

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE 8 MAI 1945 GUELMA
FACULTE DES SCIENCES DE LA NATURE ET DE LA VIE ET SCIENCES DE LA
TERRE ET DE L'UNIVERS
DEPARTEMENT DE BIOLOGIE



Mémoire de Master

Domaine : Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Biologie

Spécialité : Biochimie et Microbiologie Appliquée

Option : Qualité des produits et Sécurité Alimentaire

**Thème : Effet du traitement thermique sur la qualité
nutritionnelle des huiles alimentaires**

Présenté par :

GUERGOURI Zoubeyda

KERAI Asma

MENASRIA Meroua

Devant le jury composé de :

Présidente : M^{me} RETEM Chahira

(M.A.A. Université de Guelma)

Examinatrice : M^{elle} BOUMAAZA Awatef

(M.A.A. Université de Guelma)

Encadreur : M^{me} SERIDI BRAIK Asma

(M.A.A. Université de Guelma)

juin 2015

Remerciement

Nous exprimons d'abord nos profonds remerciements à الله qui nous a donné le courage et la volonté d'achever ce travail.

Nos sincères remerciements vont à notre encadreur Mme SERIDI BRAIK Asma (M.A.A) à l'université 08 mai 1945 Guelma, pour la confiance qu'elle a voulu nous accorder en réalisant ce modeste travail, pour sa patience, ses précieux conseils et pour sa grande disponibilité.

Nous exprimons nos profonds remerciements à M^{me} RETEM Chahira (M.A.A.) à l'université 08 mai 1945 Guelma d'avoir accepté d'assurer la présidence du jury.

Il nous est agréable d'adresser nos vifs remerciements à M^{lle} BOUMAZA Awatef (M.A.A.) à l'université 08 mai 1945 Guelma, d'avoir accepté d'examiner ce modeste travail.

Nous remercions en particulier Mr BOUDEN Ismail (M.A.A.) à l'université 08 mai 1945 Guelma, pour son aide et Mr HAMMADI Hocine, responsable du laboratoire régional (annexe) de la répression des fraudes de la wilaya d'Annaba ainsi que la biochimiste Ahlem.

Nous remercions également Mr CHIAKHA Azziz, responsable du laboratoire de biochimie de l'hôpital Ibn Zohr et Mr BOUCHAREB Mohamed, responsable du laboratoire de microbiologie ainsi que M^{me} HIMER Ratiba et M^{me} BOUGHAZI Ghania techniciennes des laboratoires de la faculté de S.N.V. S.T.U.

Nos sentiments de reconnaissance et nos remerciements vont également à toute personne participant de près ou de loin, en particulier Mr Touati Dhyia eddine à la réalisation de ce travail.

Nous remercions nos camarades et nos amis pour les sympathiques moments qu'on a passés ensemble.

Je dédie ce mémoire à

Mes parents

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, son soutien, ses sacrifices consentis, ses précieux conseils, son assistance et sa présence dans ma vie, je transmets à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

À mon père Guergouri Ahmed, décédé en 2008, qui m'a toujours poussée et motivée dans mes études. J'espère que, ou il est maintenant, il apprécie cet humble geste comme preuve de reconnaissance de la part de sa fille qui a toujours priée pour le salut de son âme. Puisse, الله le tout puissant, l'avoir en sa sainte miséricorde

À mes chères sœurs Amira, Roumaïssa et frère Abd El malek en témoignage de mes sentiments les meilleures

À mes grandes mères Lélé et Mimi

À mes oncles Abd El Rezak, Ali, Fouad et Youcef Saadane, mes tantes Et surtout tante Lamia, Samia, Rafiba, Wided, Fouziya Saadane Et toute ma famille Guergouri, et tante Laila Chouala et Warda Ayed.

Mes cousins(es) Maroua, Khouloud, Safa, Ines, Chaker, Younes, Sabri, Slimen et À mes amis(es) Leubna, Kouda, Samir, Yasser, Minou, Ali Et mon koinôme surtout Kerai Asma et Menasia Meroua

ZOUBEYDA

Dédicace

Je dédie ce travail à mes parents,

Qu'ils trouvent ici toute ma

Gratitude pour leur

Soutien tout

Au long de mes études.

A mes sœurs Sana, Anouar, et surtout Soundesse et mon frère Rami, ainsi à mon beau-frère Ali que dieu les bénisses.

A mon grand père et mes grands-mères que dieu les protège.

A tous mes oncles surtout Djamel et mes tantes

A toutes mes cousines surtout Sara.

A toutes mes amies Souhila, Imen, Khavla, Oumeima, Meryem, Ines, Rima, Selma, et Manel

Mes sentiments de reconnaissance s'adressent à mon trinôme

Meroua et Zoubeyda dans la réalisation de ce travail.

Qu'elle trouve ici mes plus vifs remerciements. Ainsi à leurs familles

A tous mes collègues et mes amies.

A tous ceux que

J'aime.

Asma

Dédicace

*Je dédie ce travail à mes parents, Qu'ils trouvent
Ici toute ma Gratitude pour leur Soutien tout
Au long de Mes Études, J'e n'arriverais
Jamais à leur rendre ce qu'ils ont
Fait pour moi Que dieu
Les protège.*

A mon cher

Mari Dhiya eddine qui

M'apporté son appai durant mes années

D'étude, pour ses conseils et son encouragement

A ma très Chère sœur Rayane et mes très chers

Frères : Abde razak, Youssef et surtout notre

Chouchou : Mohammed (MIMOU)

Pour leur encouragement

Que dieu les

Bénisses

A mes

Chères proches :

Ahlem, Asma, Sabah, Nabila, Zoubeyda

A tous mes collègues et mes amies et tous ceux que j'aime

Meroua

Sommaire

Liste des abréviations	
Liste des figures	
Liste des tableaux	
Introduction	1
Chapitre 1 : Généralités sur les huiles alimentaires	
I. Définition des huiles alimentaires	3
II. Types des huiles alimentaires	3
II. 1. Les huiles d'origines végétales	3
II. 1. 1. Huiles végétales fluides	3
II. 1. 2. Huiles végétales concrètes (graisses)	3
II. 1. 3. Les huiles vierges	3
II. 1. 4. Les huiles pressées à froid	3
II. 2. Huiles et graisses d'origine animale	3
III. Composition des huiles alimentaires	4
III. 1. Les constituants majeurs	4
III. 1. 1. Triglycérides	4
III. 1. 2. Acides gras	4
III. 2. Les constituants mineurs	6
III. 2. 1. Les vitamines liposolubles	6
III. 2. 2. Les antioxydants	7
VI. Composition des différentes huiles alimentaires commercialisées en Algérie	8
V. Caractéristiques des huiles alimentaires	9
V. 1. Caractères organoleptiques	9
V. 2. Caractères physico-chimiques	9

V. 2. 1. Caractères physiques.....	9
V. 2. 2. Caractères chimiques.....	10
VI. Les huiles de friture.....	11
VI. 1. Principe de la friture.....	11
VI. 2. Propriétés des huiles de friture.....	11
VI. 3. Principales transformations physiques et chimiques des huiles au cours de la friture.....	12
VI. 3. 1. Réactions de polymérisation.....	12
VI. 3. 2. Réactions d'hydrolyse.....	12
VI. 3. 3. Réactions d'oxydation.....	12
VI. 4. Evaluation de l'oxydation des huiles de friture.....	12
VI. 4. 1. Indice d'acide.....	13
VI. 4. 2. L'indice d'iode.....	13
VI. 4. 3. L'indice de peroxyde.....	13
VI. 4. 4. Indice de réfraction.....	13
VII. Facteurs influençant l'oxydation des huiles alimentaires.....	14
VII. 1. La température.....	14
VII. 2. L'oxygène.....	14
VII. 3. Les traces métalliques.....	14
VII. 4. La lumière.....	14
VII. 5. Le rayonnement par ondes électromagnétiques (micro-ondes).....	15
VII. 5. 1. Effet du rayonnement électromagnétique sur les huiles alimentaires.....	16
Chapitre 2 : Huiles alimentaires et santé	
I. Rôle des huiles alimentaires en nutrition.....	17
I. 1. Source d'énergie.....	17
I. 2. Source de vitamine.....	17
I. 2. 1. La vitamine E.....	17

I.2.2. La vitamine A (bêta-carotène).....	18
I.3. Source d'acides gras essentiels (AGE).....	18
I.3.1. Effets bénéfiques des acides gras polyinsaturés (AGPI).....	18
II. AGPI et stress oxydatif.....	19
II.1. Oxydation des AGPI.....	19
II.2. Systèmes de défense antioxydant.....	20
II.2.1. Système antioxydant enzymatique.....	20
II.2.2. Système antioxydant non enzymatique.....	21
II.3. Prévention du stress oxydatif.....	23
III. Evaluation de la qualité des huiles alimentaires.....	23
Matériel et méthodes	
I. Matériels.....	24
I.1. Echantillons d'huile alimentaire.....	24
I.2. Matériel animal.....	24
II. Méthodes.....	24
II.1. Analyses physico-chimiques des échantillons d'huile.....	24
II.1.1. Evaluation de l'indice d'acide.....	25
II.1.2. Evaluation de l'indice de peroxyde.....	26
II.1.3. Evaluation de l'indice de réfraction.....	27
II.1.4. Evaluation du taux des composés polaires.....	27
II.2. Traitement des animaux.....	27
II.2.1. Protocole expérimental.....	27
II.2.2. Sacrifice des souris et prélèvement du sang et du foie.....	28
II.3. Dosage des paramètres biochimique sanguins.....	28
II.3.1. Evaluation du profil lipidique.....	28
II.3.2. Détermination de l'activité des transaminases sanguines.....	31

II. 4. Evaluation des marqueurs biologiques du stress oxydant hépatique.....	32
II. 4. 1. Détermination de la concentration du malondialdéhyde (MDA).....	32
II. 4. 2. Dosage du glutathion réduit (GSH).....	33
III. Analyse statistique des résultats.....	34
Résultats et interprétation	
I. Analyses physico-chimiques des échantillons d'huile.....	35
II. Dosage des paramètres biochimiques sanguins.....	36
II. 1. Evaluation du profil lipidique.....	36
II.1.1 Dosage de cholestérol et des triglycérides.....	36
II.1.2. Détermination du rapport HDL /LDL.....	37
II. 2. Détermination de l'activité enzymatique des transaminases sanguines.....	38
II.3. Evaluation des marqueurs biologiques du stress oxydant hépatique.....	39
II.3.1 Détermination de la concentration du malondialdéhyde (MDA).....	39
II.3.2. Dosage du glutathion réduit (GSH).....	40
Discussion.....	41
Conclusion et perspectives.....	45
Références bibliographiques	
Résumé	

Liste des abréviations

- Ac :** Acide
- AG :** Acide gras
- AGE :** Acides gras essentiels
- AGMI :** Acides gras mono- insaturés
- AGPI :** Acides gras poly-insaturés
- AGS :** Acides gras saturés
- ALAT :** Alanine amino-transférase
- ASAT :** Aspartate amino-transférase
- CACQE :** Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage
- C-HDL :** Cholestérol-High Density-Lipoprotein
- C-LDL :** Cholestérol-Low Density-lipoprotein.
- CO:** Cholestérol Oxydase
- Cst:** centistokes
- DTNB:** Acide 5, 5'-dithiobis-2-nitrobenzoïque
- EC-SOD :** une forme extracellulaire du superoxyde dismutase
- EDTA :** Acide Ethylenediaminetetraacetic
- ERO :** Espèces réactives de l'oxygène
- GK :** Glycérol Kinase
- GP_X :** La glutathion peroxydase
- GPO :** Glycérol 3 phosphate oxydase
- GSH :** Glutathion réduit
- GSSG :** Glutathion-disulfure
- H⁺ :** Ion hydrogène.
- H₂ :** Le dihydrogène

HDL : Lipoprotéine de haute densité

HF : Huile de friture

HMO : Huile de micro-ondes

HNE : Le hydroxynonéal

H₂O* : La molécule d'eau excitée

H₂O₂ : Peroxyde d'hydrogène.

H₃O⁺ : Ion hydronium

HS : Huile saine

LDH : Lactate déshydrogénase

LDL : Lipoprotéine de basse densité

MDA : Le malondialdéhyde

MDH : Malate déshydrogénase

NAD⁺ : Nicotinamide Adénine Dinucléotide (réduit)

NADH₂ ou NADH, H⁺ : Nicotinamide Adénine Dinucléotide (la forme oxydée)

O₂ : Le dioxygène

OH• : Radical hydroxyle.

OX-LDL : Lipoprotéine de basse densité oxydé

PAP : 4 - Amino - antipyrine

PAT : l'acide phosphotungstique

PEG : Polyéthylène glycol

PHGP_x : La phospholipide-hydroperoxyde glutathion peroxydase

POD : Peroxydase

RL : Radicaux libres

Rpm : rotation par minute

SOD : Le superoxyde dismutase

TBA : L'acide thiobarbiturique

TBARS : espèces réactives avec TBA

TCA : Acide trichloroacétique

TGO : Transaminase Glutamate Oxaloacétique

TGP : Transaminase Glutamique Pyruvique

VLDL : Les lipoprotéines de très faible densité

Produced with ScanTOPDF

Liste des figures

Figure 1 : Structure du tocophérol.....	6
Figure 2 : Structure de la vitamine A.....	6
Figure 3 : Structure du tocotriénol.....	7
Figure 4 : Structures des phytostérols	7
Figure 5 : Phases de peroxydation lipidique.....	19
Figure 6 : Schéma de la défense anti-oxydante enzymatique.....	20
Figure 7 : Schéma représentatif de la procédure du dosage de l'ASAT.....	31
Figure 8 : Schéma représentatif de la procédure du dosage de l'ALAT.....	32
Figure 9 : Réaction MDA-TBA.....	33
Figure 10 : Schéma de la réaction entre DTNB et le GSH.....	34
Figure 11 : Variation des taux du cholestérol et des triglycérides des différents lots traités	36
Figure 12 : Variation des rapports HDL/LDL chez les différents lots traités.....	37
Figure 13 : Variation de l'activité enzymatique des transaminases sanguines (ASAT et ALAT) chez les différents lots traités.....	38
Figure 14 : Variation des concentrations du MDA cytosolique hépatique	39
Figure 15 : Variation des taux de glutathion réduit cytosolique du foie	40

Liste des tableaux

Tableau 01 : Pourcentage des acides gras dans quelques huiles végétal	5
Tableau 02 : Composition en acides gras (pourcentage) de quelques huiles fabriquées en Algérie.....	8
Tableau 03 : Aspects de quelques huiles végétales.....	9
Tableau04 : Caractères physiques.....	10
Tableau 05 : Caractéristique des huiles végétales.	14
Tableau 06 : Tableau récapitulatif des résultats des tests physicochimiques des échantillons d'huiles analysées.....	35

Produced with Scantopdf

Introduction

Produced with ScanTOPDF

Les huiles végétales ont traversés le temps en toute simplicité et sont omniprésentes dans notre vie quotidienne. Elles sont utilisées avant tout pour cuisiner mais elles retrouvent aussi une place importante dans la médecine traditionnelle.

En effet, ces huiles alimentaires sont très bénéfiques pour la santé car elles sont composées de constituants majeurs tels que les triglycérides et les acides gras essentiels notamment les fameux « omégas 3, 6 et 9 », elles représentent également une source importante de vitamines et d'antioxydants, tels que le tocophérol qui est un puissant antioxydant protégeant la membrane cellulaires des attaques radicalaires.

Par ailleurs, toute huile alimentaire possède des caractéristiques organoleptiques et une qualité nutritionnelle propres à elle et qui peuvent être affectées par le procédé de cuisson tel que le chauffage conventionnel ou par microondes. En effet, la qualité de l'huile dépend essentiellement de sa composition chimique. Ses divers éléments constitutifs peuvent subir des modifications plus ou moins importantes après que cette huile atteigne la température seuil qui peut donner lieu à des phénomènes de polyinsaturation intra- et intermoléculaire.

De ce point de vue, malgré la différence des principes des méthodes de chauffage des huiles, elles gardent le même effet toxique. En effet, le chauffage et surtout au four à micro-ondes affecte la qualité globale de l'huile alimentaire car les rayonnements électromagnétiques mènent à l'apparition des radicaux libres réagissant avec toutes macromolécules biologiques et pouvant altérer leurs fonctionnements ce qui peut rompre l'équilibre antioxydants/ prooxydants en faveur de ces derniers. Cet état de stress oxydatif est impliqué dans la pathogénèse de plusieurs maladies meurtrières comme les maladies cardiovasculaires (l'athérosclérose) et les maladies métaboliques telles que la stéatose hépatique.

Dans le cadre de vérifier la qualité globale d'une huile alimentaire, largement consommée, suite à un traitement thermique réitéré, l'objectif de notre travail est d'effectuer, en premier lieu, des analyses physico-chimiques de contrôle de qualité de cette huile et de voir, dans une deuxième partie, l'impact de sa consommation sur la santé en utilisant un modèle expérimental animal *in vivo* sur lequel des analyses biochimiques sanguines et des paramètres du stress oxydatif hépatique ont été réalisés

Ce mémoire sera subdivisée en deux parties, une partie bibliographique où nous apportant des données générales sur les huiles alimentaires, leur bienfaits et méfaits sur la santé.

Quant à la seconde partie, elle décrit toutes les méthodes utilisées pour l'analyse physico-chimique des huiles alimentaires ainsi que pour les paramètres mettant en évidence l'impact de la consommation de ces huiles sur la santé. Cette partie pratique est complétée par la discussion des résultats de notre travail expérimental.

