

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université « MOULOUD MAMMERY » de Tizi-Ouzou
Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques
Département de Biochimie-Microbiologie



Mémoire de fin d'étude

En vue de l'obtention du diplôme de Master en Sciences de la Nature et de la Vie

Filière : Sciences Alimentaires

Option : Biochimie de la Nutrition

Thème

**Etude de la stabilité des huiles de table
(tournesol, soja et olive) lors des fritures
répétées**

Présenté par :

M^{lle} LACEB Mouna & M^{lle} LOUERGUIOUI Amela

Devant les jurys :

Présidente : Mme LEKSIR C. Maitre de conférences B UMMTO

Promotrice: Mme OUALI-ABDOUNE S. Maitre assistante A chargée de cours UMMTO

Examinatrice : Mr MSELA A. Maitre de conférences B UMMTO

Promotion 2021-2022

Remerciements

Nous tenons à remercier le bon Dieu tout puissant, de nous avoir donné le courage, la patience et la volonté d'accomplir ce travail.

Nous tenons à exprimer nos meilleurs remerciements et notre profonde gratitude à notre encadreur Mme OUALI-ABDOUNE S. Maître assistante chargé de cours au département de Biochimie-Microbiologie à UNMM70, d'avoir accepté de nous encadrer, et pour ces orientations, ces conseils et ces encouragements.

Nous tenons à remercier très sincèrement Mme LEKSIR C. Maître de conférences B à l'UNMM70 pour l'honneur qu'elle nous a fait en acceptant la présidence de ce jury. Nous voulons adresser nos plus vifs remerciements à Mr MSELA. Maître de conférence à l'UNMM70 d'avoir accepté d'examiner notre travail.

Nous remercions également les responsables du laboratoire des analyses physico-chimiques de département Biologie notamment Mme LAMRA et du laboratoire de chimie à UNMM70 pour leurs aides, leurs soutiens et le temps qu'ils ont bien voulu consacrer à nous tenons compagnie au cours de notre travail.

Enfin, nous adressons nos remerciements les plus sincères à tous ceux qui ont contribué, de près ou de loin à la réalisation de ce mémoire.

Dédicaces

A ceux qui ont semé les grains du savoir en moi,

ce travail Leur est dédié.

Aux deux êtres qui me sont les plus chers au monde mon père et ma mère, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs tendresses, leurs soutiens, et leurs prières tout au long de mes études, à qui je dois le mérite d'être arrivée là, qu'ils trouvent ici l'expression de ma profonde gratitude et mon affection.

A mon cher frère Manyl, mes cousins et cousines surtout Dyhia (qui m'as aidé dans ce travail), ma meilleure amie Melissa auxquels je souhaite la réussite dans leurs vies

A mes tante Ouiza et Malika, et à mes oncles Farid, Saïd, Nouredine et Saededine. Mes grands-parents que dieu ait paix à leurs âmes.

Sans oublier mon binôme ma confidente Mouna.

Tous ceux qui me sont chers et que j'ai involontairement omis de citer

Amela

Dédicace

*C'est avec un immense honneur et une grande modestie que je dédie ce
travail*

*A mes chers parents, pour tous leurs sacrifices, leurs amours, leurs
tendresses, leurs soutiens et leurs prières tout au long de mes études, et
auxquels je ne rendrais jamais assez*

Mon cher frère Racim à qui je souhaite la réussite dans sa vie

*Mon cher moussa qui a toujours été présent pour me soutenir et m'encourager
ainsi qu'à tous mes amis : Amel, Kenda, Douha, Rabah, Youssef,
sans oublier mon binôme et ma confidente Amela Que dieux vous procure joie,
bonheur et réussite.*

Tous ceux qui me sont chers et que j'ai involontairement omis de citer

Mouna

Remerciements

Dédicaces

Liste des abréviations

Liste des figures

Liste des tableaux

Introduction générale..... 1

Chapitre I : Généralités sur les huiles végétales

I. Généralités sur les corps gras... 3

I.1. Classification des corps gras..... 3

II. Les huiles végétales.....6

II.1 Définitions6

II.2. Quelques huiles végétales..... 7

II.2.1. Huile de tournesol..... 7

II.2.1.1. Définition..... 7

II.2.1.2. Composition..... 7

II.2.1.3. Caractéristiques physico-chimiques 10

II.2.1. Huile de soja 10

II.2.1.1. Définition..... 10

II.2.1.2. Composition..... 11

II.2.1.3. Propriétés physicochimiques de l'huile de soja..... 11

II.2.1. Huile d'olive 11

II.2.1.1. Définition..... 11

II.2.1.2. Composition..... 11

II.2.1.3. Caractéristiques de l'huile d'olive	11
II.2.1. Huile de colza	11
II.2.1.1. Définition.....	11
II.2.1.2. Composition.....	12
II.2.1.3. Propriété.....	12
II.2.1. Huile de palme	13
II.2.1.1. Définition.....	13
II.2.1.2. Composition.....	13
II.2.1.3. Propriétés	13
II.3. Procédés d'obtention des huiles.....	14
1 / préparation des graines	14
2/ Extraction des huiles	14
2-1 / Extraction physique	14
2-2/ extraction chimique	14
3/ Raffinage des huiles	15
3-1/ Démucilagination.....	15
3-2 / Neutralisation.....	15
3-3/ Lavage et séchage	16
3-4/ décoloration.....	16
3-5/ decirage	16
3-6/ Désodorisation	16
2-7/ refroidissement.....	16
2-8/ Conditionnement et emballage	16

Chapitre II : La friture

Définition... ..	17
II.1. Objectifs de l'opération de friture.....	17

II.2. Type de friture	17
II.3. Facteurs influençant l'opération de friture	18
• Température.....	18
• La durée de la friture	18
• Rapport quantité d'huile/matière.....	18
• Type de l'huile.....	19
• Taille et forme des aliments	19
II.4. Conséquences des fritures sur les propriétés des corps gras.....	19
• Modifications au sein de l'aliment	19
• Modifications au sein de l'huile	20

Chapitre III : altération des huiles

Altération des huiles de friture	21
III.1. Altération biologique	21
III.2. Altération chimique	21
III.2.1. Phénomène d'acidification (d'hydrolyse).....	21
III.2.2. Polymérisation	22
III.2.3. Isomérisation	22
III.2.4. L'oxydation	23
• Les Facteurs influençant l'oxydation	23
Auto-oxydation.....	23
La photo-oxydation	26
Oxydation enzymatique.....	27
• Conséquences de l'oxydation	27
III.3. Effets physiopathologique des produits de dégradation des huiles de friture	27

III.3.1.	Effets sur la croissance corporelle	27
III.3.2.	Effets sur les maladies cardiovasculaires	28
III.3.3.	Effets sur le foie et les reins.....	28
III.3.4.	Effet sur le cancer	28
III.3.5.	Effet sur la mortalité	28

