five Crop Seasons. Composition, Quality and Oxidative Stability. *Food Chem.*, 74, p 267- 274.
- Sani I, Okpalaoka C C, Bello F, Warra A A, Abdulhamid A. (2014). Flavonoid content and antioxidant potential of white and brown sesame seed oils. *Eur J Biomed Pharm Sci*, 1, p 56-63.
- Sarr S O, Fall A D, Gueye R, Diop A, Diatta K, Diop N, Ndiaye B, Diop Y M. (2015). Etude de l'activité antioxydante des extraits des feuilles de *Vitex doniana* (Verbenacea). *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 9(3), p 1263-1269.
- Shahidi F, Wanasundara P K J P D, Wanasundara U N. (1997). Changes in edible fats and oils during processing. *Journal of Food Lipids*, 4(19), p 9-23.
- Scherer R, Godoy H T. (2009). Antioxidant activity index (AAI) by the 2, 2-diphenyl-1-picrylhydrazyl method. *Food Chem*, 112, p 654–658.
- Sene B, Sarr F, Sow M S, Diouf D, Niang M, Traoré D. (2017). Physico-Chemical Composition of the Sesame Variety (*Sesamum indicum* L.) 32-15 and Characterization of its Derived Products (Seeds, Oil and Oilcake) in Senegal. *Food Science and Quality Management*, 65, 2225-0557. DOI: <http://www.iiste.org/Journals/index.php/FSQM/article/view/37829>
- Sene B, Sarr F, Diouf D, Sow M S, Traore D, Kane A et Niang M. (2018). Synthèse des connaissances et quelques acquis de recherche sur le sésame (*Sesamum Indicum* L.) au Sénégal / *Int. J. Biol. Chem. Sci*, 12(3), p 1469-1483.
- Sherwin E R. (1976). Antioxidants for vegetable oils. *J Am Oil Chem Soc*, 53, p 430-436.

Références bibliographiques

- Söğüt T. (2008). Effect of main and second cropping on seed yield, oil and protein content of Sesame (*Sesamum indicum* L.) Genotypes. *Turkish J. Field Crops*, 14(2), p 64-71. DOI: <http://dergipark.gov.tr/download/articlefile/158790>
- Stalikas C D. (2007). Extraction, separation, and detection methods for phenolic acids and flavonoids Review. *J. Sep. Sci.* 30, p 3268 – 3295.
- Stevens P F. (2011). Angiosperm Phylogeny Website. http://www.mobot.org/mobot/research/a_pweb/ consulté le 14 Février 2017.

T

- Thomas M. (2011). Nouvelles méthodologies d'extraction, de fractionnement et d'identification: Application aux molécules bioactives de l'argousier (*Hippophaë ramnoides*). Thèse de Doctorat en Chimie Analytique – Phytochimie. Université d'Orléans, 289 p.
- Thurston H D. (1984). Tropical plant diseases. American phytopathological society, p 161.

V

- Valarmathi G, Surendran C, Vanniarajan C, Kumar M, Saravanan N A. (2003). Morphological and biochemical characterization of sesame (*Sesamum indicum* L. and *S. mulayanum* L.). *Sesame and Safflower, Newsletter*, 18, p 42-46.
- Vamecq J, Vallée L, Storme L, Gelé P, Bordet R. (2004). Les acteurs immédiats du stress oxydatif. *La Lettre du Pharmacologue*, 18(1), p 16-23.
- Véla E, Hill B, Della Casa S. (1999). Liste des plantes vasculaires du département des Bouches-du-Rhône. *Bulletin de la Société linnéenne de Provence*, 50, p 115–201.
- Vitrac X, Bornet A, Vanderlinede R. (2005). Determination of stilbenes (Δ -viniferin, trans-*as* tringin, trans-piceid, cis- and trans-resveratrol. ϵ on niferin) in Brazilian wines. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 53 (14), p 5664-5669.

W

- Weiss E A. (1971). Castor, Sesame and Safflower, Edition Leonard Hill Books, London, p 201.

Références bibliographiques

- Weiss E A. (2000). Oilseed Crops (second edition). Blackwell Science LTD: United Kingdom, p 355.
- Witschi H. (1981). Enhancement of tumor formation in mouse lung by dietary butylated hydroxytoluene. *Toxicology*, 21, p 95-101.

X

- Xu J, Chen S, Hu Q. (2005). Activité antioxydante du pigment brun et Extraits de graines de sésame noir (*sésame indicum* L.). *Food Chem*, 91, p 79-83.

Y

- Yogranjan, Satpute G K, Marabi R S, Manish K M, Mishra S P. (2014). Global resurgence of sesame (*Sesamum indicum* L.) utilization: a current scenario. *IndoAm. J. Agric. & Vet. Sci*, 2(3), p 2321- 9602. www.iajavs.com/currentissue.php
- Yoshida H, Takagi S. (1997). Effects of seed roasting temperature and time on the quality characteristics of sesame (*Sesamum indicum*) oil. *J Sci Food Agric*, 75, p 19-26.

Résumé

Ce travail est une synthèse bibliographique réalisée pour déterminer l'effet de torréfaction sur la composition en antioxydants des graines de sésame notamment la composition en polyphénols de l'huile de sésame et l'influence de ce traitement sur le pouvoir antioxydant de l'huile et des extraits de sésame.

Dans la première partie l'étude est consacré à présenter des généralités sur la graine de sésame, et sur ses antioxydants et son activité antioxydante. *Sesamum indicum* L. est l'une des plus importantes cultures au monde vu sa riche composition biochimique et sa teneur en antioxydants (notamment les polyphénols) et son activité antioxydante élevée, il est utilisé sous plusieurs formes (graines, huile, farine) torréfié ou non. Aussi, la recherche bibliographique est orientée vers l'étude des antioxydants en particulier les polyphénols, et la détermination des généralités sur l'activité antioxydante.

Dans la deuxième partie une synthèse bibliographique sur l'analyse d'article dont plusieurs auteurs ont démontré que la graine de sésame torréfiée présente une valeur plus importante que la graine non torréfiée, la torréfaction a permis d'augmenté la teneur des polyphénols et des flavonoïdes, des acides phénoliques comme l'acide benzoïque...etc. la torréfaction a aussi entraîné une nette augmentation de l'activité antioxydante de l'huile de sésame, évaluée en utilisant le test de DPPH et le test de FRAP.

Mots clés : *Sesamum indicum* L, torréfaction, antioxydants, activité antioxydante

Abstract

This work is a bibliographical synthesis carried out to determine the roasting effect on the antioxidant composition of sesame seeds, in particular the phenolic composition of sesame oil and the influence of roasting on the antioxidant power of sesame oil and extracts.

In the first part, the study is devoted to present generalities about sesame seed and its antioxidant activity. *Sesamum indicum* L. is one of the most important crops in the world due to its biochemical composition and its high antioxidant activity (especially polyphenols). It is used in several forms (seeds, oil, flour) roasted or not. Also, the bibliographical research is oriented towards the study of antioxidants, in particular polyphenols, and the determination of generalities on antioxidant activity.

In the second part, a bibliographical synthesis on the analysis of articles in which several authors demonstrated that roasted sesame seed has a higher value than unroasted seed, roasting increased the content of polyphenols and flavonoids, phenolic acids such as benzoic acid, etc. The treatment has also led to a clear increase in the antioxidant activity of sesame oil, evaluated using the DPPH test and the FRAP test.

Key words: *Sesamum indicum* L, roasting, antioxidants, antioxidant activity