Produced with ScanTOPDF

*Chapitre 1 : Généralités sur les huiles
alimentaires*

Produced with ScanTOPDF

I. Définition des huiles alimentaires

Les huiles et les graisses sont des corps gras alimentaires, préparés à partir de graines ou de fruits oléagineux, germes ou pépins de production végétale diverse et de tissus adipeux d'animaux terrestres ou marins. On différencie généralement les huiles des graisses par leur point de fusion. L'huile est une matière grasse, onctueuse et épaisse, souvent liquide à température ambiante de 15°C alors que les graisses sont plus ou moins solides à cette température. (Chekroun, 2013)

II. Types des huiles alimentaires

Les huiles et les graisses alimentaires sont subdivisées en plusieurs classes :

II. 1. Les huiles d'origines végétales: sont des denrées alimentaires qui se composent essentiellement de glycérides d'acides gras exclusivement d'origine végétale. Elles peuvent contenir en faible quantité d'autres lipides comme les phospholipides, des constituants insaponifiables et des acides gras libres naturellement présents dans la graisse ou l'huile, on distingue :

II. 1. 1. Huiles végétales fluides : huile d'arachide, de colza, de germes de maïs, de tournesol, de soja et d'olive. Ces huiles ont la particularité de rester liquide à 15°C.

II. 1. 2. Huiles végétales concrètes (graisses) : coprah (provenant de la noix de coco), huile de Palme. Ces huiles sont par contre figées et solide à 15°C.

II. 1. 3. Les huiles vierges : Une huile vierge est une huile obtenue uniquement par des procédés mécaniques, clarifiée seulement par des moyens physiques ou mécaniques, et qui n'a subi aucun traitement chimique, ni aucune opération de raffinage. (Olivier *et al.* 2005)

II. 1. 4. Les huiles pressées à froid: elles se différencient des huiles vierges par l'absence du traitement thermique.

II. 2. Huiles et graisses d'origine animale : Il s'agit du beurre, de crème du saindoux, de la graisse de bœuf ou d'oiseau...

La composition en acides gras, constituants fondamentaux des corps gras, varie selon les animaux (mammifères ou poissons) et selon leur mode de vie (domestique ou sauvage) (Juliette *et al.*, 2002)

III. Composition des huiles alimentaires

Tous les corps gras alimentaires, d'origine animale ou végétale, sont pour l'essentiel composés de triglycérides; le complément est représenté par un ensemble de constituants mineurs. Les triglycérides représentent au moins 95% du poids des huiles ou graisses dites «brutes », c'est-à-dire qui viennent d'être isolées des graines, fruits ou tissus animaux et qui n'ont subi aucune purification. Dans les huiles et graisses commercialisées, cette proportion des triglycérides atteint 98 % ou plus du fait de l'élimination de tout ou de certains constituants mineurs au cours des opérations de purification (raffinage) auxquelles sont soumises les huiles et graisses brutes. (Diatta, 1998)

III. 1. Les constituants majeurs

III. 1. 1. Triglycérides

Les triglycérides sont des triesters de glycérol. Ce sont les constituants les plus abondants des lipides et la masse essentielle des corps gras. Ils résultent de l'estérification des trois fonctions alcools du glycérol par trois acides gras. Ils peuvent être homogènes lorsque les molécules d'acides gras estérifiant le glycérol sont identiques et hétérogène ou mixte dans le cas contraire.

III. 1. 2. Acides gras

Les acides gras peuvent exister à l'état libre dans la nature. Ce sont des composés organiques à base de carbone d'hydrogène et d'oxygène, ils sont formés d'une chaîne hydrocarbonée plus ou moins longue et d'un groupe carboxyle. La chaîne aliphatique hydrocarbonée peut être saturée ou peut présenter une ou plusieurs doubles liaisons, donc les acides gras diffèrent entre eux par la longueur de leur chaîne aliphatique, le nombre et la localisation des doubles liaisons éventuelles.

Près d'une centaine d'acides gras ont été isolés et étudiés ; leur étude a permis les généralisations suivantes :

a. Acides gras saturés (AGS) : les acides gras saturés les plus fréquents dans notre alimentation sont l'acide palmitique (C16:0) et l'acide stéarique (C18 :0), apportés surtout par l'huile de Palme.

b. Acides gras mono-insaturés (AGMI) : dont le représentant principal très répandu est l'acide oléique (C18:1) que l'on trouve dans les huiles végétales (olive, colza, ...).

c. *Acides gras poly-insaturés (AGPI)*: Les acides gras linoléiques (oméga 6) et alpha-linolénique (oméga 3) sont essentiellement apportés par les huiles végétales (Chekroun, 2013). Le tableau suivant présente la composition de quelques huiles alimentaires en acides gras.

Tableau 01: Pourcentage des acides gras dans quelques huiles végétales (Chekroun, 2013)

Acide gras		Huile d'olive	Huile Colza	Huile Soja	Huile maïs	Huile tournesol	Huile coton
Ac. Myristique	C14 :0	≤ 0,05	0,1-0,2	0-0,1	0-0,3	0-0,1	0,6-1
Ac. palmitique	C16 :0	7,5-20,0	3,0-5,0	8-13	9,1-16,8	5,5-7,7	21-26,8
Ac. Palmitoléique	C16 :1	0,3-3,5	0,2-0,6	0-0,2	0-0,3	0-0,3	0,1-3
Ac. Heptadécanoïque	C17 :0	≤ 0,3	-	-	-	-	-
Ac. Heptadécénoïque	C17 :1	≤ 0,3	-	-	-	-	-
Ac. Stéarique	C18 :0	0,5-5	1,0-2,0	2,0-5,0	1,4-3	2,8-6,5	2-3,3
Ac. Oléique	C18 :1	55-83	52-67	20-50	20-38	14-38	14-22
Ac. Linoléique	C18 :2	3,5-21	16-24,8	35-60	39,5-65	48,2-74,2	46,5-58
Ac. Linoléinique	C18 :3	≤ 0,9	6,5-14	4-10	0,6-1,4	0-0,1	0-0,4
Ac. Arachidique	C20 :0	≤ 0,6	0,2-0,8	0,2-0,5	0,3-0,7	0,2-0,4	0,2-0,5
Ac. Eicosénoïque	C20 :1	≤ 0,4	0,9-2,4	0-0,2	0,2-0,4	0-0,2	0-0,1
Ac. Béhénique	C22 :0	≤ 0,2	0,1-0,5	0,5-1,6	0-0,5	0,7-1,3	0-0,6
Ac. lignocérique	C24 :0	≤ 0,20	0-0,2	0-0,5	0-0,3	0-0,4	-

III. 2. Les constituants mineurs

Outre les triglycérides, les lipides alimentaires contiennent une gamme de constituants qui sont importants pour le maintien de la santé. Ces constituants non glycéridiques des lipides ne sont mineurs que du point de vue de leurs concentrations par rapport aux triglycérides. (Kandji, 2001)

III. 2. 1. Les vitamines liposolubles

a. Vitamine E

Beaucoup d'huiles végétales et de produits tirés de ceux-ci contiennent des concentrations appréciables de vitamine E (tocophérol) que certaines méthodes de traitement risquent de réduire. Cette vitamine E se compose d'un mélange de phénols liposolubles caractérisés par un chromasol aromatique au bout d'une chaîne latérale de 16 atomes de carbone. (Kandji, 2001)

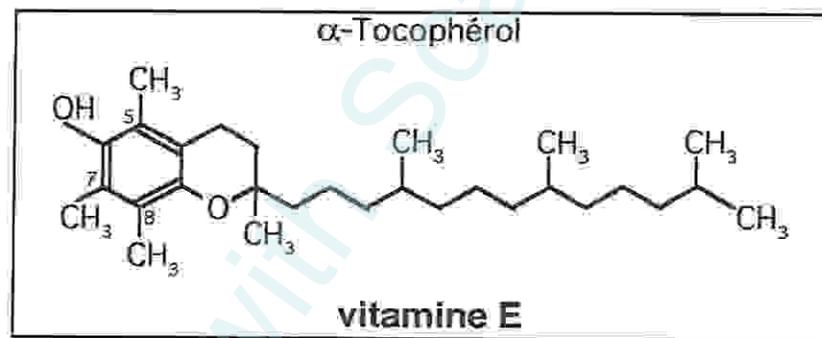


Figure1 : Structure de l' α tocophérol (Raisonnier, 2010)

b. Vitamine A et caroténoïdes

Les caroténoïdes sont des hydrocarbures polyisopréniques hautement insaturés et liposolubles. Plus de 75 caroténoïdes sont présentes dans les matières grasses animales et végétales 24 dont les plus courants sont les carotènes alpha, bêta et gamma, le lycopène, la lutéine et les xanthophylles. (Kandji, 2001)

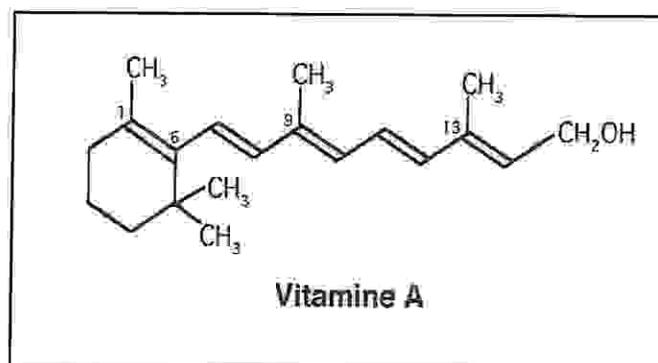


Figure 02 : Structure de la vitamine A (Raisonnier, 2010)

III. 2. 2. Les antioxydants

Il existe des substances autres que la vitamine E qui agissent comme antioxydant, mais le tocophérol est le principal antioxydant présent dans l'organisme. Parmi ces substances, nous avons :

a. Le tocotriénol

C'est un analogue de structure du tocophérol qui possède certaines propriétés physiologiques que le tocophérol ne possède pas, telle son activité hypocholestérolémiante. (Kandji, 2001)

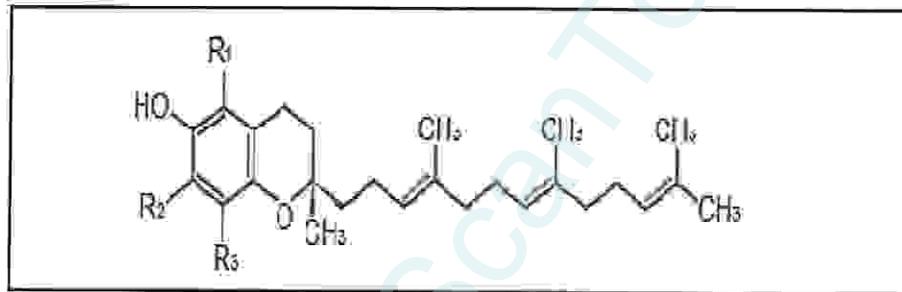


Figure 3 : Structure du tocotriénol (Romero *et al.*, 2003)

b. Les phytostérols

Ce sont des stérols de produits végétaux, ils ne sont pas bien absorbés par l'homme et peuvent inhiber l'absorption du cholestérol et des acides biliaires entraînant des effets appréciables sur le taux de cholestérol des HDL. (Kandji, 2001)

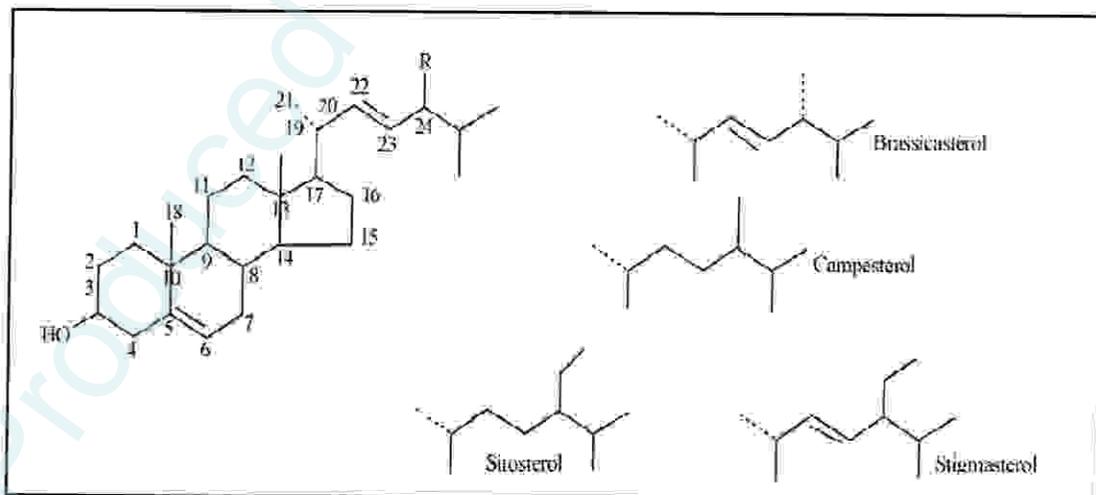


Figure 4 : Les structures des phytostérols. (Sheng *et al.*, 2009)

VI. Composition des différentes huiles alimentaires commercialisées en Algérie

Actuellement, il existe sur le marché algérien différentes marques d'huiles végétales alimentaires fabriquées localement ou importées, quelles soient pures ou mélangées, celles-ci sont destinées pour l'assaisonnement, la cuisson ou pour la friture. Les huiles à base de soja et de tournesol sont les plus répandues sur le marché national.

Il est à préciser que les plus importantes unités de raffinage des huiles végétales sont : Cevital, Afia, Labelle, Cogral et Prolipos. (Benbada, 2013)

Les différentes compositions des huiles alimentaires fabriquées en Algérie sont représentées dans le tableau suivant :

Tableau 02 : Composition en acides gras (pourcentage) de quelques huiles fabriquées en Algérie (Benbada, 2013)

Marque	Composi- tion	Acide Palmitique	Acide Oléique	Acide palmitoléique	Acide linoléique	Acide stéarique	Acide linoléinique
Huile Elio	80% soja, 20% tournesol	10,64	Traces	4,20	23,97	54,43	6,76
Huile FLEURIAL	100% tournesol	6,46	Traces	4,29	28,47	60,78	Traces
Huile AFIA	95% soja, 5% mais	11,25	Traces	4,23	24,32	54,74	5,46
Huile HUILOR	100% soja	11,10	Traces	3,87	25,13	54,14	5,76
Huile LYNOR	100% soja	11,46	Traces	4,44	23,04	54,86	6,20
Huile SAFIA	100% soja	11,05	Traces	4,29	23,31	54,24	7,11

V. Caractéristiques des huiles alimentaires

V. 1. Caractères organoleptiques

Les propriétés organoleptiques varient d'une huile à une autre. En effet chaque huile présente des caractères qui lui sont propres. L'huile de palme par exemple est de teinte rouge contrairement aux autres huiles qui ont des teintes allant du jaune clair au jaune très foncé. Cette différence de coloration peut s'expliquer par la différence de composition de ces huiles. Par ailleurs, la qualité d'une huile de friture peut être appréciée relativement sur la base de sa viscosité, sa couleur et son odeur. (Bouhadjra, 2011)

Sur le plan de la consistance, par définition, une huile est sous forme liquide à température ambiante.

L'odeur de l'huile est caractéristique du type d'oléagineux utilisé pour la fabrication. On peut parfois noter une certaine ambiguïté pour la reconnaissance d'une huile, ce qui s'explique d'une part par l'addition de deux huiles différentes et d'autre part, par une utilisation d'oléagineux altérés lors de la fabrication de l'huile. (Chekroun, 2013) et le tableau 3 décrit les aspects de quelques huiles végétales.

Tableau 03 : Aspects de quelques huiles végétales. (Chekroun, 2013)

Aspects désignation	Huile Maïs	Huile soja	Huile d'arachide	Huile de tournesol
Consistance	Liquide limpide	Liquide	Liquide	Liquide
Couleur	Jaune pâle à jaune	Jaune foncé	Jaune foncé	Jaune foncé
Odeur	Relativement inodore	Quasi sans odeur	Franche de la graine	Franche de la graine

V. 2. Caractères physico-chimiques

V. 2. 1. Caractères physiques

Le point de fusion, la viscosité et la densité constituent les principales propriétés physiques des lipides. Le tableau suivant représente les propriétés physiques de quelques huiles. (Diatta, 1998)

Tableau 04 : Les caractères physiques des huiles alimentaires. (Lambert, 2005)

Huile	Point de fusion (°C)	Viscosité (cSt)	Densité
Huile de tournesol	-15	66	0,94
Huile de maïs	-18 à -10	65-72	0,90
Huile de soja	-15	57-76	0,91
Huile de colza	< 2	98	0,91

V. 2. 2. Caractères chimiques

Les propriétés chimiques des huiles alimentaires résultent de la structure des acides gras qui ont un groupement carboxyle (COOH) et comportent éventuellement une ou plusieurs doubles liaisons. (Diatta, 1998)

a. Propriétés dues à la fonction carboxylique

Les acides gras réagissent avec les hydroxydes métalliques pour donner des sels d'acides gras appelés « savons » (saponification). De plus, les sels de cations lourds comme le Pb, Ca, Mg et d'acides gras donnent également des savons insolubles dans l'eau. Aussi l'addition de ces sels à un savon alcalin provoque la précipitation des acides gras.

b. Propriétés dues à la présence éventuelle d'une double liaison

La chaîne hydrocarbonée des acides gras est chimiquement inerte mais la présence de double liaison dans un lipide permet de l'hydrogéner et entraîne souvent son oxydation. (Kandji, 2001)

b. 1. Hydrogénation et Halogénéation

L'hydrogénation concerne des acides gras insaturés qui peuvent fixer l'hydrogène en donnant des acides gras saturés. Cette réaction est utilisée dans la technologie des corps gras pour relever le point de fusion des produits.