Partie II : Etude expérimentale

Matériel et méthodes

I.	Conduite expérimentale	30
1.	Choix de l'huile	30
2.	Choix de l'aliment à frire.....	30
3.	Procédure de friture	31
4.	Echantillonnage	31
II	Méthodes d'analyses	33
1/	Analyses physiques	33
1.1	Détermination de la densité à 20°C.....	33
1.2.	Détermination de la viscosité	34
1.3.	Détermination de l'humidité.....	34
2/	analyse chimiques	35
2.1.	Détermination d'indice d'acide et d'acidité	35
2.2.	Détermination de l'indice de peroxyde	36
2.3.	Détermination de l'indice d'iode.....	37
2.4.	Détermination de l'indice de saponification.....	37

Résultats et discussions

I.	Analyses physicochimiques	39
I.1.	Evolution des indices physiques	39

I.1.1. la viscosité.....	39
I.1.2. Densité à 20°C	39
I.1.3. humidité	41
I.2. Evolution des indices chimiques.....	42
I.2.1. indice d'acidité.....	42
I.2.2. indice d'iode.....	43
I.2.3. Indice de peroxyde	44
I.2.4. Indice de saponification	45
Conclusion.....	47

Références bibliographiques

Annexes

AGE : acide gras essentiel ;
AGI : acide gras insaturé ;
AGPI : acides gras polyinsaturé ;
ANOVA : Analyse of variance ;
C.A : CODEX ALIMENTARIUS ;
I: Initiateur;
IA: Indice d'acide;
Ii : Indice d'iode ;
Ip : Indice de peroxyde ;
Is : Indice de saponification ;
ISO : International Standards Organisation ;
MG : matière grasse ;
T° : température ;
AG : acides gras ;
CG : corps gras ;
PET : Polyéthylène téréphtalate ;
RH° : Lipide insaturé ;
ROOH: Hydro peroxydes;
TG: triglycérides;
TS : huile d tournesol ;
R° : Radical libre ;
ROO° : Radical proxy ;

Figures	Titres	Pages
1	Photographie huile de tournesol	7
2	Photographie huile soja	9
3	Photographie huile d'olive	10
4	Photographie huile de colza	12
5	Photographie huile de palme	13
6	L'hydrolyse des triglycérides	22
7	Isomères cis et Trans	23
8	Schéma générale des réactions d'auto-oxydation des acides gras insaturés.	25
9	Schématisation de la cinétique d'auto-oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).	26
10	Composition chimique du tubercule de pomme de terre.	31

Tableaux	Titres	pages
I	Classification des corps gras selon leur origine.	3
II	Classification des corps gras selon leur consistance à T° ambiante	4
III	Classification des corps gras selon leur fonction.	4
IV	Classification des corps gras selon l'analyse élémentaire	5
V	Classification des corps gras selon la propriété de saponification	5
VI	Les principales caractéristiques physicochimiques de l'huile de Tournesol	8
VII	Principales constantes physiques et chimiques de l'huile de soja	10
VIII	Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive	11
IX	Les principaux produits de dégradation des huiles de friture et leurs effets physiopathologiques	29
X	Présentation des huiles étudiées	30
XI	Conditions expérimentales des essais de fritures	32
XII	Volume d'huile et poids de pomme de terre utilisés pour chaque friture	32
XIII	Résultats de l'évolution de la viscosité des bains de fritures	39
XIV	Résultats de l'évolution de la densité 20°C des bains de fritures	40
XV	Résultats de l'évolution de l'humidité	41
XVI	Résultats de l'indice d'acidité	42
XVII	Résultats de l'évolution de l'indice d'iode des bains de fritures	43
XVIII	Résultats de l'évolution de l'indice de peroxyde des bains de fritures	44
XIX	Résultats de l'évolution de l'indice de saponification des bains de fritures	45

Introduction

Les huiles végétales jouent un rôle primordial dans notre alimentation comme source d'énergie, d'acide gras essentiels, de vitamines liposolubles, de précurseurs d'hormones ainsi qu'un rôle organoleptique par leur contribution à la texture et à la sapidité des aliments (JEANTET et *al.*, 2006). Elles assurent des fonctions technologiques, en particulier le transfert de chaleur en cuisson (la friture), agents d'enrobage et de démoulage ou comme supports d'arômes et de colorants lipophiles (CUVELIER et MAILLARD, 2002).

Les huiles végétales se composent d'un ensemble très varié de corps gras d'origine, de composition, de qualité, d'intérêt et de goût différents. Elles se définissent selon leurs caractéristiques physico-chimiques, leur mode de fabrication, leur composition en acide gras, en vitamines, en composés mineurs, leur intérêt nutritionnel et leur usage (LECERF, 2011).

Ces huiles, sont instables et sujettes à une oxydation rapide durant le stockage ou lors des préparations culinaires, ce qui modifie leurs caractéristiques organoleptiques et physicochimiques, et qui affectent ainsi leur durée de conservation. Parmi ces huiles, figure l'huile de soja, l'huile de tournesol et celle d'olive qui sont sensibles à l'oxydation vu leur composition majoritaire en acide gras polyinsaturés (CAHUZAC, 2010).

La friture est l'une des procédures les plus populaires pour faire cuire l'alimentation. Ces dernières décennies, l'évolution de nos modes de vie (éloignement du lieu de travail, restauration hors du foyer, alimentation déstructurée...) a contribué à la diversification des produits frits tant dans la restauration collective ou rapide que dans l'industrie agroalimentaire (GORNAY, 2006). Cependant, l'utilisation des huiles de friture à plusieurs reprises et à de hautes températures peut produire des constituants qui compromettent non seulement la qualité nutritionnelle des aliments, mais qui peuvent aussi être à l'origine de la formation de composés chimiques (acides gras oxydés, mono et diglycérides, hydrocarbures...etc.) ayant des effets néfastes sur la santé du consommateur (BOUKAHNOUN 2008). Ces composants sont dus à une série de réactions complexes aboutissant à l'oxydation, l'hydrolyse et la polymérisation de l'huile (IZBAIM et *al.*, 2010).

Depuis plusieurs années, l'étude de la valeur nutritionnelle et de la toxicité de l'huile au cours du chauffage est un sujet exploité par de nombreux chercheurs. Les altérations subies par les huiles

au cours de la friture se traduisent par une modification des caractéristiques organoleptiques et une diminution de la valeur nutritionnelle, ce qui augmente aussi les risques pour la santé humaine.

C'est dans cette perspective que s'inscrit notre travail qui est une étude comparative sur la stabilité des huiles de table, consistant à évaluer les caractéristiques physico- chimiques de trois huiles végétales notamment l'huile de soja, l'huile de tournesol et l'huile d'olive après plusieurs fritures, et cela pour suivre et contrôler leur stabilité thermique et mettre en évidence le stade de leur altération au cours de ces fritures.

Pour cela notre travail a été réparti comme suit :

- Une première partie qui est une synthèse bibliographique dans laquelle nous rapportons des généralités sur les corps gras, sur les huiles végétales et leurs altérations ainsi que sur les fritures ;
- Une deuxième partie qui est la partie expérimentale elle comprendra le matériel et les méthodes utilisés pour la réalisation de ce travail ;
- Enfin, la troisième partie sera consacrée aux résultats et leur discussion et on termine par une conclusion et perspectives.

Chapitre 1

Synthèse

Bibliographique

I. Généralités sur les corps gras

Définitions ;

La partie grasse des aliments est également appelée lipides (du grec lipos, « gras »). Les corps gras alimentaires comprennent les huiles et les graisses d'origine végétale ou animale, les beurres et les margarines (GORNAY, 2006).

Les lipides, comme les glucides, sont des composés ternaires formés de carbone, d'oxygène et d'hydrogène. C'est aux longues chaînes hydrocarbonées de leurs acides gras constitutifs (qui représentent la majeure partie des lipides alimentaires dont la composition en ces acides gras est une donnée caractéristique) que les triglycérides doivent leurs propriétés principales de composés polaires et hydrophobes (GORNAY, 2006).

I.1. Classification des corps gras :

On peut classer les CG selon plusieurs critères :

- Classification selon l'origine

Tableau I : Classification des corps gras selon leur origine (FREDOT, 2005).

Origine	Corps gras
Animale	-beurre ; -crème ; -graisse de bœuf ; -saindoux ; -shortening ; -huiles des animaux marins ;
Végétales	-huiles pour assaisonnement et friture ; -margarines végétales ; -végétalienne (huile de coprah hydrogénée ;
Mixte	- Margarines standards à base d'huiles végétales et de graisses de poisson ; - margarines et Shortening pour pâtisseries.

- Classification selon leur consistance à T° ambiante (Tableau II)

Tableau II : Classification des corps gras selon leur consistance à T° ambiante (FREDOT, 2005).

Etat	CG
CG fluides	<ul style="list-style-type: none"> - Huiles d'Arachide ; - huile de Colza ; - huile de Soja ; - huile de Carthame ; - huile de Coton ; - huile de Germe de maïs ; - huile de Pépins de raisin ; - huile de Noix ; - huile de Noisette ; - huile d'Amande douce.
CG concrets ou solide	<ul style="list-style-type: none"> - Huile de palme et de palmiste ; - huile de coprah ; - margarines végétales ; - beurre ; - saindoux ; - graisse de bœuf, d'oie, de canard ; - shortening.

- Classification selon leur rôle physiologique (Tableau III)

Tableau III : Classification des corps gras selon leur fonction (MASSON, 2002).

Lipides de structure	Lipides de réserve	Lipides ayant une activité biologique
<ul style="list-style-type: none"> • Phospholipides ; • cholestérol. 	<ul style="list-style-type: none"> • Triglycérides. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hormones stéroïdiennes ; • vitamine liposoluble.

➤ Classification selon l'analyse élémentaire (Tableau IV)

Tableau IV : Classification des corps gras selon l'analyse élémentaire (FRENOT et VIERLING, 2001).

Lipides simples (composés de C.H.O)	Lipides complexes (composés de C, H, O, P, N et S)	
<ul style="list-style-type: none"> • Acides gras ; • acylglycérol ; • stérides ; • cériques. 	Glycérophospholipides : <ul style="list-style-type: none"> • acide phosphatidique ; • phosphatidyl-choline ; • phosphatidyléthanolamine ; • phosphatidylsérine. 	Sphingolipides : <ul style="list-style-type: none"> • céramides ; • sphingophospholipides ; • glycosphingolipides.

➤ Classification selon la propriété de saponification (Tableau V)

Tableau V : Classification des corps gras selon la propriété de saponification (JEANTET et al, 2006).

Lipides saponifiables	Lipides non saponifiables
<ul style="list-style-type: none"> • Acylglycérol ; • phospholipides ; • cires ; • stérides ; • cutine. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hydrocarbures ; • pigments ; • stérols ; • vitamines liposolubles.

II. Les huiles végétales

Les huiles végétales représentent un ensemble très varié de corps gras d'origine, de composition, de qualité et de goûts différents. Celles-ci sont présentées selon leurs caractéristiques physico-chimiques, leur mode de fabrication, leurs compositions en acide gras, en vitamines, en composés mineurs, leurs intérêts nutritionnels et leurs usages. Toutes ont un intérêt différent (LECERF, 2011).

Les huiles végétales jouent un rôle essentiel dans notre alimentation. Elles assurent tout d'abord une fonction nutritionnelle : elles contribuent à l'apport d'énergie et d'acides gras indispensables, en particulier l'acide linoléique et l'acide α -linoléique. Elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, leur apportant une texture onctueuse, crémeuse, fondante, un aspect brillant et une saveur spécifique. En fin, elles assurent des fonctions technologiques, en particulier comme moyens de transfert de chaleur en cuisson (exemple des huiles de friture), agents d'enrobage aspect organoleptique : couleur, brillance, croustillance et de démoulage : appliqué sur les surfaces des moules pour faciliter la séparation ou comme supports d'arômes utilisé pour diluer les huiles essentielles concentrées afin que celle-ci puissent être appliqués sans danger sur la peau et de colorants lipophiles (CUVELIER et MAILLARD, 2002).

II.1 Définitions

Selon le CODEX ALIMENTARIUS (1999), les huiles végétales sont définies comme suit :

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

II.2. Quelques huiles végétales

II.2.1. Huile de tournesol

II.2.1.1. Définition

L'huile de tournesol (TS) est extraite des graines d'*Helianthus annuus*. Elle possède des qualités gustatives et une valeur alimentaire qui lui permettent de tenir une place de choix parmi les autres huiles de grande consommation (MOHAMED, 2007 ; POIANA et *al.*, 2009).

L'huile de tournesol présente une couleur claire, un bon goût et une bonne odeur. C'est pour cette raison, qu'elle est utilisée surtout en cuisine (les salades, la mayonnaise,...) et pour fabriquer de la margarine, parfois pure, mais le plus souvent en mélange avec d'autres huiles végétales (VANDER VOSSSEN et *al.*, 2007). Elle constitue un fluide de transfert de chaleur, ce qui la rend excellente pour la friture. Lors de la friture, il est recommandé de ne pas dépasser 180°C car cette huile est pauvre en acides gras saturés et riche en acides gras poly-insaturés sensibles à la peroxydation.



Figure 1 : photographie de l'huile de tournesol

I .2.1.2. Composition

L'huile de tournesol se compose essentiellement de triglycérides (98-99%) (KARTIKA, 2005) et d'une faible proportion de substances diverses (cires, tocophérols, stérols) classé sous forme de fraction insaponifiable.

L'huile de tournesol est classée dans les huiles hautement poly-insaturées. Elle comprend :

- 12 % d'acides gras saturés ·
- 21 % d'acides gras mono-insaturés, dont 19,7 % d'acide oléique ·

- 67 % d'acides gras poly-insaturés comprenant essentiellement l'acide linoléique, précurseur de la famille de l'acide gras oméga 6.