Les acides gras insaturés peuvent fixer aussi des halogènes comme le brome et l'iode. Ainsi pour apprécier le degré d'insaturation des acides gras d'un lipide, on détermine son indice d'iode. (Diatta, 1998)

VI. Les huiles de friture

VI. 1. Principe de la friture

Le procédé de friture consiste à mettre un matériau (aliment) généralement humide avec une couche (friture plate ou friture poêle) ou un bain (friture profonde) de matière grasse portée à une température supérieure à l'ébullition de l'eau.

L'huile et l'eau sont deux liquides non miscibles et dont les températures d'ébullition sont très différentes. L'huile est utilisée pour transférer de la chaleur à l'aliment jusqu'à la vaporisation quasi-totale de l'eau contenue dans l'aliment. Cette dernière se produit à une température généralement voisine de la température d'ébullition de l'eau pure pour les aliments riches en eau et à une température supérieure pour les aliments à humidité intermédiaire et dont l'eau est fortement adsorbée. L'eau s'échappe sous forme de jets de bulles de vapeur caractéristiques du comportement « explosif » de la friture. La vapeur pourra entraîner éventuellement avec elle des constituants volatils ou hydrophiles (arômes ou solutés).

VI. 2. Propriétés des huiles de friture

Au cours de leur utilisation en friture les huiles du bain subissent une circulation forcée, des cycles de chauffe répété au-delà de la température de friture proprement dite et au contact de l'oxygène de l'air. Pendant ce temps, les aliments transformés rejettent dans le bain de grandes quantités de solutés, de particules solides et surtout de la vapeur d'eau. Il se produit une transformation partielle des triglycérides du bain en produits volatils à chaîne courtes, en divers composés oxydés non volatils, dimérisés, polymérisés ou cyclisés. Ces changements de composition modifient les propriétés physiques et physicochimiques des matières grasses du bain et affectent en retour les transferts de la chaleur avec l'aliment humide.

On observe généralement des temps de friture plus longs pour obtenir une même qualité finale, une augmentation de l'imprégnation en matière grasses, une diminution de la valeur nutritionnelle des aliments frits, et surtout l'apparition de composés toxiques (composés polaires). La thermodégradation des corps gras de friture affecte donc non seulement les propriétés technologiques de l'huile mais aussi les qualités nutritionnelles et organoleptiques des produits frits. Ces réactions doivent donc être prévenues et contrôlées afin d'assurer une production de qualité constante et une standardisation des conditions opératoire.

VI. 3. Principales transformations physiques et chimiques des huiles au cours de la friture

A des températures élevées (160°et 180°), en présence d'eau et d'oxygène, les triglycérides subissent un grand nombre de réactions complexes qui peuvent être classées en trois grandes familles : oxydation, polymérisation, et hydrolyse.

VI. 3. 1. Réactions de polymérisation

Elles produisent des réarrangements inter et intra-moléculaires qui sensibilisent l'huile de friture à l'oxydation et conduisent à l'augmentation de la viscosité apparente des huiles. Des composés semblables à des résines peuvent alors mousser à la surface du bain et sur les parois. (Vitrac *et al.*, 2003)

VI. 3. 2. Réactions d'hydrolyse

Ce sont de loin les plus nombreuses dans les conditions normales de friture. Elles conduisent à la formation, au contact de la vapeur d'eau, d'acides gras libres, mono-glycérides, di-glycérides et glycérol. Ces composés sont alors très sensibles aux autres réactions (réaction d'oxydation, réaction de polymérisation) et leurs produits seront responsables des principaux défauts de goût ou d'odeur. La présence de résidus de produits de nettoyage caustique favorise les réactions d'hydrolyse. (Gornay, 2006)

VI. 3. 3. Réactions d'oxydation

Au contact de l'oxygène de l'air, elles provoquent l'apparition d'arômes et de changements de couleurs souvent désagréables dans les huiles de fritures ou dans les produits frits. Les réactions en chaînes responsables de la formation des composés d'oxydation sont autocatalysées car elles sont initiées par l'apparition de composés radicalaires, issus eux-mêmes de l'oxydation des triglycérides du bain. Les cations métalliques comme le fer ou le cuivre peuvent aussi initier et accélérer les réactions d'oxydation. (Vitrac *et al.*, 2003)

VI. 4. Evaluation de l'oxydation des huiles de friture

Différentes mesures sont utilisées comme indicateur d'oxydation. Chaque indice a une signification dans sa propre limite, c'est-à-dire qu'il ne peut pas tenir compte de l'ensemble du phénomène de rancissement qui comporte de nombreuses réactions complexes, mais qui donnent une idée sur l'état d'oxydation des acides gras. (Chekroun, 2013)

VI. 4. 1. Indice d'acide

Les huiles alimentaires en s'hydrolysant naturellement donnent naissance à des acides gras libres et des glycérols. La teneur d'une matière grasse en acides gras libres s'exprime de deux façons :

a. L'acidité qui est le pourcentage d'acide gras libre exprimé selon la nature du corps gras, en acide oléique, palmitique ou laurique de poids moléculaire respectifs 280, 250, 200g/mole.

b. L'indice d'acide qui est le nombre de milligrammes de potasse nécessaire pour neutraliser l'acidité d'un gramme de corps gras.

On constate que l'indice d'acide permet de déterminer l'altération des corps gras par contre les autres indices renseignent sur leurs natures et sur leurs puretés.

VI. 4. 2. L'indice d'iode

C'est le nombre de gramme d'iode fixé par cent (100) grammes de corps gras.

Les liaisons éthyléniques et particulièrement celles des acides gras fixent les halogènes, cette réaction d'addition peut être utilisée pour déterminer quantitativement l'insaturation globale des chaînes grasses. En général l'insaturation s'exprime par la quantité d'iode que peut fixer le corps gras étudié. (Bouhadjra, 2011)

VI. 4. 3. L'indice de peroxyde

L'action de l'oxygène de l'air sur les doubles liaisons des acides gras insaturés conduit à la formation des peroxydes qui sont des composés intermédiaires qui peuvent donner par succession des nouveaux composés volatils et souvent mal odorant : aldéhydes, cétones, alcools, acides...etc., qui produisent le goût de rance.

L'indice de peroxyde est le nombre de milli-équivalent d'oxygène actif par kilogramme de corps gras. La mesure de cet indice s'effectue par iodométrie, un débit d'altération est mis en évidence par dosage des peroxydes. (Chekroun, 2013)

VI. 4. 4. Indice de réfraction

C'est le rapport de la vitesse de la lumière à une longueur d'onde définie sur sa vitesse dans la substance à étudier. Il renseigne sur la composition de l'huile alimentaire en triglycérides donc son degré de pureté. (Diatta, 1998)

Le tableau suivant représente les caractéristiques des huiles végétales les plus répandues en Algérie

Tableau 05 : Caractéristique des huiles végétale (Chekroun, 2013)

Type	Huile de Mais	Huile de soja	Huile de Tournesol
Acidité (%)	Max.0.5	Max. 0.3	Max. 0.2
Indice d'iode	103-135	124-139	118-141
Indice de peroxyde (mEq O ₂ /kg)	Max. 10.0	Max. 10	Max.10

VII. Facteurs influençant l'oxydation des huiles alimentaires

Les principaux facteurs impliqués dans l'oxydation des huiles au cours des procédés de transformation et de conservation des aliments sont : la température, la pression partielle en oxygène, les traces métalliques et la lumière

VII. 1. La température

Une élévation de température favorise l'oxydation des huiles. Ainsi, les opérations de cuisson sont bien connues pour avoir un effet pro-oxydant marqué. Au contraire, la congélation est un bon moyen pour augmenter la durée de conservation des aliments car la vitesse d'oxydation des acides gras est notablement réduite à faible température.

VII. 2. L'oxygène

Son incidence est à la fois sur la durée de conservation du produit ainsi que sur la nature des odeurs perçues quand le produit est oxydé. Plus l'huile est aérée c'est-à-dire la surface de contact est accrue, plus la réaction d'oxydation est avancée.

VII. 3. Les traces métalliques

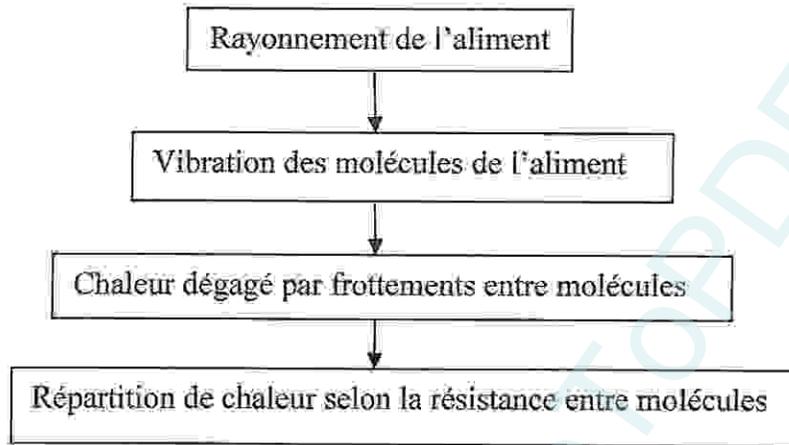
La décomposition des huiles peut être accélérée de manière significative par la présence des métaux tels que le cuivre, le fer et le cobalt.

VII. 4. La lumière

L'énergie lumineuse accélère le processus d'oxydation des lipides. Elle favorise la formation des radicaux libres. Les radiations visibles et ultraviolettes sont les plus actives, elles ont une action catalytique très intense sur la détérioration des acides gras polyinsaturés. (Djadoun, 2012).

VII. 5. Le rayonnement par ondes électromagnétiques (micro-ondes)

Le chauffage des aliments par les micro-ondes suit le schéma suivant :



Cependant, lorsqu'on n'arrête pas le magnétron (électrode producteur des micro-ondes) durant le cycle de cuisson, les aliments seront brûlés par une surexcitation des molécules d'eau. (Acosta, 2008)

En effet, cette cuisson peut générer une interaction entre la radiation électromagnétique du four et la molécule d'eau de l'aliment qui peut conduire :

- Soit à l'ionisation de cette molécule d'eau en provoquant l'arrachement d'un électron orbital.
- Soit à l'excitation de cette molécule si l'énergie du rayonnement est trop faible pour l'ioniser :



L'ionisation aboutit en 10^{-14} secondes à la formation du radical OH^\bullet :



L'excitation débouche, quand à elle, sur une séparation homolytique de la molécule d'eau en deux radicaux libres : H^\bullet et OH^\bullet : $\text{H}_2\text{O}^* \longrightarrow \text{H}^\bullet + \text{OH}^\bullet$.

Les réactions entre H^\bullet , OH^\bullet et H_2O conduisent à la formation de H_2 et H_2O_2 . Ces corps très réactifs sont à l'origine de nombreuses réactions d'oxydoréduction et de la formation de radicaux libres. En présence d'oxygène la réactivité des radicaux libres est accrue (Salem, 2008)

VII. 5. 1. Effet du rayonnement électromagnétique sur les huiles alimentaires

En présence de l'oxygène, il se produit une accélération d'auto-oxydation des lipides qui provoquent la formation d'hydroperoxydes qui se transforment à leur tour à des substances carbonyles. Divers produits de radiolyse de l'eau peuvent réagir avec les lipides insaturés, ces réactions aboutissent à la formation d'hydroperoxydes. (Ayari, 2007)

Produced with ScanTOPDF

Chapitre 2 : Huiles alimentaires et santé

Produced with ScanTOPDF

La croissance, le développement et le maintien de l'organisme humain peuvent être affectés aussi bien par la qualité des corps gras alimentaires que par leur quantité. Ces influences sont exercées par les niveaux énergétiques et par l'action de certains acides gras et de divers constituants non glucidiques des lipides tels que les vitamines liposolubles.

En effet, des qualités importantes de lipides sont nécessaires, voire indispensables, pour la bonne santé de l'individu. Mais on a associé un apport excessif de lipides alimentaires à un accroissement du risque d'obésité, de cardiopathie coronarienne et de certains types de cancer.

I. Rôle des huiles alimentaires en nutrition

I. 1. Source d'énergie

L'homme tire son énergie de l'oxydation des trois éléments nutritifs essentiels: les protides, les lipides et les glucides. Ce sont les lipides qui fournissent la plus forte valeur énergétique (9Kcal/g = 37,7 KJ/g), par rapport aux protides (4Kcal/g = 16,7 KJ/g) et aux glucides (4Kcal/g = 16,7KJ/g). Ce sont les acides gras qui confèrent cette forte quantité d'énergie lors de l'oxydation des lipides. (Kandji, 2001)

Les lipides fournissent une grande quantité d'énergie sous un faible volume. Forme de réserve des surplus alimentaires, ils sont stockés dans le tissu adipeux, puis libérés dans le sang et répartis dans les tissus en fonction des besoins (la taille, le poids, le sexe, la grossesse, l'allaitement et l'activité physique). (Diatta, 1998)

I. 2. Source de vitamine

Presque toutes les huiles alimentaires contiennent de la vitamine E et représentent sa source la plus riche dans de nombreux régimes. Quelques huiles, par exemple l'huile de palme rouge, renferment des quantités notables de caroténoïdes (vitamine A). (Kandji, 2001)

I. 2. 1. La vitamine E

La vitamine E est un antioxydant important qui protège les cellules contre les dommages associés aux radicaux libres et par conséquent, prolonge la vie cellulaire tout en ralentissant le processus de vieillissement et la diminution de l'athérosclérose. Cette vitamine joue un rôle important dans l'agrégation de la β -amyloïde impliquée dans la maladie d'Alzheimer.

I. 2. 2. La vitamine A (bêta-carotène)

C'est le bêta-carotène qui a un rôle antioxydant et intervient dans la protection des membranes des cellules en bloquant les radicaux libres. (Chekroun, 2013)

I. 3. Source d'acides gras essentiels (AGE)

Les AGE sont forcément fournis par l'alimentation et ce sont les huiles végétales qui représentent leur principale source. Il s'agit essentiellement de l'acide linoléique et de l'acide alpha linoléique qui diffèrent sur le rapport de leurs activités biologiques puisqu'ils sont en concurrence pour les mêmes enzymes et ont un rôle différent du point de vue biologique. L'équilibre entre les acides gras de la série n-6 et ceux de la série n-3 dans le régime alimentaire, peut avoir une grande importance. Ainsi, on pense que le rapport de l'acide linoléique à l'acide alpha linoléique doit se situer entre 1/5 et 1/10. (Diatta, 1998)

Ces AGE jouent un rôle primordial dans la structure membranaire et comme précurseurs des éicosanoïdes qui sont des composés puissants et hautement réactifs. Divers éicosanoïdes exercent des effets extrêmement différents et souvent opposés sur, par exemple, les cellules des muscles lisses, l'agrégation plaquettaire, les paramètres vasculaires (contractilité, perméabilité) et aussi sur les phénomènes inflammatoires et le système immunitaire. (Bouhadjra, 2011). Par ailleurs, les AGE sont particulièrement importants pour la croissance et le développement normal du fœtus et du nourrisson, notamment pour le développement du cerveau et de l'acuité visuelle. (Diatta, 1998)

I. 3. 1. Effets bénéfiques des acides gras polyinsaturés (AGPI)

Il n'est pas évident d'un point de vue clinique, qu'une forte consommation d'AGPI puisse conduire à des effets néfastes. Au contraire, des résultats montrent que lorsque l'on remplace des graisses saturées par des AGPI en n-6, les patients sont moins enclins à développer des complications athérotrombotiques.

Par ailleurs, les régimes méditerranéens traditionnels, auxquels on attribue des effets bénéfiques, sont riches en acides gras mono-insaturés. En effet, des données épidémiologiques suggèrent qu'une forte consommation d'AGPI en n-3 diminue le risque cardiovasculaire, notamment *via* les facteurs de croissance, les cytokines et les molécules de signalisation.

Outre la couverture en AGPI, ces acides gras facilitent l'absorption des vitamines liposolubles (A, D, E, K) et sont aussi des substrats pour la production d'hormones et de

médiateurs lipidiques. Pour cela, des rapports d'AGPI en n-6/n-3 de 4 à 16 ont été recommandés. L'augmentation des teneurs en AGPI alimentaires doit se faire aux dépens de l'apport en acides gras saturés car, à long terme, une augmentation de l'apport en AGPI au régime normal pourrait engendrer un gain de poids et être accompagnée de désordres métaboliques.