II .2.1.3. Caractéristiques physico-chimiques

Les caractéristiques de l'huile de TS sont présentées dans le tableau

Tableau VI : Les principales caractéristiques physicochimiques de l'huile de tournesol (CODEX STAN , 1999).

Caractéristiques	Huile de tournesol	Huile de tournesol (à forte teneur en acide oléique)	Huile de tournesol (à teneur moyenne en acide oléique)
Densité relative (x°C/eau à 20°C)	0,918-0,923 x=20°C	0,909-0,915 x=25°C	0,914-0,916 x=20°C
Indice de réfraction(ND 40°C)	1,461-1,468	1,467-1,471 à 25°C	1,461-1,471 à 25°C
Indice d'iode (gd'iode/ 100g huile)	118-141	78-90	94-122
Indice de saponification (mg KOH/ g d'huile)	188-194	182-194	190-191
Insaponifiable (g/kg)	≤ 15	≤ 15	≤ 15

II.2.2. Huile de soja

II.2.2.1. Définition

Le soja appartient à la famille des Fabacées (RASOLOHERY, 2007). C'est une huile 100 % végétale, riche en acides gras essentiels et pauvres en cholestérol. C'est une bonne source de vitamines, naturellement protégée de l'oxydation par la vitamine E qu'elle contient (POISSON et NACRE, 2003).

L'huile de soja est fluide et d'un jaune plus ou moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en acides gras poly-insaturés et notamment en acide gras essentiel alpha-linolénique.



Figure 2 : photographie huile de soja

II.2.2.2. Composition

L'huile de soja est une huile très digeste de grande qualité qui possède les vitamines A, E, K et les phytostérols (LABAT, 2013). Elle est pauvre en acides gras mono-insaturés et saturés, elle fait partie des huiles les plus riches en acides gras polyinsaturés totalisant 54 à 72% des lipides totaux (LECERF, 2011). Parmi ces acides gras polyinsaturés, l'acide linoléique (oméga 6) et alpha-linolénique (oméga 3) qui font partie des principaux acides gras essentiels pour l'organisme (WARD et SINGH, 2005).

II .2.2.3. Propriétés physicochimiques de l'huile de soja

Caractéristiques physico-chimiques de l'huile de soja sont représentées dans le tableau

Tableau VII : Principales constantes physiques et chimiques de l'huile de soja (DEBRUYNE, 2001).

Densité à 20°C	0,921-0,924
Viscosité à 20°C	53-58
Indice de réfraction à 20°C	1,473-1,477
Indice d'iode	125-128
Indice de saponification (mg de KOH/g de corps gras)	188-195

II .2.3. Huile d'olive.

II.2.3.1. Définition

L'huile d'olive la plus courante concerne l'huile provenant exclusivement de l'olive, elle est obtenue à partir du fruit de l'olivier par des procédés mécaniques ou physiques dans des conditions, notamment thermiques, qui permettent de maintenir la composition et les caractéristiques organoleptiques de l'huile telles qu'on les trouve dans le fruit (Encyclopédie, 2012).

L'huile d'olive est l'huile provenant uniquement du fruit de l'olivier à l'exclusion des huiles obtenues par solvant ou par des procédés de réestérification et de tout mélange avec des huiles d'autre nature (Selon le codex).



Figure 3 : photographies huile d'olive.

II.2.3.2. Composition

La composition biochimique de l'huile d'olive dépend de plusieurs facteurs tels que : La variété, la région de provenance, les conditions environnementales, le degré de maturité du fruit, les techniques d'extraction, et les conditions de stockage (IDDIR, 2019).

L'huile d'olive contient des éléments majeurs et mineurs. Elle possède une composition nutritionnelle équilibrée en fraction saponifiable (acides gras et triglycérides qui représentent 98% du poids total), et en fraction insaponifiable qui sont des composés mineurs représentant 2% du poids total de l'huile (les composés volatils, stérols, tocophérols, pigment) (BENLEMLIH et GHANAM, 2012).

II.2.3.3. Caractéristiques de l'huile d'olive

Elles sont représentées dans le tableau

Tableau VIII : Caractéristiques physico-chimiques de l'huile d'olive (CODEX STAN, 1981, 2015).

Caractéristique	Valeurs
Densité relative (20°C/eau à 20°C)	0,910-0,916
Indice de réfraction (ND à 20°C)	1,4677-1,4705
Indice d'iode	75-94
Indice de saponification (mg de KOH/100g d'huile)	184-196
Insaponifiable (g/kg)	≤ 15

II.2.4. Huile de colza

II.2.4.1. Définition

L'huile de colza est une huile végétale que l'on obtient par trituration de graine de colza. Elle est d'un gout neutre lorsqu'elle est raffinée, mais d'un gout très prononcé lorsqu'elle est vierge.

L'huile de colza est riche en deux acides gras que le corps humain ne peut pas produire. Acide alpha-linolénique (oméga-3) il protège contre les crises cardiaques et les accidents vasculaires cérébraux en aidant à réduire le mauvais cholestérol ; et l'acide linoléique (oméga-6) (www.canaddinpridefoods.com)



Figure 4 : photographie huile de colza.

II.2.4.2. Composition

L'huile de colza est constituée de triglycérides qui contiennent :

- 60 % d'acides gras monoinsaturés, dont 58 % d'acide oléique ;
- 8 % d'acides gras saturés ;
- 32 % d'acides gras poly insaturés dont :
 - ✓ 23 % d'acide linoléique, précurseur de la famille des acides gras oméga 6 indispensables à la vie.
 - ✓ 9 % d'acide alpha linoléique, précurseur de la famille de l'acide gras oméga 3 connus, entre autres, pour son intérêt dans la prévention des maladies cardio-vasculaires.

Cette huile contient également des vitamines (E et K), ainsi que d'autres constituants tels que les triterpènes et les stérols.

II.2.4.3. Propriété

L'huile de colza est composée à plus de 60 % d'acides gras mono-insaturés. Elle est surtout très riche en oméga 3 (particulièrement en acide alpha-linolénique), ainsi qu'en vitamine E, ce qui lui confère des propriétés nourrissantes et antioxydants (CHALES et al. 1997).

II.2.5. Huile de palme

II.2.5.1. Définition

L'huile de palme est une huile végétale hydrogénée extraite par pression à chaud de la pulpe des fruits du palmier à huile (LECERF, 2011). Elle est solide ou partiellement solide à la température ambiante vu sa forte composition en acide gras saturé « l'acide palmitique ». Sa couleur varie entre le jaune et le rouge selon sa teneur en caroténoïdes.



Figure 5 : photographie huile de palme.

II.2.5.2. Composition

Comme tout corps gras fluide ou concret, l'huile de palme contient près de 100 % de lipides sous formes de glycerides. Elle contient environ 50 % d'AG saturés et 50 % d'AG insaturés. Parmi les acides gras saturés, l'acide palmitique est majoritaire. En ce qui concerne les acides gras insaturés, ils sont tous de configuration cis et sont dominés par l'acide oléique. A cote des constituants majeurs tri-glyceridiques, l'huile de palme, comme toute huile végétale, contient des composés « mineurs » comprenant de la vitamine E, des caroténoïdes, des phytosterols . (LECERF, 2013).

II.2.5.3. Propriétés

L'huile de palme est classée en fonction de son degré d'acidité, de sa couleur, de sa teneur en eau et d'impuretés. Les teneurs en impuretés doivent être inférieures à 2%.

L'huile de palme est une excellente source de nutriments, Elle contient de la vitamine K, de la vitamine E, et des quantités élevées de bêta-carotène et d'acides gras sains (SAMABANTHAMURTHI *et al.*, 2000).

II.3. Procédés d'obtention des huiles

1 / Préparation des graines

La préparation des graines joue un rôle très important dans la qualité des huiles :

Elles sont d'abord triées afin d'éliminer celles qui sont abimées. Elles subissent ensuite un dépoussiérage par un courant d'air (15-90 minutes à 90-100 °C) qui a pour but d'éliminer les corps étrangers suivi d'un tamisage et d'un brossage, les grains sont décortiqués, et sont broyés à l'aide d'un broyeur dans le but de les réduire en des fractions de granulométrie optimale.

2/ Extraction des huiles

L'extraction des huiles brutes est réalisée selon 2 méthodes mécanique ou physique par pression et chimique à l'aide d'un solvant, hexane le plus souvent (Figure).

2-1 / Extraction physique

Les matières premières subiront un broyage par presse à vis qui permet de séparer d'une part l'huile brute qui devrait subir une centrifugation et une filtration pour éliminer les particules solides et les traces d'eau, Et d'autre part un résidu solide ou tourteaux qui contient 10-20% d'huile.

2-2/ Extraction chimique

Le tourteau subit une extraction au moyen d'un solvant, (l'hexane), qui sera éliminé à la fin par distillation et sous vide à une température de 60°C environ.

Les huiles brutes obtenues soit par pression ou par extraction avec un solvant, renferment encore environ 10 à 15% d'impuretés indésirables principalement : gommes ; des acides gras libres ; des agents odorant et des produits d'oxydation, qu'il faut éliminer pendant le procédé de raffinage.

3/ Raffinage des huiles

Le raffinage est une opération destinée à débarrasser les alimentaires des impuretés présentes (pigments, pesticides...), à leur conférer un goût discret et à permettre leur bonne conservation, et cela suivant plusieurs étapes :

- Démucilagination
- Neutralisation
- Lavage et séchage
- Décoloration
- Décirage
- Désodorisation
- Refroidissement
- Conditionnement et emballage

3-1/ Démucilagination

La démucilagination ou le dégomme est la première étape du raffinage. Elle permet l'élimination des phospholipides présents dans l'huile brute. Les phospholipides sont des substances naturelles provenant des graines végétales, qu'il est important d'enlever totalement de l'huile pour qu'elle reste limpide (XAVIER, 2012).

De l'eau chaude acidulée est ajoutée à l'huile brute provoquant la précipitation des phospholipides avec formation de mucilages qui se trouvent en faible quantité (1%). Le mélange est ensuite refroidi pour insolubiliser ces mucilage (phospholipides) avant leur séparation par centrifugation. Le mélange est ensuite envoyé vers l'étape de neutralisation.

3-2 / Neutralisation

La neutralisation vise à éliminer essentiellement les acides gras libres responsables de l'acidification et de l'oxydation des huiles. Elle permet également d'éliminer les autres impuretés telles que les phosphatides qui sont piégées lors de la démucilagination, les colorants et l'excès d'acide phosphorique ajouté lors de la démucilagination, ainsi que les métaux (XAVIER, 2012).

Le principe de la neutralisation consiste à ajouter à l'huile neutralisée et chauffée entre 80 à 90°C de la soude afin d'éliminer les acides gras libres sous forme de savon appelés « les pâtes

de neutralisation » ou « soaps stocks ». Ces derniers sont séparés de l'huile par centrifugation, mais avec une perte significative d'huile (XAVIER, 2012).

3-3/ Lavage et séchage

Un à deux lavages de l'huile à l'eau chaude (90°C) permettent d'éliminer la quasi-totalité des traces de savons résiduels, (soude en excès), ainsi que les dernières traces de métaux, de phospholipides et autres impuretés.

Puis l'huile est séchée par pulvérisation dans une tour verticale maintenue sous vide et a température d'environ 90°C. Le séchage permet d'éliminé l'humidité qui est l'origine du colmatage rapide des filtre et l'inactivation de la terre décolorante (ARKOUB, 2020).

3-4/ Décoloration

La décoloration des huiles est obtenue par adsorption des pigments (chlorophylle et caroténoïdes) sur une terre décolorante (argile ou charbon actif), maintenue en contact avec l'huile environ 10 à 15 min, sous vide a 90°C. La décoloration permet également l'élimination parfaite des dernières traces de métaux et de savons (ARKOUB, 2020).

3-5/ Decirage

Cette opération a pour but d'éliminer par centrifugation et filtration les TG ou cires naturelles a point de fusion élevé, responsable d'une éventuelle cristallisation de l'huile au cours de son entreposage. Ce traitement est appliqué par exemple pour les huiles de tournesol (ARKOUB, 2020).

3-6/ Désodorisation

La désodorisation se fait par un entrainement à la vapeur d'eau des flaveurs indésirables à 200-220°C à l'abri de l'air sous vide poussé (ARKOUB, 2020).

2-7/ Refroidissement

C'est une opération importante car elle conditionne la durée de conservation de l'huile en évitant son oxydation.

2-8/ Conditionnement et emballage

C'est la mise sous emballage des huiles pour assurer leur conservation et leur transport.

II . Procédé de friture

Définition

La friture est un procédé de cuisson des aliments dans l'huile. Elle est utilisée comme un vecteur de chaleur pour cuire les aliments. Il agit à des températures supérieures au point d'ébullition entre 155 et 190 °C (SAGUY et al. 2003)

Le procédé de friture consiste à mettre en contact un matériau humide avec une couche ou un bain de MG à une T° supérieur à celle d'ébullition de l'eau (100°C). La MG liquide est utilisée pour transférer de la chaleur aux matériaux afin d'évaporer l'eau qui existe dans ce dernier. La vapeur d'eau entraîne avec elle des constituants volatils qui sont indésirables, ce qui entraîne sa déshydratation et la formation d'une croûte (GONDE et al., 2012).

II.1. Objectifs de l'opération de friture

C'est un procédé rapide de transfert simultané de chaleur et de matière. La friture reste une opération complexe et « multifonctionnelle » qui permet en une seule étape de déshydrater, cuire, texturer, imprégner et développer des saveurs. L'opération s'appuie sur la forte différence entre la température d'ébullition de l'eau dans le produit et la température du bain d'huile. La qualité finale du produit frit résulte du couplage particulier entre les transferts d'énergie, de matière, et des transformations localisées à l'échelle macroscopique (épaisseur de la matrice alimentaire), microscopique (structure et microstructure) ou moléculaire (constituants) (BOHUON et al., 2006).