Sur le plan toxicologique, les produits commerciaux concentrés en AGPI devraient afficher leur teneur en substances potentiellement toxique comme les métaux lourds, les pesticides organiques, les vitamines liposolubles, les peroxydes, tout comme les teneurs en autres acides gras et en cholestérol. (Poisson *et al.*, 2003)

II. AGPI et stress oxydatif

II. 1. Oxydation des AGPI

Exposés à un stress oxydatif, les AGPI peuvent être attaqués par des radicaux libres et oxydés en peroxydes lipidiques *via* des réactions en chaîne qui conduisent à la production d'aldéhydes, de cétones et de peroxydes cycliques. Ces réactions peuvent se propager et modifier les structures des lipides et protéines des membranes cellulaires, ainsi que des lipoprotéines qui contiennent elles aussi des AGPI. Parmi les produits formés lors de la peroxydation lipidique, l'isoprostane, le malondialdéhyde (MDA), l'acide thiobarbiturique (TBARS) et le 4-hydroxynonéol (4-HNE) sont étudiés comme marqueurs de la peroxydation lipidique. (Figure 5)

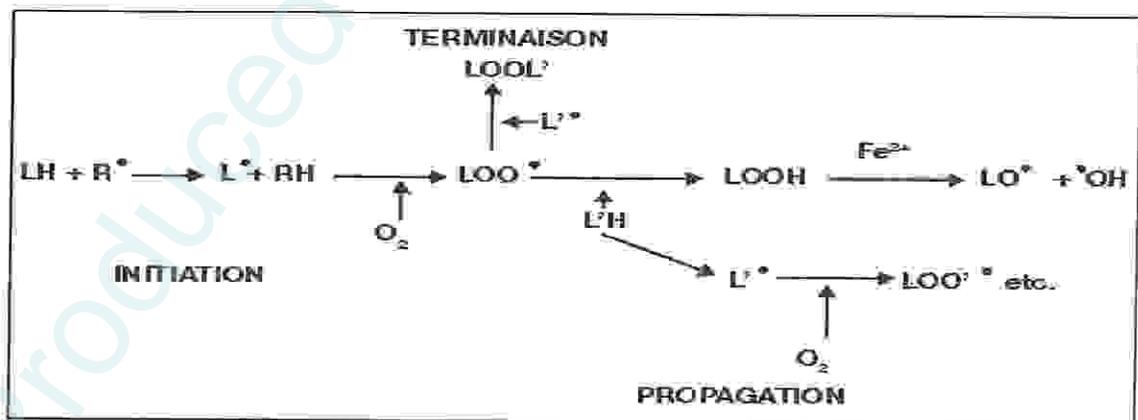


Figure 05 : Phases de peroxydation lipidique (Michel *et al.*, 2008)

Par ailleurs, la peroxydation lipidique passe pour un mécanisme important de la pathogénèse de l'inflammation, de l'athérosclérose et de certains cancers. Ainsi, les aliments contenant des peroxydes d'hydrogènes sont potentiellement toxiques, et plus les AGPI abondent dans le régime, plus grand est le risque de peroxydation.

L'oxydation des lipoprotéines à faible densité (LDL) est le meilleur exemple de peroxydation *in vivo*. Il est maintenant évident que les LDL peuvent être oxydées *in vivo* et on considère que ces LDL oxydées (ox-LDL) jouent un rôle important dans l'athérosclérose. Comparativement aux LDL natives, les ox-LDL ont montré plusieurs propriétés promouvant le développement de l'athérosclérose et conduisant à la production de cellules spumeuses. Aussi l'augmentation de l'ingestion d'AGPI peut entraîner une plus grande susceptibilité des LDL à l'oxydation. Pour cette raison, il est raisonnable d'encourager une plus grande consommation d'antioxydants, préférentiellement incorporés dans le régime alimentaire habituel. (Poisson *et al.*, 2003)

II. 2. Systèmes de défense antioxydant

Les Radicaux libres (RL) ou espèces réactives de l'oxygène (ERO) tels que l'anion superoxyde, le radical hydroxyl, sont produits spontanément et de manière continue au sein de notre organisme. Le maintien d'un niveau non cytotoxique des ERO est assuré par des systèmes antioxydants enzymatique et non enzymatique.

Un déficit ou un dysfonctionnement de ces systèmes engendre un déséquilibre de la balance prooxydants/antioxydants ce qui aboutit à un état de stress oxydatif et à une augmentation de dommages tissulaires. (Packer *et al.*, 1997)

II.2.1. Système antioxydant enzymatique

Les antioxydants enzymatiques (la superoxyde dismutase, la catalase, la glutathion peroxydase et la glutathion réductase) sont considérés comme la première ligne de défense de notre organisme contre les ERO. (Blandine, 2006)

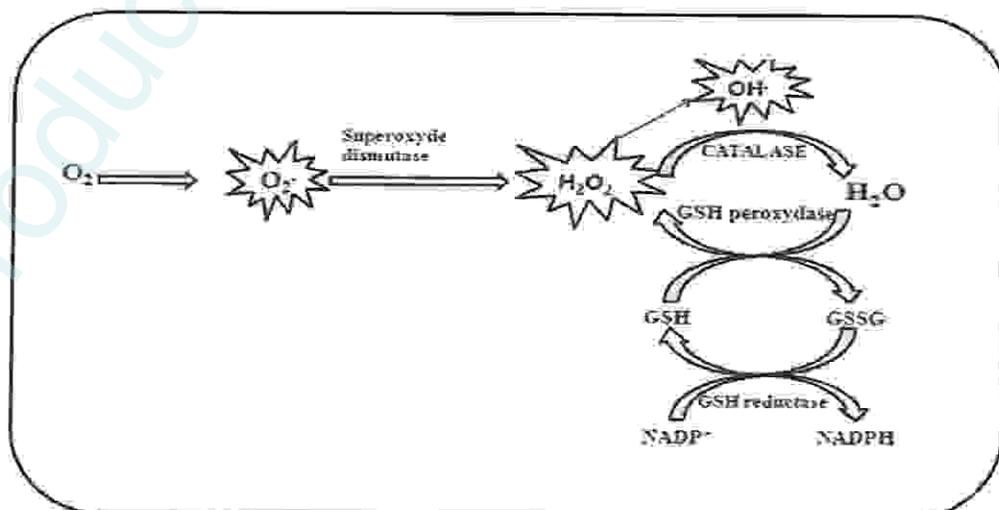


Figure 6 : Schéma de la défense antioxydante enzymatique (Mates *et al.*, 1999)

a. La superoxyde dismutase (SOD)

Cette enzyme catalyse la dismutation de l' $O_2^{\cdot -}$ en H_2O_2 . Elle existe sous trois isoformes qui se différencient par leur localisation cellulaire et par leur cofacteur métallique : une forme cytosolique et nucléaire associée aux ions cuivre et zinc (Cu/Zn-SOD), une forme mitochondriale associée au manganèse (Mn-SOD) et une forme extracellulaire (EC-SOD).

b. Enzymes à glutathion

La glutathion peroxydase (GPx) agit en synergie avec la SOD puisque son rôle est d'accélérer la dismutation du H_2O_2 en H_2O et O_2 (**Figure 6**). Lors de cette réaction deux molécules de glutathion réduit (GSH) sont oxydées en glutathion-disulfure (GSSG). Il existe également une glutathion peroxydase associées à la membrane mitochondriale, la phospholipide-hydroperoxyde glutathion peroxydase (PHGPx) qui est spécifiquement impliqué dans la diminution de la peroxydation lipidique.

Par ailleurs, la glutathion réductase a pour rôle de régénérer le GSH à partir du GSSG grâce au NADPH qui est utilisé comme donneur d'électrons. En effet, la concentration cellulaire en glutathion étant limitée, il est nécessaire de le réduire constamment pour que la GPx maintienne sa fonction. Ces deux enzymes sont présentes dans le cytosol et dans les mitochondries. (*Mates et al., 1999*)

c. La catalase

La catalase est également responsable de l'élimination d' H_2O_2 par une transformation en H_2O et O_2 . (**Figure 6**). Contrairement à la GPx, l'affinité de la catalase pour l' H_2O_2 est élevée seulement lorsque les teneurs en peroxyde d'hydrogène sont accrues. Cette enzyme est abondante dans le foie et les globules rouges. Elle se trouve préférentiellement dans les peroxysomes et en plus faible quantité dans le cytosol. (*Powers et Lennon, 1999*)

II. 2. 2. Système antioxydant non enzymatique

Contrairement aux enzymes anti oxydantes, la plupart de ces composants ne sont pas synthétisés par l'organisme et doivent être apportés par l'alimentation. Dans cette catégorie d'anti oxydant nous retrouvons les oligoéléments, la glutathion réduit (GSH), l'ubiquinone, le cytochrome c, et les vitamines E et C.

a. Les oligoéléments

Le cuivre (Cu), le zinc (Zn), le manganèse (Mn), le sélénium (Se) et le fer (Fe) sont des métaux essentiels dans la défense contre le stress oxydant. Toutes les enzymes anti oxydantes requièrent un cofacteur pour maintenir leur activité catalytique. Ainsi la SOD mitochondriale a besoin de manganèse, la SOD cytosolique de cuivre et de zinc, la catalase de fer et la GP_X de sélénium. Cependant, certains oligoéléments, notamment le fer, lorsqu'ils sont en excès dans l'organisme et sous leur forme réduite, peuvent avoir une action prooxydante. (Blandine, 2006)

b. Le glutathion

Le glutathion réduit (GSH), réduit le peroxyde d'hydrogène et/ou les peroxydes organiques grâce à la réaction catalysée par le glutathion peroxydase (GP_X). Il peut aussi réduire les radicaux formés par l'oxydation de la vitamine E et C, baissant ainsi les niveaux de peroxydation lipidique. Le rapport glutathion réduit/glutathion oxydé (GSH/GSSG) est souvent utilisé comme un marqueur du stress oxydant car plus le flux d'H₂O₂ est important, plus le glutathion réduit est consommé et le glutathion oxydé augmenté. (Ji *et al.*, 1992)

c. Les ubiquinones et cytochrome c

Il a été décrit que les ubiquinones, sous leur forme semi-radicalaire, jouaient un rôle fondamental dans la production de ROS. Inversement, il a pu être défini que la forme « ubiquinol » agissait comme antioxydant (Power et Lennon, 1999). L'ubiquinol protège les membranes de la peroxydation lipidique par une diminution de la formation et de la propagation de radicaux peroxy. L'ubiquinone est également impliquée dans la régénération de la vitamine E ce qui amplifie son rôle protecteur contre les ERO. (Packer *et al.*, 1997)

Par ailleurs, le cytochrome c présent dans l'espace inter membranaire mitochondrial a un rôle de détoxification en captant l'électron libre d'O₂⁻ produit au niveau de la chaîne respiratoire. Ainsi réduit, il cède cet électron au complexe IV formant du cytochrome c oxydé et de l'H₂O. (Skulachev, 1998)

d. Les polyphénols

Les polyphénols végétaux regroupent une grande variété de composés comprenant entre autres les acides phénoliques, les flavonoïdes, les anthocyanes et les tanins. Ce sont des composés ubiquistes que l'on retrouve dans les plantes. Ils sont pourvus de propriétés

antioxydantes. En effet, ils sont capables de piéger des radicaux libres, d'inhiber la peroxydation lipidique en réduisant les radicaux hydroxyles, superoxydes et peroxydes. Ils sont aussi capables de piéger les ions métalliques, car ils ont des propriétés chélatrices. (Bouhadjra, 2011)

II.3. Prévention du stress oxydatif

Le stress oxydatif ne peut pas être totalement évité, car l'oxygène, qui contient les radicaux libres responsables de ce stress, est indispensable à la vie.

Cependant, il est possible d'éviter que ce stress oxydatif ne soit trop important. Pour cela, il faut :

- avoir une alimentation variée et équilibrée, riche en fruits et légumes qui contiennent de nombreux antioxydants.
- si la consommation d'antioxydants apportée par l'alimentation n'est pas suffisante, prendre des compléments alimentaires (oméga 3, zinc, fer, vitamines...).

III. Evaluation de la qualité des huiles alimentaires

Afin d'illustrer les différents contrôles effectués par les fabricants, pour les huiles végétales la qualité va dépendre de :

- De l'état du fruit, de son degré de maturation au moment du ramassage et de sa variété.
- Du temps entre le ramassage du fruit et le processus d'élaboration. Du fait de sa composition en huile, certains fruits s'abîment très vite une fois récoltés. Cette dégradation sera d'autant plus accentuée que le stockage sera long et effectué dans de mauvaises conditions.
- Du processus de transformation, qui doit être rapide et s'effectuer à des températures modérées.
- De la décantation et du stockage de l'huile. En effet, une fois l'huile obtenue, il est important de la stocker à l'abri de la lumière, des changements de température et dans un endroit frais et sec avec un minimum de contacts avec l'air.

Comme toute, la production de l'huile n'est pas réalisée dans des conditions optimales, une partie peut présenter des défauts de qualité. Ces derniers altèrent la composition chimique de l'huile et, par conséquent, sa valeur. Ils sont détectés grâce à des analyses effectuées en laboratoire (indice d'acide, de peroxyde, et les composés polaires) (Juliette *et al.*, 2002)

Matériel et méthodes

Produced with ScanTOPDF

Notre étude portant sur l'effet du traitement thermique sur la qualité nutritionnelle des huiles alimentaires a été effectuée d'une part au niveau des laboratoires de biochimie de l'université de Guelma. D'une autre part, les analyses biochimiques du sang ont été faites au service de biochimie de l'hôpital Ibn Zohr, Guelma. Quant à l'évaluation de la qualité des huiles alimentaires testées, elle a été réalisée au sein du laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE) de la wilaya d'Annaba.

I. Matériels

I. 1. Echantillons d'huile alimentaire

Afin de réaliser cette étude, nous avons choisi une huile végétale raffinée de cuisson extraite entièrement de soja (100% soja) de marque LYNOR ayant subi des traitements thermiques différents. Les échantillons testés sont les suivants :

- Huile Lynor non traitée thermiquement qu'on appelle huile saine (HS).
- Huile Lynor traité par chauffage au feu qu'on a ramené d'un fast-food choisi au hasard. Cette huile a été utilisée pour frire la pomme de terre sept fois, on l'a appelé huile de friture (HF).
- Huile Lynor chauffée par radiation électromagnétique au four à microondes avec incorporation de pomme de terre. Le chauffage a été répété sept fois. Cette huile est appelée huile microondes (HMO).

I. 2. Matériel animal

Pour la partie expérimentation animale, un modèle animal *in vivo* a été choisi et mené sur des souris mâles et femelles *albinos* adultes pesant entre 16g et 32g, issues de l'institut Pasteur d'Alger, Algérie. Dès leur arrivée, les souris ont été mises en période d'adaptation de 15 jours dans l'animalerie, à température ambiante et ayant libre accès à l'eau et à la nourriture provenant de Dar ElFallah, Chelghoum Elaid, Algérie.

II. Méthodes

II. 1. Analyses physico-chimiques des échantillons d'huile

L'analyse physico-chimique des trois échantillons d'huile (traités ou saine) représente une étape de contrôle de leur qualité. Pour cela on a évalué l'indice d'acide, de peroxyde et l'indice de réfraction ainsi que les composés polaires contenus dans ces huiles.

II. 1. 1. Evaluation de l'indice d'acide

a. Principe

D'après la méthode officielle d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce (N°11.95.03). L'indice d'acide est défini comme étant le nombre de milligramme de potasse nécessaire pour neutraliser les acides gras libres d'un gramme de corps gras.

Cette méthode consiste à titrer les acides gras présents dans l'échantillon mélangé à un solvant (alcool/éther éthylique) par une solution d'hydroxyde de potassium en présence de la phénolphaléine comme indicateur coloré.

b. Mode opératoire

Préparation de l'échantillon pour l'essai

Les échantillons huile sont préparés pour l'essai conformément à la méthode officielle d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce N°11.95.01 (2.5 g pour l'huile de soja).

Détermination

La prise d'essai est dissoute dans un mélange de 50 ml d'éther éthylique et 50 ml d'alcool préalablement neutralisé à (98%). Le mélange est agité et titré avec la solution d'hydroxyde de potassium (KOH) à 0.1M jusqu'à virage de l'indicateur (coloration rose de la phénolphaléine persistant durant au moins 10s). (La méthode officielle d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce (N°11.95.03))

Expression des résultats

L'indice d'acide est exprimé en mg de KOH/g d'huile et calculé en utilisant l'équation suivante :

$$\frac{56.1 \times V \times N}{m}$$

Où : 56.1 : est la masse molaire en gramme par mole de l'hydroxyde de potassium.

V : est le volume en millilitres de potassium utilisé.

N : la normalité de KOH qui est égal à 0.1

m : est la masse en gramme de la prise d'essai

II. 1. 2. Evaluation de l'indice de peroxyde

a. Principe

L'indice de peroxyde permet d'évaluer l'état de fraîcheur de l'huile. C'est la quantité de peroxydes présents dans l'échantillon oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. Le principe de son évaluation repose donc sur le titrage de l'iode libéré par une solution de thiosulfate de sodium $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$. (**La méthode officielle d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce (N°11.95.00)**)

b. Mode opératoire

Préparation de l'échantillon pour l'essai

Les échantillons huileux sont préparés pour l'essai conformément à **la méthode officielle d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce N°11.95.00** (2 g pour l'huile de soja)

Détermination

A 2 g d'huile de soja, 10ml de chloroforme, 15ml d'acide acétique et 1ml d'iodure de potassium (KI) sont ajoutés. Le mélange est agité pendant 1mn et laissé reposer pendant 5mn à l'abri de la lumière. 80ml d'eau distillée sont additionnés suivi d'un titrage de l'iode libéré avec une solution de thiosulfate de sodium (0,01N) en agitant vigoureusement et en employant la solution d'amidon (17%) comme indicateur jusqu'à disparition de la couleur.

Expression des résultats

L'indice de peroxyde est exprimé en milliéquivalent de peroxyde par kg d'huile. Il est calculé selon l'équation suivante : $\frac{(V_1 - V_0)}{m} \times N \times 1000$

Où : V_0 : est le volume en millilitres de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc.

V_1 : le volume en millilitres de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour la détermination.

N : est la normalité de la solution de thiosulfate de sodium qui est égale à 0,01

m : est la masse en gramme de la prise d'essai.