II.2. Type de friture

il existe deux types de friture, lesquels se différencient par le rapport entre la surface du bain et le volume d'huile (PAMBOU-TOBI, 2015) :

La friture plate : ce type de friture consiste à mettre en contact une partie de la surface de la matrice alimentaire avec une faible quantité de matière grasse. Elle se réalise à la poêle et utilise des corps gras variés (beurre, margarine, ou diverses huiles). Le corps gras dans ce cas est recommandé à usage unique.

La friture profonde : ce type de friture consiste à l'immersion totale de la matrice alimentaire dans un bain de matière grasse pendant un temps variable mais limité. Le corps gras dans ce type de friture peut être utilisé plusieurs fois.

II.3. Facteurs influençant l'opération de friture

L'opération de friture est influencée par plusieurs facteurs qui contribuent de façon importante aux changements des propriétés physico-chimiques des huiles au cours des fritures (BELITZ et al. 2004 ; DOBAGARNES et al. 2000). Parmi ces facteurs : la température, le rapport quantité huile/matière, la qualité de l'huile utilisée et la taille des aliments.

- **Température**

Pour assurer un bon transfert de chaleur, un brunissement rapide et un temps d'opération plus court, les températures de cuisson recommandées se situent entre 155 °C et 180 °C. À ces niveaux, la température de friture n'influence pas l'absorption d'huile.

Au-delà de 180°C, il y aura une augmentation de l'absorption de l'huile par les aliments et la formation d'acrylamide, une molécule cancérigène, en revanche, des températures trop basses (moins de 140 °C) augmenteront la durée de la friture et, conséquemment, l'absorption d'huile par la pomme de terre (SAIDI et TATAR, 2020).

- **La durée de la friture**

La durée de friture est fortement liée à la température et au rapport de masse entre produit/huile). Cette durée peut s'avérer courte (quelques minutes) lorsque la température employée est élevée de 150-200°C, elle est responsable de la préservation de certains constituants nutritionnels (COURTOIS et al. 2012). Lorsque la température se trouve être basse, la durée devient plus longue (24 min pour une température de 120°C, ce qui conduirait notamment aux problèmes d'absorption d'huile. Un temps plus long conduit également à une production plus intense d'acides gras libres et de composés polaires tels que les diacylglycérols et les triacylglycérol oxydés (PAMBOU-TOBI, 2015).

- **Rapport quantité d'huile/matière**

Les deux paramètres cités précédemment dépendent largement du rapport quantité d'huile/matière. Lorsque l'on plonge une grande quantité d'aliment (à haute teneur en humidité) dans de l'huile chaude, celle-ci chute rapidement en température, ce qui entraîne un

temps de cuisson plus long. Il est ainsi recommandé d'évaluer la quantité d'aliment nécessaire par rapport à la taille de la friteuse et son niveau d'huile (PAMBOU-TOBI, 2015).

- **Type de l'huile**

De nombreuses études ont mentionné que La composition en acides gras influe sur la saveur des aliments frits, sa stabilité et sur l'absorption de l'huile. Plusieurs travaux ont montré que les huiles doivent être composées d'un pourcentage faible en acides gras polyinsaturés (tels que les acides linoléique ou linoléique), élevé en acides gras mono-insaturés (acide oléique) et modéré en acides gras saturés (PAMBOU-TOBI, 2015).

- **Taille et forme des aliments**

Plus les aliments frits sont fins, plus ils seront gras. L'absorption de l'huile de friture dépend beaucoup du format de coupe des aliments: plus le rapport surface/poids est élevé, plus la teneur en gras est forte (ROSSELL, 2001; ZIAIFAR, 2008).

II.4. Conséquences des fritures sur les propriétés des corps gras

L'immersion des aliments dans le bain de friture provoque des transformations physico-chimiques dont on distingue :

- **Modifications au sein de l'aliment**

Les changements qui se produisent dans l'aliment sont :

- l'aliment perd de l'eau : l'eau s'évapore et libère des composés colorés dans le bain de friture et permet de cuire l'aliment à l'intérieur. 57% pour les pommes de terre frites et 74% pour les chips (VIERLING, 2003 ; FREDOT, 2012).
- l'aliment retient une grande quantité de MG responsable d'une augmentation de sa valeur énergétique. La teneur en lipides dépend de la nature de CG utilisé et la T° du bain de friture et la forme des frites utilisées : 12 à 19% pour les pommes de terre frites allumettes et 36 à 47% pour les pommes de terre chips (VIERLING, 2003 ; FREDOT, 2012).
- l'aliment cède des lipides dans le bain de friture : le passage est important s'il s'agit de frites précuites surgelées qui contient 6% de lipides au départ, on retrouve des AGL qui seront sensibles à l'altération (VIERLING, 2003).

- l'aliment frit développe à sa surface une couleur plus foncée et une texture plus ferme (ou croûte), et développe aussi la saveur et l'arôme frit (GUPTA, 2005).

- **Modifications au sein de l'huile**

Selon VIERLING (2003), plus de 500 produits apparaissent dans le bain de friture, la plupart d'eux se trouvent à l'état de traces. On enregistre également une diminution des composés fragiles de l'huile, en particulier :

- les AG essentiels ;
- la vitamine E (les tocophérols) est réduite à plus de 50% lors d'un chauffage à 177°C pendant 8 heures.

Le CG subit de nombreuses modifications au fur et à mesure de leur utilisation, tels que :

- des modifications organoleptiques : la couleur du bain devient brune et son acidité augmente
- des modifications physico-chimiques : la densité, la viscosité et l'indice de réfraction augmentent, le poids et le volume diminuent.

III . Altération des huiles de friture

En présence d'eau, d'oxygène et des températures élevés (160-180°C), l'huile subit un grand nombre de réactions chimiques complexes (VITRAC et *al.*, 2003). Il est évident, lors de la friture des aliments, les acides gras présents dans l'huile subissent une dégradation très importante sous l'effet de la chaleur et mènera à la formation de produits nocifs pour la santé tels que les radicaux libres et les aldéhydes (GORNAY, 2006).

III.1. Altération biologique

Des micro-organismes sont généralement introduits par l'atmosphère ambiante, par l'appareillage de traitement non stérilisé, par les emballages, par le contact humain et par les insectes.

L'action de ces micro-organismes conduit en effet à la formation d'enzymes génératrices d'acides gras, de produits d'oxydation, d'aldéhydes et de cétones ; ce qui se traduit par des changements d'apparence, de texture, de saveur et aussi par l'apparition de produits toxiques. Le cas le plus généralement étudié est celui d'une altération par *Aspergillus flavus* (CHERIF ILYAS, 2017).