II. 1. 3. Evaluation de l'indice de réfraction

a. Principe

La mesure est effectuée à l'aide d'un réfractomètre (*Zess Carl Jena*) convenable de l'indice de réfraction des échantillons à une température constante de 20°C pour les huiles. (la méthode d'analyse des corps gras d'origine animale et végétale du Ministère du commerce N° 11.95.08)

b. Mode opératoire

Sur la section plane d'un prisme de verre, une goutte d'huile dont on veut mesurer l'indice supposé inférieur à celui du verre est placée. L'appareil est éclairé avec une source étendue donnant des rayons lumineux de directions variées, focalisées au centre. Deux plages sont ainsi observées, l'une claire, l'autre sombre. La limite de séparation de ces plages permet de déterminer l'indice de la substance étudiée. (Lecoq, 1965)

II. 1. 4. Evaluation du taux des composés polaires

Cette procédure consiste à contrôler ces huiles (éventuellement sur le terrain) à l'aide du testeur d'huile.

A ce titre, il y a lieu de préciser que l'article 30 de la loi 09-03 du 25 février 2009 relative à la protection du consommateur et à la répression des fraudes, autorise l'utilisation d'instruments de mesure (*Testo 265*) pour effectuer ce type d'analyse sur le terrain. Cet instrument permet de déterminer le taux des composés polaires issus de la dégradation des huiles provoquée par la chaleur. Le résultat est affiché directement sur l'écran du testeur lorsqu'on met ce dernier dans les échantillons préalablement chauffés.

II. 2. Traitement des animaux

II. 2. 1. Protocole expérimental

La période du traitement des animaux est de 21 jours. Dès le début de cette période, les souris suivent un régime alimentaire strict proportionnel à leurs poids corporels (0.15g de nourriture/ g de poids corporel). Elles ont été réparties en quatre lots (huit souris dans chacun) :

Lot n°1 Témoin : les souris ne reçoivent que l'aliment (0.15g/g de poids corporel) et ont libre accès à l'eau.

Lot n°2 HS : les souris reçoivent 20ml d'huile saine / kg de poids corporel, par gavage.

Lot n°3 HF : les souris reçoivent 20ml d'huile de friture / kg de poids corporel, par gavage.

Lot n°4 HMO : les souris reçoivent 20ml d'huile chauffée aux micro-ondes / kg de poids corporel, par gavage.

D'une autre part, les souris ont été pesées au début et à la fin de la période de traitement. Après le dernier gavage des huiles échantillons, les souris ont été mises à jeun pour être sacrifiées le jour qui suit.

II. 2. 2. Sacrifice des souris et prélèvement du sang et du foie

À la fin du traitement des souris, les souris sont sacrifiées une à une par décapitation après les avoir anesthésiées. Les échantillons sanguins sont recueillis dans des tubes secs, puis centrifugés à 4000 tours/minute pendant 5 minutes. Le sérum est séparé dans des tubes Eppendorf, puis conservé au froid jusqu'au moment du dosage des paramètres biochimiques.

Par ailleurs, le foie est rapidement prélevé après la dissection des souris, puis rincé par une solution de NaCl 9% ensuite pesé et fractionné pour être homogénéisé par l'ultraturax (IKA T18 basic) dans deux solutions tampons différentes :

Le tampon phosphate (0,1M, pH=7,4 à 4°C) contenant du KCl 1,17% est utilisé pour le dosage du MDA

La deuxième solution d'homogénéisation EDTA (0,02M) est utilisé pour le dosage du glutathion réduit cytosolique.

L'homogénat est centrifugé à 3000 rpm (SIGMA 2-16) pendant 15 minutes à 4°C. Le surnageant est fractionné dans des tubes Eppendorf, puis conservé au froid jusqu'au moment des dosages tissulaires.

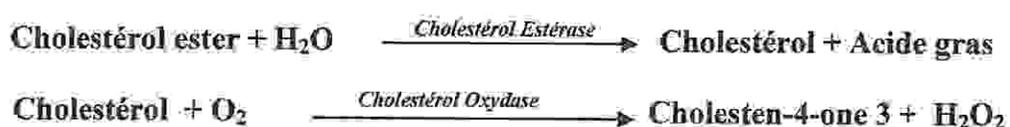
II. 3. Dosage des paramètres biochimique sanguins

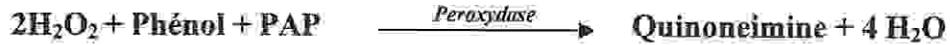
II. 3. 1. Evaluation du profil lipidique

a. Dosage de cholestérol

Principe

La méthode de dosage est enzymatique décrite par *Allain et al. 1974*, selon le schéma réactionnel suivant :





L'absorbance du complexe coloré (quinonéimine), proportionnelle à la concentration en cholestérol dans l'échantillon, est mesurée à 505 nm

Mode opératoire

1ml du réactif qui est un mélange du tampon (Tampon phosphate, Chloro-4phénol, Sodium Cholate, Triton×100, conservateur) et des enzymes (Cholestérol oxydase, Cholestérol estérase, Peroxydase), est ajouté à 10µl du sérum. Le mélange est incubé pendant 10 min à température ambiante. La lecture de l'absorbance (A) est effectuée à $\lambda = 505$ nm contre un blanc réactif contenant de l'eau distillée.

Expression des résultats

La concentration (C) du cholestérol sérique est calculée à partir de la formule suivante:

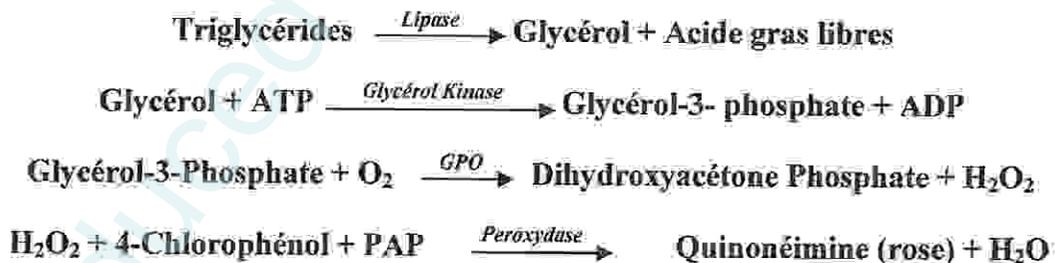
$$C = \frac{(A)\text{échantillon}}{(A)\text{standard}} \times (C \text{ standard})$$

Où C : est une solution standard de cholestérol à 2 g/l.(5.17 mmol/l)

b. Dosage des triglycérides

Principe

La méthode utilisée pour doser les triglycérides dans le sang est celle de **Fossati et al., 1982** couplée à une réaction de **Trinder 1969**. Le schéma réactionnel est le suivant :



L'absorbance du complexe coloré (quinonéimine), proportionnelle à la concentration en triglycérides dans l'échantillon, est mesurée à 505 nm.

Mode opératoire

1ml du réactif qui est un mélange d'un tampon (PIPES, chlorure de magnésium, chloro-4-phénol) et des enzymes (Lipase, peroxydase (POD), glycérol 3phosphate oxydase (GPO), glycérol Kinase (GK)), est ajouté à 10 µl du sérum. Le mélange réactionnel est incubé pendant 10 min à température ambiante. La lecture de l'absorbance (A) est effectuée contre le blanc réactif à $\lambda = 505$ nm.

Expression des résultats

La concentration (C) de l'échantillon en triglycérides est calculée à partir de la formule suivante:

$$C = \frac{(A)_{\text{échantillon}}}{(A)_{\text{standard}}} \times (C \text{ standard})$$

Où : C est une solution standard de triglycérides à 2 g/l

c. Dosage du cholestérol-HDL (C-HDL)**Principe**

Les lipoprotéines de très faible densité (VLDL) et faible densité (LDL) du sérum ou plasma se précipitent avec le phosphotungstate en présence d'ions magnésium. Après leur centrifugation, le surnageant contient les lipoprotéines de haute densité (HDL). La fraction de cholestérol HDL est déterminée en employant le réactif de l'enzyme cholestérol total. (Grove, 1979 ; Kaplan et al., 1984 ; Naito 1984)

Mode opératoire

1ml du réactif contenant de l'acide phosphotungstique (PAT) et du chlorure de magnésium est ajouté au à 25 µl du sérum. Le mélange est incubé pendant 10 min à température ambiante. La lecture de l'absorbance (A) est effectuée contre le blanc réactif à $\lambda=505$ nm.

Expression des résultats

La concentration (C) de l'échantillon en C-HDL est calculée à partir de la formule suivante:

$$C = \frac{\text{Absorbance (dosage)}}{\text{Absorbance(Etalon)}} \times \text{concentration du calibrateur}$$

Où : C : la concentration de l'Étalon ou calibrateur est une solution de Cholestérol à une concentration de 1,00 g/L.

d. Détermination du cholestérol-LDL (C-LDL)

Le cholestérol LDL est déterminé à partir des taux du cholestérol total, du cholestérol HDL et des triglycérides par la formule modifiée par Friedwald en 1972 :

$$C\text{-LDL} = \text{Cholestérol total} - ((\text{TG} / 5) + C\text{-HDL})$$

II. 3. 2. Détermination de l'activité des transaminases sanguines

Certaines enzymes (ASAT, ALAT) sont libérées normalement dans le sang à partir des cellules hépatiques à de faibles taux. Toutefois l'augmentation anormale de leurs niveaux peut être un indicateur fiable de lésions ou altérations hépatique.

a. Dosage de l'aspartate amino-transférase (ASAT ou TGO)

Principe

L'aspartate amino-transférase (AST), initialement appelée glutamate oxaloacétate transaminase (GOT) catalyse le transfert réversible d'un groupe aminique de l'aspartate vers l'alpha-cétoglutarate afin de former le glutamate et d'oxalacétate. L'oxalacétate produit est réduit en malate en présence de malate déshydrogénase (MDH) et NADH (Murray, 1984 ; Kaplan et al., 1984). Cette méthode est basée sur le schéma réactionnel suivant :

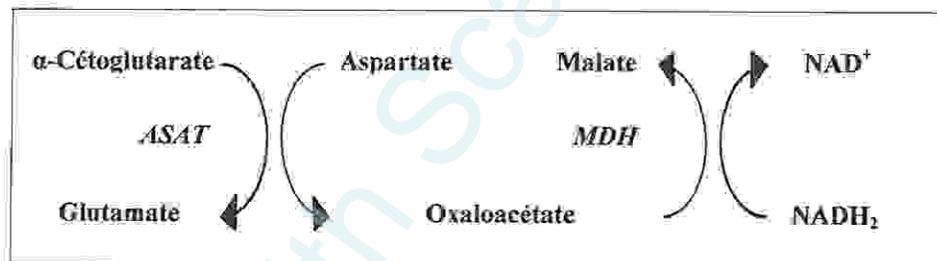


Figure 7 : Schéma représentatif de la procédure du dosage de l'ASAT.

La diminution de l'absorbance due à la conversion du NADH en NAD⁺ et proportionnelle à l'activité de l'ASAT dans le sérum, est mesurée à 340 nm.

Mode opératoire

1ml du réactif contenant de l'EDTA, 2-Oxoglutarate, L-Aspartate, MDH, LDH, NADH, tampon Tris) est ajouté à 100 µl du sérum. Après 1 min d'incubation du mélange réactionnel, la lecture de l'absorbance (A) initiale suivi de l'absorbance chaque minute pendant 3 minutes à 340 nm est faite.

Expression des résultats

Le résultat est déterminé d'après la formule suivante, après le calcul de la moyenne de l'augmentation d'absorption par minute ($\Delta A/\text{min}$)

$$\Delta A/\text{min} \times 1750 = \text{U/L de AST}$$

b. Dosage de l'alanine amino-transférase (ALAT ou TGP)

Principe

L'alanine amino-transférase (ALT) initialement appelée glutamate pyruvate transaminase (GPT) catalyse le transfert réversible d'un groupe amine d'alanine vers l'alpha-cétoglutarate pour former le glutamate et de pyruvate. Le pyruvate produit est réduit en lactate en présence de lactate déshydrogénase (LDH) et NADH. (Kaplan *et al.*, 1984, Murray, 1984). Le schéma réactionnel est le suivant :

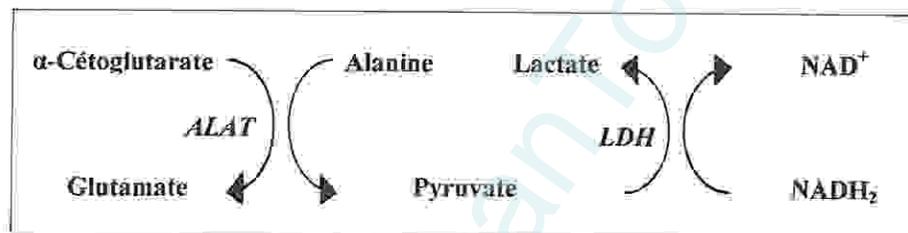


Figure 8 : Schéma représentatif de la procédure du dosage de l'ALAT.

La diminution de l'absorbance due à la conversion du NADH en NAD⁺, et proportionnelle à l'activité ALAT dans l'échantillon, est mesurée à 340 nm.

Mode opératoire

1 ml du réactif contenant (2-Oxoglutarate, L-Alanine, LDH, NADH, tampon Tris) est ajouté à 100 μ l du sérum. Après 1 min d'incubation, l'absorbance (A) initiale à 340 nm est relevé ainsi que toutes les absorbances effectuée toute les minutes pendant 3 minutes.

Expression des résultats

Le résultat est déterminé d'après la formule suivante, après le calcul de la moyenne de l'augmentation d'absorbance par minute ($\Delta A/\text{min}$)

$$\Delta A/\text{min} \times 1750 = \text{U/L de ALT}$$

II. 4. Evaluation des marqueurs biologiques du stress oxydant hépatique

II. 4. 1. Détermination de la concentration du malondialdéhyde (MDA)

a. Principe

Le MDA est l'un des produits terminaux formés lors de l'oxydation des lipides cellulaires médiée par les radicaux libres, les taux du MDA sont évalués selon la méthode

d'Ohkawa *et al.*, 1979. La concentration repose sur la formation en milieu acide et chaud (100 C°) entre le MDA et l'acide thiobarbiturique (TBA) d'un pigment coloré absorbant à une longueur d'onde $\lambda = 532$ nm.

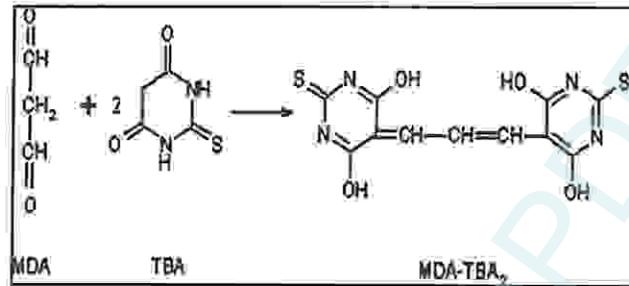


Figure 9: Réaction MDA-TBA (Janero, 1990).

b. Mode opératoire

A 0,5ml de la fraction cytosolique est ajouté un mélange constitué de : 0,5 ml d'acide trichloroacétique 20 % (TCA) et de 1ml de TBA 0,67%. Le mélange réactionnel a été incubé au bain marie à 100 C° pendant 15 minute, puis refroidit. Ensuite 4 ml de n-butanol ont été ajouté. Après agitation vigoureuse, le mélange est centrifugé à 3000 rpm pendant 15 minutes, l'absorbance du surnageant a été mesurée à une longueur d'onde de 532 nm à l'aide d'un spectrophotomètre (SECOMAM. CE. 95335) contre un blanc préparé dans les mêmes conditions avec de l'eau distillée.

Le taux du MDA cytosolique du foie est exprimé en nmole/ gramme de tissu hépatique.

II. 4. 2. Dosage du glutathion réduit (GSH)

a. Principe

Pour l'évaluation du taux de glutathion réduit chez les souris, nous avons utilisée la méthode d'Ellman, 1959. Il s'agit d'une réaction chimique évoluant en une seule étape suivie d'une détection colorimétrique. Le réactif d'Ellman Acide 5,5'-dithiobis-2-nitrobenzoïque (DTNB) est réduit par les groupes thiol (SH) libérant ainsi l'acide 2-nitro 5-mercaptobenzoïque, qui à pH alcalin présente une absorbance à 412 nm selon la réaction suivante (Figure 10) :

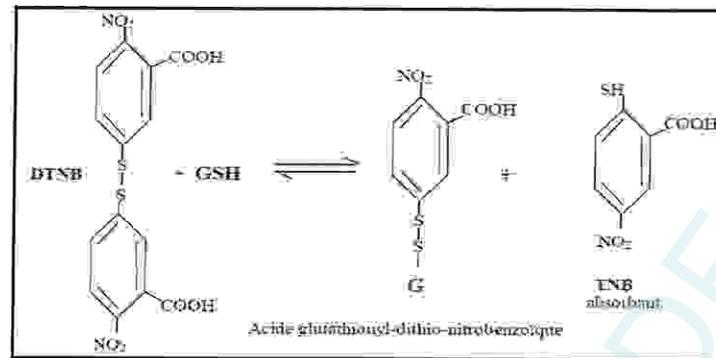


Figure 10 : Schéma de réaction entre le DTNB et le GSH (Ellman, 1959)

b. Mode opératoire

Un volume de 0,5ml de la fraction cytosolique a été ajouté à 1,5ml de tampon Tris 0,2M (pH=8,2 dans l'EDTA 0,02 M) puis 0,1ml de solution de DTNB est additionné au mélange. Le volume est complété jusqu'à 10 ml par le méthanol absolu. Après 15 minutes d'incubation à température ambiante, le mélange est centrifugé à 3000 tpm.