III.2. Altération chimique

Les facteurs d'altération chimique sont induits par deux phénomènes :

III.2.1. Phénomène d'acidification (d'hydrolyse)

L'effet hydrolytique de la vapeur d'eau qui se dégage inévitablement du bain de friture lors de la cuisson des aliments, est pratiquement marqué dans les bains de précuissons des frites de pommes de terre où l'apport d'eau est important ; ce qui conduit à une dégradation des propriétés de l'huile avec l'apparition de mousses et l'émission de fumée. Ce phénomène est responsable de la formation des acides gras libres et de mono et diglycérides.

Cette vapeur d'eau réalise pendant la période de libération, elle entraîne des produits les plus volatiles.

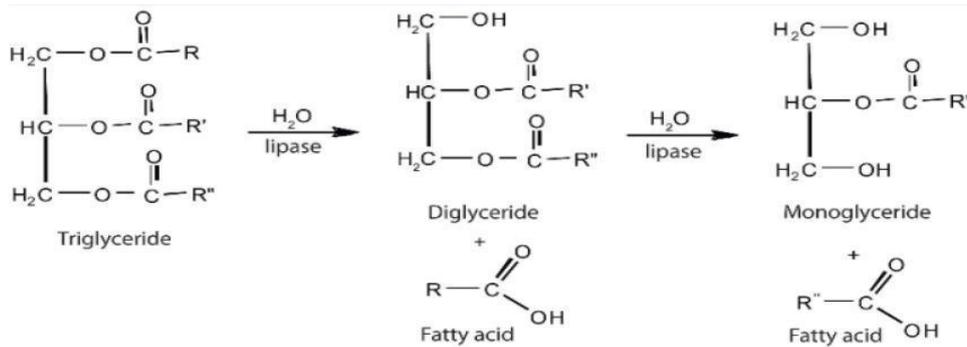


Figure 6 : L'hydrolyse des triglycérides

III.2.2 Polymérisation

Les réactions de polymérisation des AGI et de leurs glycérides ne se produisent que sous l'effet de T° élevées. Ces réactions produisent des réarrangements inter et intra moléculaire qui sensibilisent l'huile chauffée 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 de friture et sur les parois (VITRAC et *al.*, 2003).

En effet lors de la friture des aliments, les acides gras présent dans l'huile subissent une dégradation sous l'effet de la chaleur plus importante et mènera a la formation des produits nocifs pour la santé tels que les radicaux libres et les aldéhydes (GORNAY, 2006).

III.2.3 Isomérisation

A des températures élevées (au-dessus de 200°C), les doubles liaisons des AGPI sont susceptibles de subir des réactions d'isomérisation en formant des systèmes conjugués. Les doubles liaisons qui ont migré prennent alors la configuration géométrique trans (POKORNY, 2003).

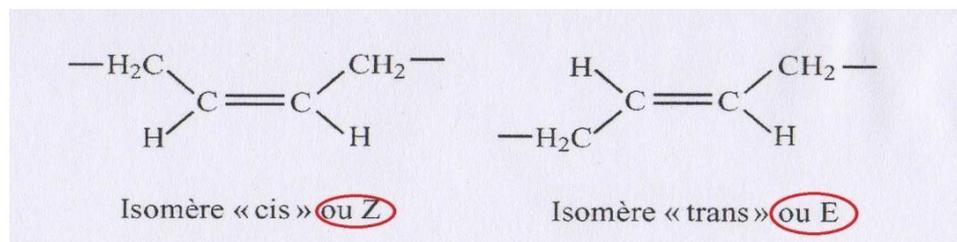


Figure 7 : Isomères cis et trans.

L'isomérisation géométrique, n'est pas un phénomène négligeable lors des fritures, car elle peut se produire surtout avec l'acide linoléique et l'acide linoléique des huiles.

III.2.4 L'oxydation

La principale cause d'altération des huiles est le phénomène d'oxydation qui réduit la durée de conservation et la valeur nutritive des huiles, mais elle est aussi à l'origine de la production de certains composés toxiques. C'est une réaction qui a lieu quand un corps gras non saturé entre en contact avec l'oxygène aboutissant à leur rancissement oxydatif (GUILLEN et al, 2006 ; RAHMANI, 2007).

✓ Les Facteurs influençant l'oxydation

D'après DRIDI (2016), de nombreux facteurs peuvent influencer sur la réaction. Ces facteurs peuvent être classés en :

- Facteurs intrinsèques : tels que la structure des lipides, la présence de molécules pro-oxydantes (ions métalliques, enzymes) ou d'antioxydants (tocophérols, caroténoïdes, composés phénoliques) ;
- Facteurs extrinsèques : tels que la température, la lumière, la pression partielle en oxygène, l'activité de l'eau, les conditions de stockage et de transformation.

Les oxydations sont subdivisées en auto-oxydation, photo-oxydation et oxydationenzymatique

• Auto-oxydation

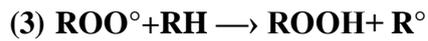
L'auto-oxydation est une réaction directe de l'oxygène moléculaire avec des composés organiques. Dans le cas des acides gras insaturés, l'oxygène se fixe sur les doubles liaisons pour donner des hydro peroxydes. (SAIDI et TATAR, 2020).

Cette réaction se déroule en 3 étapes : initiation, propagation et terminaison

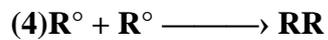
- **Initiation** : Elle correspond à la formation des radicaux libres (R°). En présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre de lipide (R°). Elles sont favorisées par les températures élevées, la lumière et certains métaux.



- **Propagation** : C'est une réaction radicalaire, c'est la phase de la destruction des hydro peroxydes et l'apparition des composés responsables du goût et de l'odeur de rance. L'oxygène fixé donne un radical peroxyde instable qui réagit avec une nouvelle molécule d'AGPI et conduit à un néoradical libre et un hydro-peroxyde (BENJELLOUN, 2014).



- **Terminaison** : Les radicaux formés réagissent entre eux pour donner un produit qui n'est pas un radical libre.