La lecture de l'absorbance du surnageant est effectuée à $\lambda = 412$ nm contre un blanc préparé dans les mêmes conditions en remplaçant la fraction cytosolique par l'eau distillée.

Les concentrations du GSH exprimés en $\mu\text{mole/g}$ de foie.

III. Analyse statistique des résultats

Les résultats quantitatifs des évaluations réalisées sont exprimés en moyenne \pm écartype. Ces résultats sont traités statistiquement par le test d'ANOVA suivi par test de simultanéité de Dunnett pour les comparaisons avec le niveau de contrôle (témoin) et par le test de simultanéité de Tukey pour toutes comparaisons deux à deux entre les différents niveaux.

Le seuil de signification est supérieur à 95% ($p < 0.05$), tel que :

($p > 0.05$) désigne un effet non significatif.

($p \leq 0.05$) désigne un effet significatif.

($p \leq 0.01$) désigne un effet très significatif.

($p \leq 0.001$) désigne un effet hautement significatif.

L'ensemble des traitements statistiques est réalisé à l'aide du logiciel GraphPad Prism version 5.01.

Résultats et interprétation

Produced with ScanTOPDF

I. Analyses physico-chimiques des échantillons d'huile

Les résultats des tests physico-chimiques des différents échantillons d'huile à savoir : l'huile de soja saine non traitée thermiquement, l'huile de friture et l'huile chauffée par les microondes sont résumés dans le tableau suivants :

Tableau 06 : Tableau récapitulatif des résultats des tests physicochimiques des échantillons d'huiles analysées

Les résultats sont exprimés en moyenne. Test ANOVA : les résultats sont comparés avec ceux de l'HS. * : Différence significative ($p \leq 0.05$). ** : différence très significative ($p \leq 0.01$), *** : différence hautement significative ($p \leq 0.001$), ns : différence non significative ($p > 0.05$)

	Huile saine (HS)	Huile de friture (HF)	Huile de microonde (HMO)
Indice de peroxyde (mEq d'O ₂ peroxydique / kg d'huile)	04	12 (***)	17.5 (***)
Indice d'acide (mg de KOH/g d'huile)	0.6732	0.8976 (***)	0.8976 (***)
Indice de réfraction	1.466	1.477 (ns)	1.474 (ns)
Composés polaires (%)	25	34 (***)	30 (**)

Ces résultats montrent qu'il y a une augmentation hautement significative ($p \leq 0.001$) de l'indice de peroxyde et de l'indice d'acide des échantillons d'huiles traités thermiquement par rapport à l'huile saine non traité.

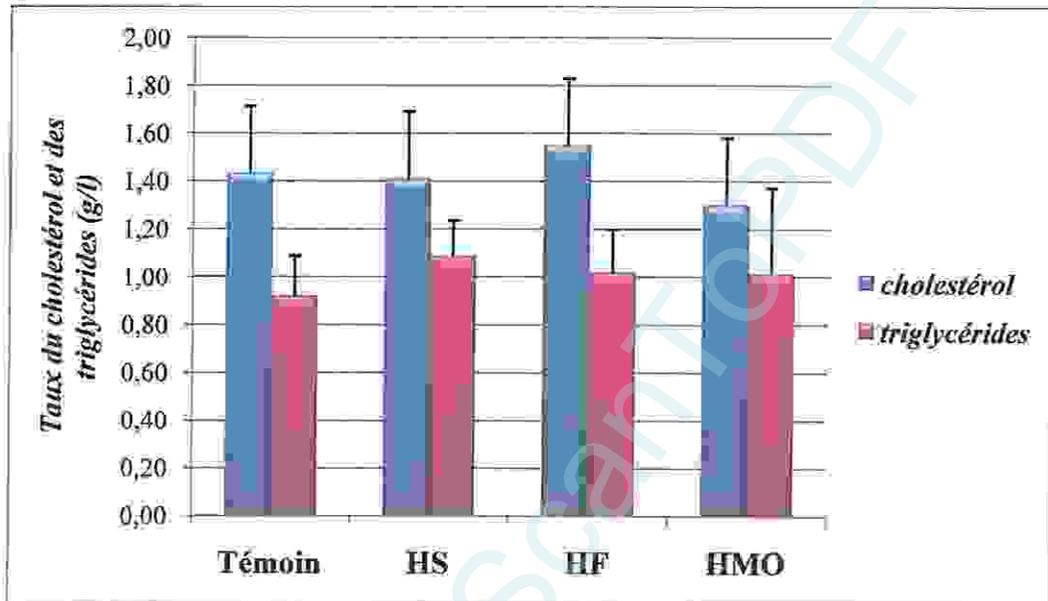
Par ailleurs, le traitement thermique a provoqué une augmentation très significative ($p \leq 0.01$) du taux des composés polaires dans l'huile traitée par les microondes et une augmentation hautement significative ($p \leq 0.001$) pour l'huile de friture.

Cependant, l'indice de réfraction n'a pas été changé par le traitement thermique, d'où la différence non significative entre l'HF et l'HMO par rapport à l'huile saine.

II. Dosage des paramètres biochimiques sanguins

II. 1. Evaluation du profil lipidique

II. 1. 1. Dosage du cholestérol et des triglycérides



Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Test ANOVA: (*) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot témoin (test Dunnett), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$). (#) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot HS (test Turkey), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$).

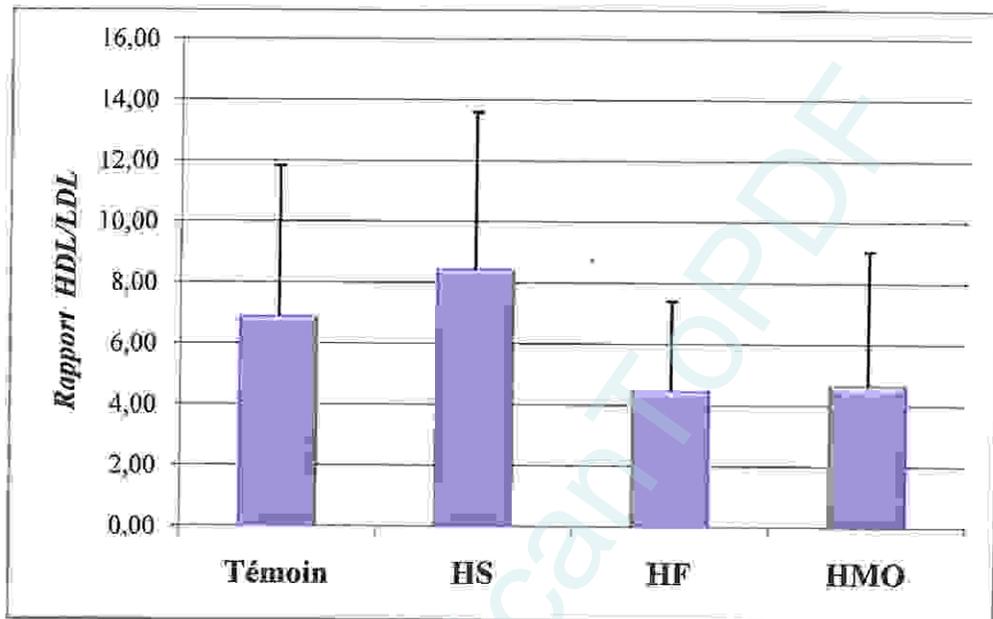
Figure 11 : Variation des taux du cholestérol et des triglycérides des différents lots traités

D'après cette figure, on remarque que la consommation des différents échantillons d'huiles alimentaires n'a pas affecté le taux du cholestérol et celui des triglycérides. En effet, le régime basé sur une huile alimentaire saine n'a pas augmenté le taux du cholestérol sérique des souris mais il a provoqué une augmentation des triglycérides sérique mais elle reste statistiquement non significative.

D'une autre part, la consommation des huiles chauffées (HF et HMO) n'a pas changé le taux des triglycérides, cependant l'HF a causé l'augmentation non significative du cholestérol.

En faisant une deuxième comparaison entre les lots HF et HMO avec le lot HS, on remarque que traitement thermique de l'huile a provoqué la diminution des taux de triglycérides sériques, cette diminution étant non significative. Cependant seule l'huile de friture a augmenté le taux de cholestérol sérique, mais ce changement est statistiquement non significatif.

II. 1. 2. Détermination du rapport (HDL/LDL)



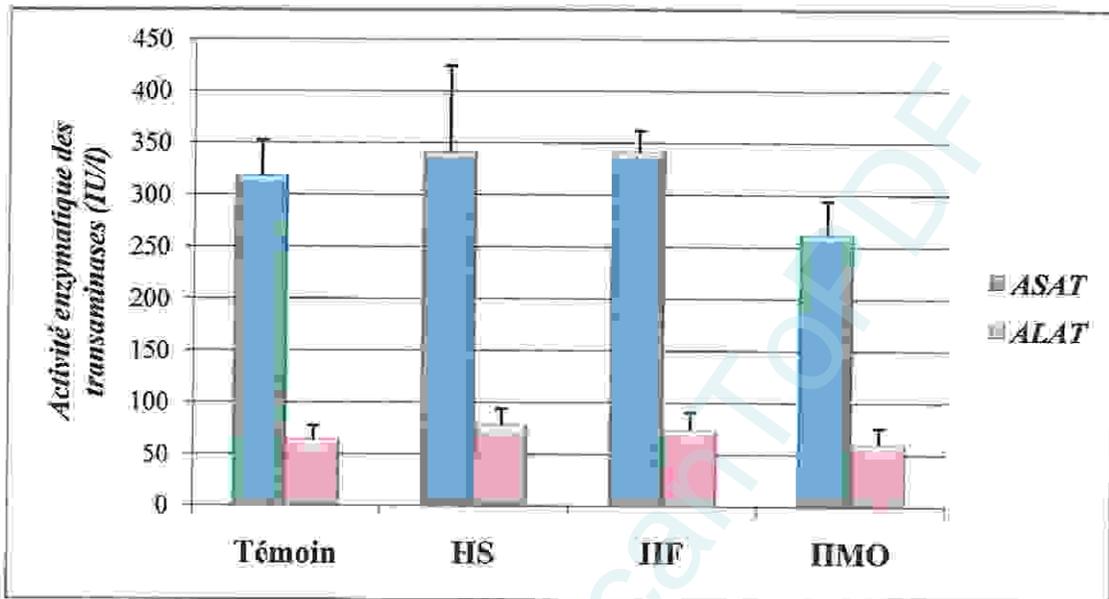
Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Test ANOVA : (*) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot témoin (test Dunnett), désigne un effet significatif ($p \leq 0,05$). (#) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot HS (test Turkey), désigne un effet significatif ($p \leq 0,05$).

Figure 12 : Variation des rapports HDL/LDL, chez les différents lots traités

En comparant les résultats du rapport HDL/LDL des différents lots par rapport à celui du lot témoin ($6,88 \pm 4,95$), on constate une augmentation, mais elle est non significative, du rapport HDL/LDL suite à la consommation de l'huile saine ($8,44 \pm 5,16$). Tandis que la consommation de l'huile chauffée HF et HMO a causé une réduction de ce rapport ($4,47 \pm 2,95$ et $4,67 \pm 4,38$ respectivement).

Pour la deuxième comparaison des deux lots HF et HMO avec le lot HS, on remarque que la consommation des huiles traitées thermiquement ont provoqué une baisse du rapport HDL/LDL, cependant cette nette diminution reste statistiquement non significative.

II. 2. Détermination de l'activité enzymatique des transaminases sanguines



Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Test ANOVA : (*) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot témoin (test Dunnett), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$). (#) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot HS (test Turkey), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$).

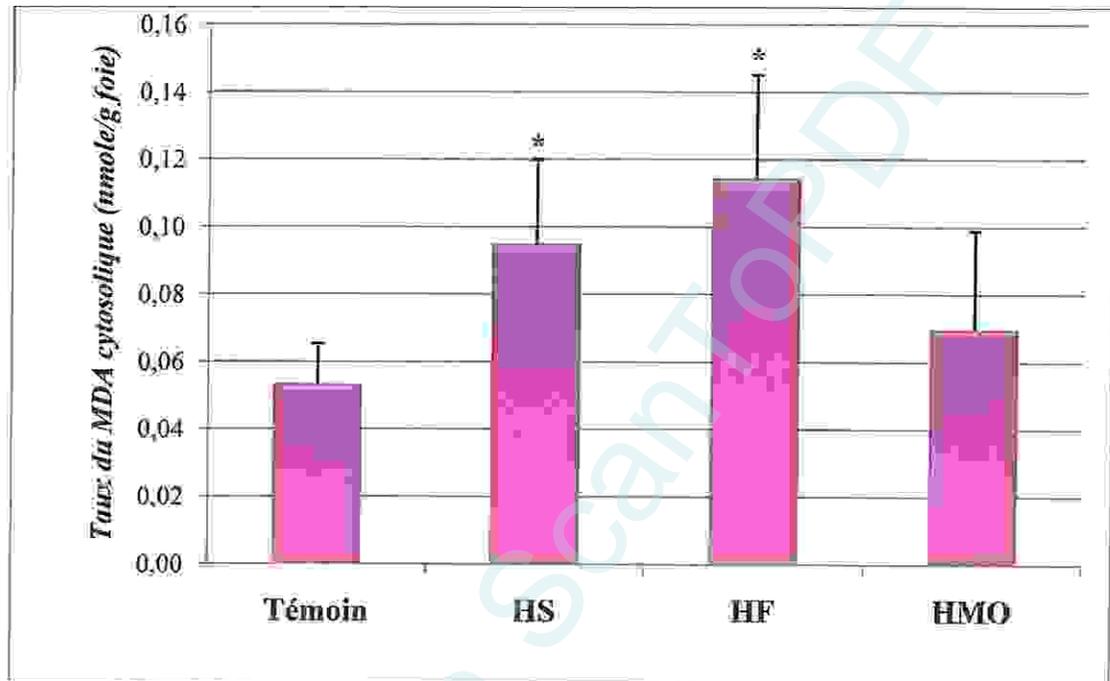
Figure 13 : Variation de l'activité enzymatique des transaminases sanguines (ASAT et ALAT) chez les différents lots traités

Pour une première comparaison de l'activité des transaminases (ASAT, ALAT) des lots traités HS, HF et HMO avec le lot témoin, on observe une légère hausse non significative de l'activité des transaminases des lots HS et HF, par contre une diminution non significative de l'activité enzymatique des ASAT et ALAT est constatée chez le lot traité par l'huile chauffée aux microondes.

Par contre, ce qui est apparent est que les deux traitements thermiques ont donné deux résultats différents. En effet le chauffage conventionnel de l'huile n'a pas affecté le taux des transaminases dans le sang, comparé à l'huile saine, cependant le chauffage par les microondes a diminué l'activité enzymatique des deux transaminases mais cette diminution reste statistiquement non significative (comparée avec le lot HS).

II. 3. Evaluation des marqueurs biologiques du stress oxydant hépatique

II. 3. 1. Détermination de la concentration du MDA



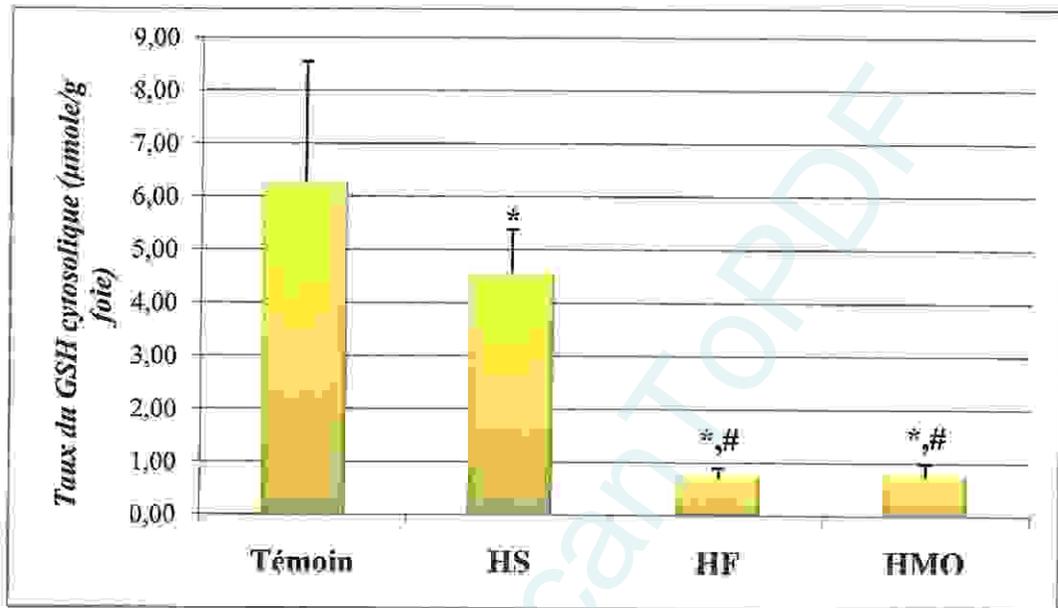
Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Test ANOVA : (*) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot témoin (test Dunnett), désigne un effet significatif ($p \leq 0,05$). (#) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot HS (test Turkey), désigne un effet significatif ($p \leq 0,05$).

Figure 14 : Variation des concentrations du MDA cytosolique hépatique

A l'échelle de la cellule hépatique, la consommation des huiles alimentaires saine ou traitées thermiquement a provoqué une augmentation de la concentration du MDA cytosolique mais à des degrés différents. En effet, cette augmentation est statistiquement significative chez les lots HS et HF par contre elle est non significative chez le lot HMO.

Par ailleurs, en faisant une comparaison avec le lot HS, on remarque que le traitement thermique affecte différemment le taux du MDA hépatique mais d'une façon non significative, car le chauffage conventionnel HF a augmenté ce taux par contre le chauffage aux micro-ondes l'a réduit. Il est à noter aussi que la différence entre les deux derniers lots HF et HMO est statistiquement significative.

II. 3. 2. Dosage du glutathion réduit (GSH)



Les résultats sont exprimés en moyenne \pm écart type. Test ANOVA : (*) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot témoin (test Dunnett), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$). (#) : Les résultats sont comparés avec ceux du lot HS (test Turkey), désigne un effet significatif ($p \leq 0.05$).

Figure 15 : Variation des taux de glutathion réduit cytosolique du foie

En faisant une comparaison avec le lot témoin, le dosage de la forme réduite du glutathion cytosolique du foie des différents lots HS, HF, et HMO indique une diminution significative et hautement significative respectivement.

Une seconde comparaison avec le lot HS montre une déplétion hautement significative du glutathion réduit chez le lot traité par l'huile de friture (HF) et celui ayant reçu l'huile chauffée aux microondes (HMO). Aussi entre ces deux derniers, la différence est non significative.

Discussion

Produced with ScanTOPDF

La qualité d'une huile est largement tributaire de sa composition chimique. Sous certaines conditions, notamment lors du traitement thermique des huiles, au cours de la cuisson, ces divers éléments constitutifs peuvent subir des modifications plus ou moins importantes pouvant porter préjudice à la qualité nutritive de celles-ci. D'où l'opportunité scientifique de cette étude qui se fixe comme objectif de vérifier la qualité des huiles que nous consommons sans ou après traitement thermique.

Ainsi, En prenant comme référence les normes du *Codex alimentarius* sur les huiles comestibles (huile de soja) et en considérant les critères de qualité d'une huile alimentaire, les résultats obtenus des analyses physico-chimiques de nos échantillons ont démontrés que seule l'huile non traitée était dans l'intervalle des caractéristiques de qualité des huiles alimentaires. Alors que l'huile de friture et l'huile chauffée aux microondes étaient hors normes du *Codex alimentarius*.

En effet, selon le codex, l'huile de soja ne doit pas dépasser 0.6 mg de KOH/g d'huile alors que l'indice d'acide de l'huile de friture (HF) et celle du microondes (HMO) a été augmenté et cela est causé par le taux élevé des acides gras libres provenant des réactions d'hydrolyse des acides gras polyinsaturés et les acides gras des triglycérides de l'huile au contact de l'eau de l'aliment frit suite au traitement thermique. Nos résultats sont en accord avec ceux de **Dansou et ses collaborateurs (2008)** qui ont révélé une augmentation de l'indice d'acide au niveau des sauces frites provenant certainement des réactions chimiques s'opérant au niveau de l'huile au contact de l'eau, du jus de tomate et des condiments sous l'effet de la chaleur.

Concernant l'indice de peroxyde, la norme du codex est au maximum 10 mEq O₂/Kg d'huile, cependant l'indice de peroxyde de l'HF et l'HMO sont respectivement 12 et 17.5 mEq O₂/Kg d'huile ce qui indique que le chauffage au four à microondes a provoqué une peroxydation lipidique traduite par les premiers produits formés par l'attaque de l'oxygène actif sur les doubles liaisons des chaînes d'acides gras, ce sont des composés peroxydés instables, et des hydroperoxydes dont la structure va dépendre de la nature des acides gras attaqués (acides mono-, di-, tri- ou polyinsaturés). En effet une étude d'**Ayari (2007)** sur la radio-sensibilisation des lipides de la viande bovine hachée a montré que la radiation ionisante cause la radiolyse de l'eau qui se trouve présente en grande proportion dans l'aliment. Ceci génère des radicaux libres comme des électrons hydratés e_{aq}⁻, OH• et H• qui réagissent à leurs tours avec les différents constituants des aliments. Le site le plus susceptible à l'attaque des radicaux libres dans la molécule de lipide est adjacent à la double

liaison. Les lipides les plus affectés durant l'irradiation sont par conséquent les acides gras polyinsaturés à double ou à triple liaisons.

A propos de l'indice de réfraction, il représente un critère de pureté de l'huile. Il dépend de la composition chimique des huiles et de la température. D'après les résultats du (tableau 06), les indices de réfraction de l'huile de friture et de l'huile chauffée au four à microondes représentent une petite augmentation (1.474 et 1.477 respectivement) par rapport à l'huile non traitée qui est d'origine de soja et son indice selon la norme du codex est variée de 1.466-1.470 ce qui explique l'impureté de ces huiles et leur degrés d'altération

Quant aux résultats de la teneur en composés polaires de l'huile, ils montrent que le pourcentage a été augmenté suite au traitement thermique qu'il soit par microondes ou autre procédé de chauffage (34%, 30% respectivement). Selon l'arrêté du 1^{er} octobre 1986 (J.O. du 21/10/1986), il est déclaré que lorsque les graisses et les huiles ont une teneur en composés polaires supérieure à 25% sont impropres à la consommation humaine. En effet pendant les fritures et notamment les fritures profondes, la température accélère le processus d'oxydation. En plus elle conduit à la formation d'une grande variété de produits secondaires d'oxydation et de produits primaires tels que les hydro-péroxydes d'acide gras. Ces derniers se décomposent en oxy-radicaux à cause de leur instabilité à la température du bain de friture.

Les oxy-radicaux ont une durée de vie extrêmement courte et donnent naissance à de distincts produits d'altération thermo-oxydative volatils et non volatils ces derniers sont des composés polaires tels que l'alcool, hydroxy-acides, cétones, monomères cyclique, monomères aromatiques. Nos résultats corroborent avec ceux de **Dendani et ses collaboratrices (1995)** dans leur étude sur le dosage des composés polaires dans les huiles de friture par chromatographie sur colonne.

Notre deuxième aspect de l'étude porte sur l'impact de ses huiles alimentaires sur la santé, il a été montré qu'il y avait des variations des différents dosages qu'on a réalisés.

En effet, le MDA est l'un des produits terminaux de la peroxydation lipidique induite par l'attaque oxydative des radicaux libres sur les lipides membranaires de la cellule. Il est considéré comme un indice fiable de l'état de stress oxydatif au niveau cellulaire. L'augmentation importante de la concentration du MDA hépatique suite à la consommation des huiles alimentaires et surtout l'huile de friture, prouve qu'il ya une forte peroxydation lipidique au niveau hépatique. Cette augmentation peut être favorisée par la diminution des

antioxydants (enzymatique et non enzymatique), qui jouent un rôle coopératif très importants dans l'inhibition du phénomène de peroxydation lipidique et la formation de ses produits dangereux au niveau cellulaire. Nos résultats sont en accord avec ceux décrits dans plusieurs travaux **Hocine (2011)** pour déterminer les marqueurs du stress oxydatif chez les rats obèses sous régime hypergras.

D'une autre part, il se trouve que le foie et les reins, les deux principaux organes de détoxification et d'élimination possèdent les plus hauts niveaux de GSH intracellulaire dans le corps. Maintenir un bon niveau de GSH permettra à l'organisme de continuer à neutraliser de nombreuses toxines.

Nos résultats montrent que la consommation de l'huile alimentaire saine a causé une déplétion du GSH, cette dernière est plus aggravée suite à la consommation d'huile de friture et d'huile traitée par les ondes électromagnétique. Ceci peut être expliqué par la neutralisation et la fixation des RL résultant des régimes alimentaires testés ce qui provoque la réduction des réserves cellulaire en GSH. Par ailleurs, le lot traité par l'huile saine (HS) a un taux élevé du MDA par rapport au témoin et n'a pas subi une diminution importante du taux de GSH, on suppose, donc, qu'il y a des antioxydants autres que le glutathion, intervenant pour piéger les RL, parce que l'huile non traitée est riche en antioxydant comme on l'a indiqué précédemment, ou bien qu'il ya une diminution de la fonction hépatique, ce qui amenant de plus en plus des toxines à circuler dans le corps et provoquant des dangers aux cellules et aux organes. Par conséquent, la déplétion du GSH n'est pas aussi importante que dans les deux lots HF et HMO.

En plus de l'évaluation du statut oxydatif, la mesure de l'activité enzymatique des transaminases sanguines permet de quantifier l'atteinte des hépatocytes. Ainsi l'augmentation des transaminases reflète le degré de lésion hépatocytaire, plus l'augmentation est élevée plus les lésions sont importantes. (**Yahiaoui, 2012**)

Nos résultats montrent une légère augmentation des transaminases pour les lots traités par les huiles alimentaires ce qui implique que le degré de lésion des cellules hépatiques est très faible et non significatif statistiquement. Malgré l'état de stress oxydatif au niveau des cellules hépatiques, le taux des transaminases est resté presque normal, car les dommages cellulaires induits par les RL et précisément la peroxydation lipidique, ne sont pas suffisamment important pour provoquer la lyse cellulaire et le déversement des transaminases cellulaires dans le sang.

Par ailleurs, nos résultats du profil lipidique ont montré que le taux de triglycérides a subi une légère augmentation suite à l'ingestion de différentes huiles mais qui reste non significative. La légère augmentation du taux du cholestérol est due au régime gras qu'ont subi les souris. Ces résultats sont identiques à ceux d'Elhabiri (2013) sur l'effet métabolique d'un régime hyperlipidique et hypercalorique enrichi en huile de lin chez la rate gestante où les teneurs sériques en triglycérides et en cholestérol ont augmentées chez les rates avant la gestation.

Le cholestérol circule sous forme libre et surtout sous forme liée aux diverses lipoprotéines : la lipoprotéine LDL (Low Density Lipoprotein) transporte le cholestérol dans le sang pour répondre aux besoins cellulaires en cholestérol. En cas d'augmentation des apports en cholestérol exogène (d'origine alimentaire), le taux de cholestérol plasmatique qui s'accumule dans les vaisseaux sanguins augmente et va favoriser l'athérosclérose. C'est pour cette raison que le LDL-cholestérol est souvent appelé « mauvais cholestérol », par opposition au HDL (High Density Lipoprotein) qui est appelé « bon cholestérol ». Qui récupère le cholestérol en excès dans les cellules et le ramène au foie qui s'en sert principalement pour fabriquer des acides biliaires.

Le HDL est considéré comme une substance essentielle dans le système de transport des lipides. Un taux de cholestérol HDL élevé signifie que les dépôts graisseux sont moins susceptibles de s'accumuler dans les artères.

Le rapport HDL/LDL de lot de l'huile saine est élevé, c'est-à-dire un taux de cholestérol HDL élevé par rapport au taux de cholestérol LDL, cela signifie que le régime alimentaire administré à ce lot est riche en acides gras polyinsaturés ce dernier diminue le risque cardiovasculaires.

Il est prouvé que la consommation de bonnes matières grasses telles que l'huile de soja peuvent contribuer à augmenter le taux de cholestérol HDL et par conséquent, le rapport HDL/LDL. Toutefois, lorsque ce rapport diminue chez les lots des huiles chauffées aux micro-ondes et celui de fritures, cela veut dire que le taux de LDL est plus élevé que le taux de HDL et indique que le risque cardiovasculaire va augmenter. (Poisson *et al.*, 2003)

Conclusion et perspectives

Produced with ScanTOPDF

Ce travail s'inscrit dans le cadre du contrôle de la qualité des huiles alimentaires subissant deux traitements thermiques différents et leur impact sur l'état de santé général du consommateur et plus précisément sur le statut oxydatif hépatique.

Pour réaliser ce travail, nous avons testé la sensibilité de notre échantillon huileux vis-à-vis du traitement thermique en observant les variations de leurs indices d'acide et de peroxydes ainsi que le taux des composés polaires en fonction de la nature du traitement thermique. Les résultats ont montré que les échantillons testés ne sont pas conformes aux normes du *Codex alimentarius*. Cette non-conformité conduit à la dégradation de la valeur nutritionnelle de l'huile chauffée plusieurs fois.

Par ailleurs, l'effet de cette détérioration de qualité est apparu précisément sur les rapports HDL/LDL des souris ayant été alimentées par ces huiles ainsi que leurs paramètres du statut oxydatif hépatique. Les résultats ont montré que le risque du stress oxydatif s'accroît avec la consommation d'une huile chauffée et réutiliser plusieurs fois.

Les résultats de cette étude montrent donc la nécessité d'éduquer et de sensibiliser la population sur les dangers que peuvent avoir les traitements de cuissons, et surtout thermiques, sur la qualité nutritionnelle des huiles alimentaires ainsi que l'aliment cuit par le chauffage de ces huiles.

Nous signalons aussi que le chauffage et l'utilisation successive du four à microondes peut endommager la valeur nutritionnelle de l'aliment et par conséquent nuire à la santé du consommateur.

D'autres recherches supplémentaires peuvent être envisagées pour approfondir notre travail et plusieurs points méritent d'être développés, à savoir :

- Prolonger la période du traitement pour connaître la durée de consommation à partir de laquelle des résultats statistiquement significatifs peut apparaître et plus précisément au niveau du sang.
- Dosage d'autres paramètres enzymatiques liés au stress oxydant (SOD, CAT, GPx) ainsi que d'autres paramètres plasmatiques (LDL oxydés).
- Réalisation d'étude histologique pour confirmer les lésions structurales au niveau des cellules hépatique.
- Essai du traitement préventif par des antioxydants liposolubles tels que la vitamine E.

Références bibliographiques

- Allain C. C. et al., Clin. Chem. (1974)**, 20/4, p 470-475. In: Cholesterol Method CHOD-PAP. Version : FT 80106 29 11 2007.
- Arrêté du 1^{er} octobre 1986(J.O du 21.10.86)** relatif à la méthode officielle de dosage des composés polaires dans les graisses et les huiles comestibles, pp : 1-3. Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).
- Ayari S.** Radio sensibilisation des bactéries de la viande bovine hachée par les huiles essentielles avec une référence spéciale aux spores de *Bacillus cereus* ATCC 7004 [en ligne]. Thèse de biotechnologies industrielle. Université 7 Novembre de Carthage, 2007, 82p
- Bergmeyer H. U., Herder M and R. Rej.**Part 2. IFCC Method for Aspartate Aminotransferase (L-Aspartate: 2-Oxoglutarate Aminotransferase; EC 2.6.1.1) : International Federation of Clinical Chemistry (IFCC) [en ligne]. 1986, vol 24, pp : 497-710.
- Blandine G** Le stress oxydant induit par voie métabolique (régimes alimentaires) ou par voie gazeuse (hyperoxie) et effet de la glisodin[en ligne]. Université Joseph Fourier, 2006,195p.
- Benbada M.** Le Pari D'acquérir Une Crédibilité Du Marché Et Instaurer Un Équilibre. Alger: Bulletin du Ministère du Commerce[en ligne], 2013, N°6, 27p.
- Bouhadjra K.** Étude de l'effet antioxydant naturels et de synthèse sur la stabilité oxydative de l'huile d'olive[en ligne]. Thèse chimie de l'environnement. TIZI-OUZOU : Mouloud MAMMERI, 2011,92p.
- Boulekrab A., Laib C.** Étude et évaluation de la qualité physico-chimique et organoleptique de l'huile de tournesol raffinée au niveau de l'ENCG D'ANNABA.Université de Skikda, 1999, 41p.
- Boumaza A.** Effet de l'extrait méthanolique de *Zygophyllum cornutum* coss contre le stress oxydant associé au diabète sucré et les organes en relation[en ligne]. Thèse. Toxicologie cellulaire et moléculaire. Constantine : Université Mentouri, 2009,125p.

- Chekroun N.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Huile Aïa[en ligne].Thèse Chimie Physique et Analytique Académique. Tlemcen : Abou Bekr Belkaid, 2013,72p.
- Dendani F., Boudiaf D., Boubaker C.** Le dosage des composés polaires dans les huiles de friture par chromatographie sur colonne. Laboratoire Régional du Centre de la Qualité et de la Répression des Fraudes d'Annaba, 1995,12p.
- Dansou P., Ahounou F.J., Ahissou H., Tossou R.** Les indices de nature de la sauce frite «JA» et la santé du consommateur. Sciences et Médecine .2008, vol 6, série A, 1-5.
- Diatta T.** Contribution à l'étude de la qualité des corps gras alimentaires commercialisés au SENEGAL: les huiles végétales[en ligne]. Thèse Medecine, De Pharmacie Et D'odontostomatologie. DAKAR : CHEIKH Anta Diop, 1998,90p.
- Djadoun S.** Influence de l'hexane acidifié sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive assistée par micro-ondes. [En ligne]. Mémoire de Magister[en ligne]. Tizi-Ouzou: Université Mouloud Mammeri, 2012,73p.
- Elhabiri Y.** Effets métaboliques d'un régime hyperlipidique et hypercaloriques enrichi en huile de lin chez la raté gestante[en ligne]. Thèse de magister en physiopathologie cellulaire.Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid,2013,83p.
- Ellman George L.** Tissue sulfhydryl groups. Arch Biochem Biophys[en ligne]. 1959;vol82:70-7.
- Favier A.** Le Stress Oxydant. Intérêt Conceptuel et Expérimental dans la Compréhension des Mécanismes des Maladies et Potentiel Thérapeutique. L'actualité chimique[en ligne]. 2003, 108-115 Pp 109-111.
- Fossati P., Prencipe L., Clin. Chem. (1982), 28, p.2077-2080.**
- Garcia G., Ollivier D., Bagni M. : Ministère De l'Economie, des Finances et de l'Industrie Direction des Affaires Juridiques.** Spécification technique n° E4-05 du 31 mars 2005 relative aux huiles végétales alimentaire.
- Gornay J.** Transformation Par Voie Thermique De Triglycérides Et D'acides Gras. Application A La Valorisation Chimique Des Déchets Lipidiques[en ligne]. Thèse Génie des Procédés. Institut National Polytechnique De Lorraine. Ecole Doctorale Rp2E.E.N.S.I.C. – Nancy, 2006,332p.

- Chekroun N.** Détermination de la capacité antioxydante des huiles végétales : Huile Afia[en ligne].Thèse Chimie Physique et Analytique Académique. Tlemcen : Abou Bekr Belkaid, 2013,72p.
- Dendanī F., Boudiaf D., Boubaker C.** Le dosage des composés polaires dans les huiles de friture par chromatographie sur colonne. Laboratoire Régional du Centre de la Qualité et de la Répression des Fraudes d'Annaba, 1995,12p.
- Dansou P., Ahounou F.J., Ahissou H., Tossou R.** Les indices de nature de la sauce frite «JA» et la santé du consommateur. Sciences et Médecine .2008, vol 6, série A, 1-5.
- Diatta T.** Contribution à l'étude de la qualité des corps gras alimentaires commercialisés au SENEGAL: les huiles végétales[en ligne]. Thèse Medecine, De Pharmacie Et D'odonto-Stomatologie. DAKAR : CHEIKH Anta Diop, 1998,90p.
- Djadoun S.** Influence de l'hexane acidifié sur l'extraction de l'huile de grignon d'olive assistée par micro-ondes. [En ligne]. Mémoire de Magister[en ligne]. Tizi-Ouzou : Université Mouloud Marnmeri, 2012,73p.
- Elhabiri Y.** Effets métaboliques d'un régime hyperlipidique et hypercaloriques enrichi en huile de lin chez la rate gestante[en ligne]. Thèse de magister en physiopathologie cellulaire.Tlemcen : Université Abou Bekr Belkaid,2013,83p.
- Ellman George L.** Tissue sulfhydryl groups. Arch Biochem Biophys[en ligne]. 1959:vol82:70-7.
- Favier A.** Le Stress Oxydant. Intérêt Conceptuel et Expérimental dans la Compréhension des Mécanismes des Maladies et Potentiel Thérapeutique. L'actualité chimique[en ligne]. 2003, 108-115 Pp 109-111.
- Fossati P., Prencipe L., Clin. Chem. (1982), 28, p.2077-2080.**
- Garcia G., Ollivier D., Bagni M. : Ministère De l'Economie, des Finances et de l'Industrie Direction des Affaires Juridiques.** Spécification technique n° E4-05 du 31 mars 2005 relative aux huiles végétales alimentaire.
- Gornay J.** Transformation Par Voie Thermique De Triglycérides Et D'acides Gras, Application A La Valorisation Chimique Des Déchets Lipidiques[en ligne]. Thèse Génie des Procédés. Institut National Polytechnique De Lorraine. Ecole Doctorale Rp2E.E.N.S.I.C. – Nancy, 2006,332p.

- Grove TH.** Effect of reagent pH on determination of high-density lipoprotein cholesterol by precipitation with sodium phosphotungstate-magnesium. *Clin Chem*,1979; 25: 560-564. In Cholesterol HDL Réactifs Précipitantes.
- Henry R.J. et al. Am. J. Clin Path.** Réactif pour le dosage quantitatif de l'activité de l'Alanine Aminotransférase (ALAT) dans le plasma ou dans le sérum humain [en ligne]. 1960, vol 34, 381-398.
- Hocine L.** Détermination des marqueurs du stress oxydatif chez la progéniture de rats « *Wistar* » obèses sous régime hypergras [en ligne]. Thèse de magister en nutrition. Telemcen : Université de Abou Bakr Belkaid, 2001,79p.
- Janero D.R., In : Denise G.; Lucas S.M; Juliana V.; Clóvis P.; Gabriela S.; Solange C.G.; Valdeci J.P.; João B.T.; Marcelo F.** Importance of the Lipid Peroxidation Biomarkers and Methodological Aspects for Malondialdehyde Quantification[en ligne]. 1990, vol 32,N°1. 169-174.
- Ji LL., Fu R & Mitchell. E** Glutathione and antioxidant enzymes in skeletal muscle: effects of fiber type and exercise intensity. *Journal of Applied Physiology* [en ligne]. 1992 vol73, 1854-1859.
- Juliette C., Defrenne B.** Les Corps Gras : Entre Tradition et Modernité[en ligne]. Thèse Gestion de la Qualité Nutritionnelle et Marketing des Produits Alimentaires .Lille : Institut Agro-Alimentaire de Lille, 2002,140p.
- Kandji N.A.** Etude de la composition chimique et de la qualité d'huiles végétales artisanales consommées au SENEGAL [en ligne]. Thèse Médecine, De Pharmacie Et D'odonto-Stomatologie.DAKAR : Cheikh Anta Diop, 2001,72p.
- La méthode officielle d'analyse, 1995, N°11.95.03.REV0, pp : 1-5.** Corps Gras d'origine Animale et Végétale-Détermination de l'Indice d'Acide et de l'Acidité. Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).
- La méthode officielle d'analyse N°11.95.04.REV0, pp : 1-3.** Corps Gras d'origine Animale et Végétale-Détermination de l'Indice de Peroxyde, 1995. Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).
- La méthode officielle d'analyse N°11.95.08.REV0, pp : 1-2.** Corps Gras d'origine Animale et Végétale-Détermination de l'Indice de Réfraction, 1995.Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).

- La méthode officielle d'analyse N°11.95.08.REV0, pp : 1-2.** Corps Gras d'origine Animale et Végétale-Détermination de l'Indice de Réfraction, 1995. Laboratoire du Centre Algérien du Contrôle de la Qualité et de l'Emballage (CACQE).
- Lambert J.** Les huiles végétales : 2000 plantes oléagineuses répertoriées. Article [en ligne]. 2005, L. 122-5,2°et3°a, ISBN2-916150-01-3.
- Lecoq R.** (1965), Manuel d'analyses alimentaires et d'expertises usuelles Tome II, Paris, Doin, pp : 1296 – 1324 in **KANDJI. Ndéye Anta** .Etude de La Composition Chimique et de la Qualité d'Huiles Végétales Artisanales Consommées Au Sénégal. Thèse de doctorat, 2001.
- Maria A., B Sc.**Four à micro-ondes : bénéfique ou maléfique?[en ligne]
- Mates J.M., Perez-G.C., Nunez De Castro I.,(1999).** Antioxydant enzymes and human diseases.*Clin Biochem.*Vol 32:595-603..In **Bouaouina I. et Gueroum M.** Recherche de l'Effet Prooxydant de la Propolis dans le Foie et le Poumon chez des Souris Saines.
- Merr L.** Partie 2 : Normes Codex pour les Graisses et les Huiles d'Origine Végétale. In : Codex Alimentarius [en ligne]. Volume 8.2^{ème} édition.1995, p9.
- Michel F., Bonnefont-Rousselot D., Mas E., Draï J., Therond P.** bio marqueurs de la peroxydation lipidique : aspect analytique. *Ann Biol Clin* [en ligne].2008, vol 66, n°6,605-20.
- Murray R. Aspartate aminotransferase. Kaplan A., et al.** *Clin Chem The C.V. Mosby C. St Louis. T. Princeton 1984; 1112-1116.* In GOT (AST) NADH. Cinétique UV. IFCC rec SPINREACT. Vol 2.
- Ohkawahawa H., Ohishi N., Yagi K.** Assay for Lipid Peroxidation in Animal Tissues by Thiobarbituric Acid Reaction, *Annals of Biochemistry*[en ligne].1979, vol 95 :351-358. ---
- Ohshima T.** Corps gras alimentaires : Quel avenir pour les antioxydants naturels. In **GRAILLE, Jean.** Lipides et corps gras alimentaires. Tec & Doc. Lavoisier-Paris, 2003, p391.2-7430-0594-7.
- Packer L., Tritschler H.J., Wessel K.** Neuroprotection By The Metabolic Antioxydant α -Lipoic Acid.*Free Radical Biology & Medicine* [en ligne]. 1997, vol22, pp : 359-378.
- Poggi C. Neuilly-Sur-S.(2009).** (European Food Information Council). In cabinet de nutrition et diététique .

- Poisson J.P., Narce M.** Corps gras alimentaires : aspects chimiques, biochimiques et nutritionnels. In GRAILLE, Jean. Lipides et corps gras alimentaires. Tec & Doc. Lavoisier-Paris, 2003, pp :39-41.2-7430-0594-7.
- Powers S.K., Lennon Shannon L.** Analysis of cellular responses to free radicals: focus on exercise and skeletal muscle: Proceedings of the Nutrition Society [en ligne].1999, vol58, pp1025-1033.
- Raisonnier A.** Structures biologiques[en ligne].These medicines. Université Pierre et Marie Curie, 2010 ,169 p.
- Romero A.C., Elena G.,Olvera H., Telma Flores C.,and Angelina Á.C.** The Exogenous Antioxidants.In : Oxidative Stress and Chronic Degenerative Diseases- A Role for Antioxidants[en ligne]. 2003
- Salem S.** Etude de l'Effet de l'Irradiation de la Farine de Blé sur ses Propriétés Microbiologiques et sur la Rhéologie des Pâtes Obtenues[en ligne]. Thèse Bio-Industrie. Institut National des Sciences Appliquées et de Technologie : Université du 7 novembre à Carthage, 2008,76p
- Sheng .Y et Xiao-Bin Chen.** Isolation and identification of an isomer of β -sitosterol by HPLC and GC-MS. Health [en ligne].2009, vol1, N°3.203-206.
- Tietz N.W.** Text book of clinical chemistry, 3rd Ed. C.A. Burtis, E.R. Ashwood,W.B. Saunders 1999,pp:809-856.
- Vladimir P.,Skulachev.** Cytochrome c in the apoptotic and antioxidant cascades [en ligne]. 1998, FEBS Letters N°423 275-280.
- William T. Friedwald, Robert, Levy L., and Donald S.Fredrickson.** Estimation of the Concentration of Low Density Lipoprotein Cholesterol in Plasma, Without Use of the Preparative Ultracentrifuge. Clinical Chemistry [en ligne].1972, vol.18, N°6.499-502.
- Yahiaoui Z.** Effet d'un extrait aqueux lyophilisé de *portulaca oleracea* sur le transport des lipides chez des rats soumis à un régime enrichi en cholestérol[en ligne].Thèse de magister en nutrition clinique et métabolique. Oran : Université d'Es-Sénia, 2012,78p.

Résumé

Les huiles alimentaires sont source de triglycérides, d'acides gras essentiels, de vitamines et d'antioxydants tels que le tocophérol. Cependant, elles sont sensibles à l'oxydation à cause du traitement à haute température et par les rayonnements électromagnétiques ce qui affecte leur valeur nutritionnelle. Dans ce contexte, cette étude vise à évaluer l'effet du traitement thermique sur la qualité nutritionnelle des huiles alimentaires.

Pour aboutir à cet objectif, trois échantillons d'huiles ont été choisis, une huile de soja saine (HS), une huile de friture chauffée 7 fois (HF) et une huile chauffée par les microondes 7 fois (HMO). Des analyses des caractéristiques physico-chimiques de ces échantillons (indices de peroxyde, indices d'acide, indice de réfraction et taux des composés polaires) ont été effectuées. Par ailleurs, l'impact des ces huiles sur la santé a été évalué. Pour cela, 32 souris mâles et femelles du genre *Albinos* ont été répartis en 4 groupes de huit souris chacun : le lot témoin n'ayant subi aucun traitement, les souris du 2^{ème}, 3^{ème} et 4^{ème} lot ont subi un traitement de 21 jours par gavage des huiles échantillons HS, HF, et HMO respectivement. Des dosages des paramètres biochimiques sanguins sont effectués par l'évaluation du profil lipidique (Cholestérol, C-HDL, C-LDL, triglycérides) et par la détermination de l'activité enzymatique des transaminases. Par ailleurs, l'évaluation des marqueurs du stress oxydant hépatique (MDA, GSH) ont été réalisés.

Les résultats des analyses physicochimiques ont montré que seule l'huile non traitée par la chaleur (HS) était dans l'intervalle des normes du *codex alimentarius*. Alors que les résultats obtenus dans la seconde étude montrent clairement que le gavage par les deux huiles chauffées a augmenté les taux du cholestérol, des triglycérides et du rapport HDL/LDL sanguins et a causé une peroxydation lipidique hépatique représentée par une élévation du taux du MDA et une déplétion du GSH cytosolique.

En conclusion, ce travail permet de prendre en considération la consommation d'huiles alimentaires oxydées par le chauffage qui peut provoquer un état de stress oxydatif et par conséquent générer des maladies cardiovasculaires et métaboliques.

Mots clés : huile alimentaire, traitement thermique, microondes, qualité nutritionnelle, peroxydation lipidique.

Abstract

Alimentary oils are source of triglyceride, essential fatty acids, vitamins and antioxidants such as tocopherol. However, they are susceptible to oxidation by high temperature processing and by electromagnetic radiation which affects their nutritional value. In this context, this study aims to evaluate the effect of heat treatment on the nutritional quality of alimentary oils.

To achieve this object, three samples of oils were selected, healthy soybean oil (HS), heated frying oil 7 times (HF) and, oil heated by microwaves 7 times (HMO). Analyzes of the physicochemical characteristics of these samples (peroxide values, acid values, index of refraction and polar compounds rate) were made. Moreover, the impact of these oils on health was evaluated. For this, 32 male and female Albinos mice were divided into four groups of eight mice each: the control group having undergone no treatment, the mice of the 2nd, 3rd and 4th groups has been treated 21 days by force-feeding oils samples HS, HF, and HMO respectively. Biochemical parameters are made by the evaluation of the lipid profile (Cholesterol, HDL, LDL, triglycerides) and by determining the enzymatic activity of transaminases. In addition, the assessment of markers of hepatic oxidative stress (MDA GSH) was performed.

The results of physicochemical analyzes showed that only the non-heat-treated oil (HS) was in the range of Codex Alimentarius standards. While the result of the second study have shown clearly that the both of heated feeding oils increased the rate of cholesterol, triglycerides and HDL / LDL blood report resulting in hepatic lipid peroxidation shown by elevated MDA levels and cytosolic GSH depletion.

In conclusion, this work allows taking into consideration the consumption of oxidized alimentary oils by heating can cause oxidative stress and consequently generate cardiovascular and metabolic diseases.

Keywords: alimentary oil, heat treatment, microwave, nutritional quality, lipid peroxidation.

المخلص

الزيوت الغذائية هي مصدر الدهون الثلاثية، الأحماض الدهنية الأساسية، الفيتامينات والمواد المضادة للأكسدة مثل فيتامين إي. ومع ذلك، فهي عرضة للأكسدة عند تعريضها لدرجة حرارة مرتفعة وللإشعاع الكهرومغناطيسي مما يؤثر على قيمتها الغذائية.

في هذا السياق، تهدف هذه الدراسة إلى تقييم تأثير الحرارة على الجودة الغذائية لهذه الزيوت. لتحقيق هذا الهدف، تم اختيار ثلاث عينات من الزيوت، زيت فول الصويا صحي، وزيت القلي ساخن 7 مرات، وعينة تم تسخينها بواسطة الموجات الدقيقة 7 مرات.

تمت تحاليل للخصائص الفيزيائية والكيميائية لهذه العينات (قيم البيروكسيد والقيم الحمضية، ومؤشر الانكسار ومعدل المركبات القطبية). وعلاوة على ذلك، تم تقييم تأثير هذه الزيوت على الصحة. لهذا، تم تقسيم 32 فأر (ذكور وإناث) الينوس إلى أربع مجموعات من ثمانية فأران في كل منها: مجموعة الشواهد لم تخضع لأية معالجة، والمجموعة 2 و 3 و 4 من الفرن. تمت على التوالي معالجتها 21 يوماً بعينات الزيوت عن طريق التغذية الأنبوية. تم إجراء فحوصات بيوكيميائية عن طريق تقييم مستوى الدهون الثلاثية في الدم الكولسترول و HDL و LDL وتحديد النشاط الأنزيمي من الترانسامينات وعلاوة على ذلك، تم إجراء تقييم علامات الإجهاد التأكسدي الكبدية عن طريق تقييم مستوى GSH و MDA.

أظهرت نتائج التحاليل الفيزيائية أن الزيت غير المعالج حرارياً كان في حدود معايير الدستور الغذائي، بينما تظهر نتائج الدراسة الثانية بوضوح أن المجموعات المعالجة بالزيوت التي تعرضت للتسخين زادت عندها نسبة الكولسترول، الدهون الثلاثية والنسبة HDL/LDL في الدم مما أدى إلى الأكسدة الدهنية الكبدية ممثلتها المستويات المرتفعة للـ MDA وانخفاض GSH.

في الختام، هذا العمل يسمح بالأخذ في عين الاعتبار أن استهلاك الزيوت الغذائية مؤكسدة عن طريق التسخين يمكن أن تسبب حالة من الإجهاد التأكسدي وبالتالي توليد أمراض القلب والأوعية الدموية والتمثيل الغذائي.

الكلمات المفتاح: زيت غذائي، المعالجة الحرارية، الموجات الكهرومغناطيسية الدقيقة، الجودة الغذائية، الأكسدة الدهنية