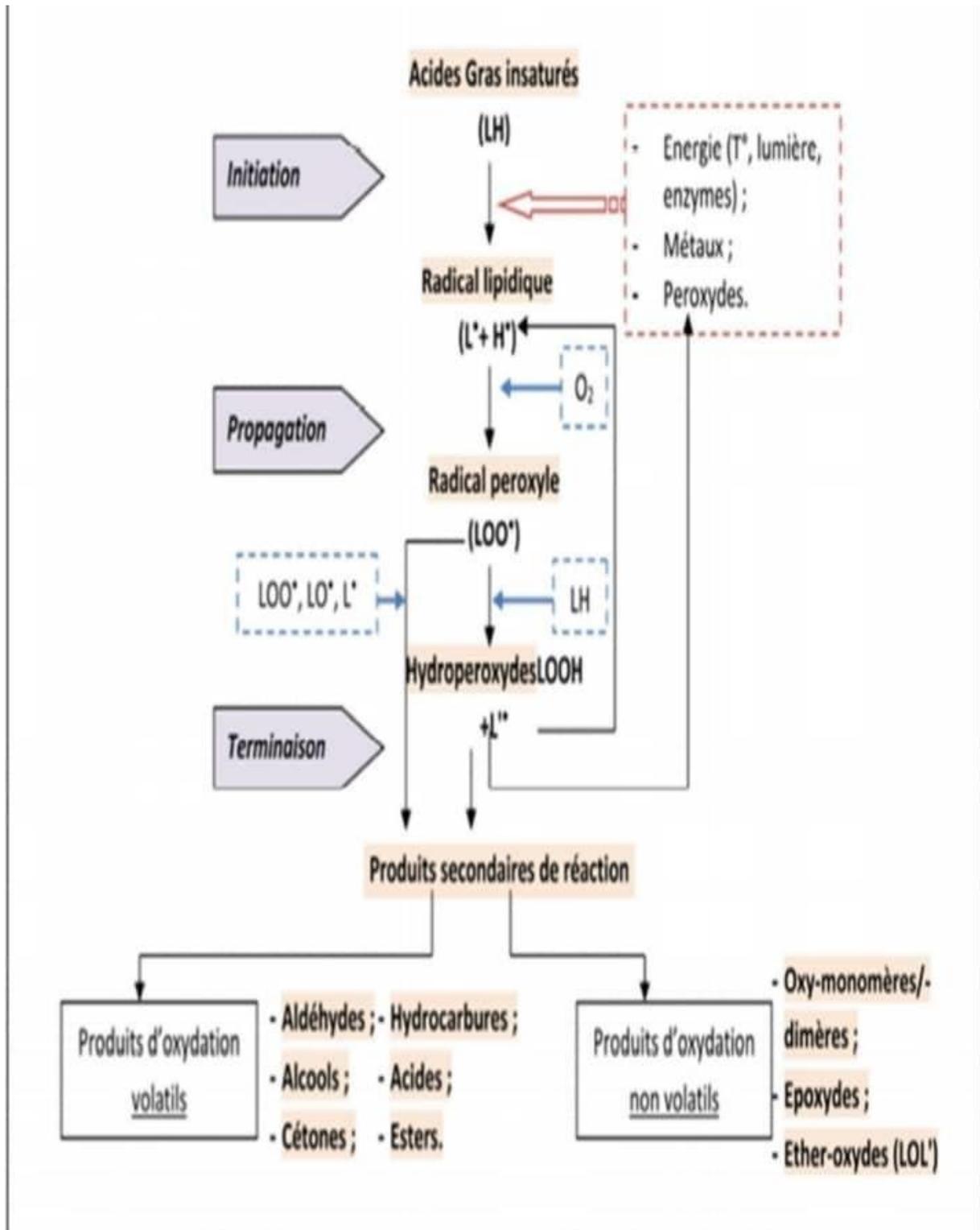


Figure 8 : Schéma générale des réactions d'auto-oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).

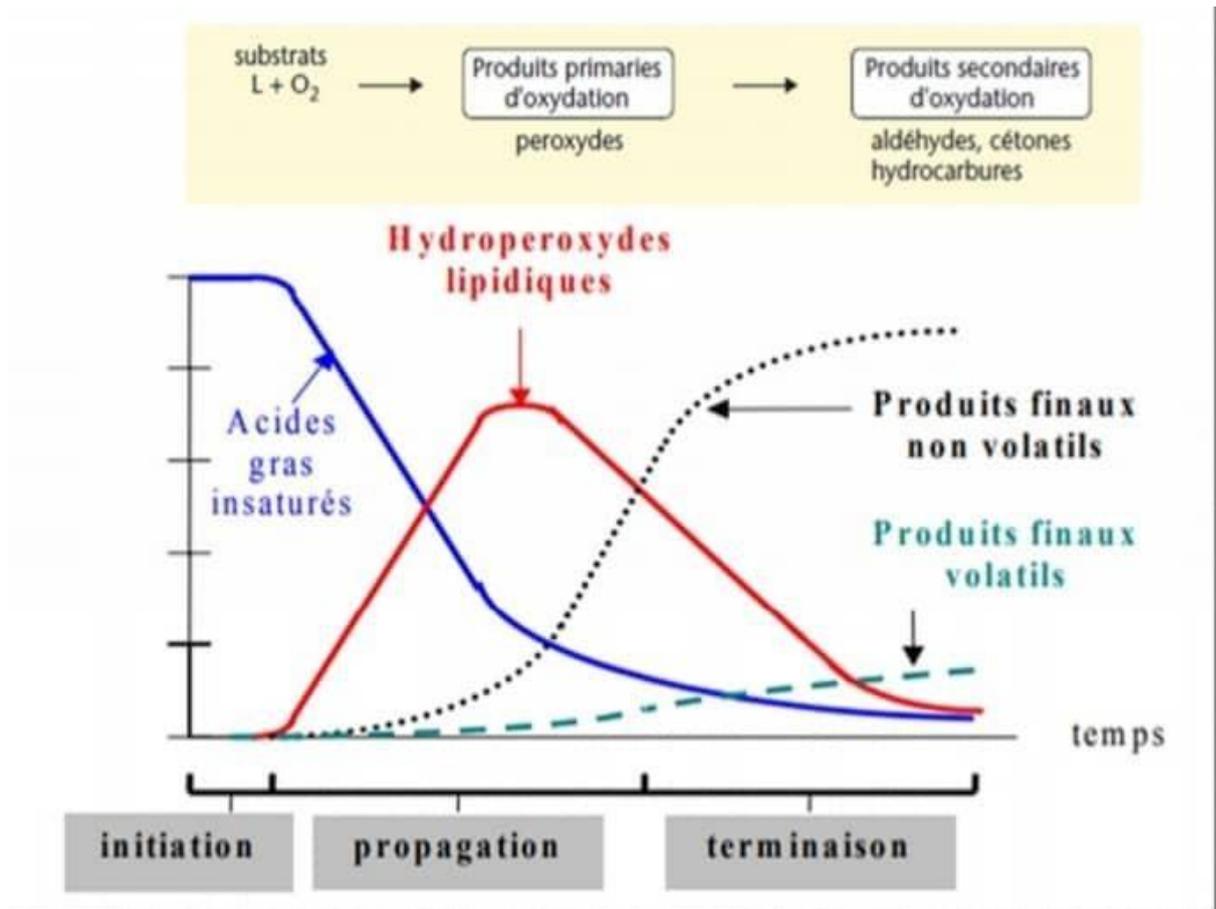


Figure 9 : Schématisation de la cinétique d'auto-oxydation des acides gras insaturés (EYMARD, 2003).

• La photo-oxydation

La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydro peroxydes en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo-sensibilisateurs. Les photo-sensibilisateurs absorbent l'énergie lumineuse et passe à l'état triplet excité. Deux situations peuvent se présenter :

- Une photo-oxydation directe où la lumière joue un rôle d'accélérateur des cinétiques des réactions d'oxydation et où les mécanismes chimiques restent les mêmes ;
- Une oxydation photo-sensibilisée se déroulant grâce à la présence nécessaire d'un agent photo-sensibilisateur (chlorophylle, certains colorants et certaines vitamines), qui active l'oxygène de l'air en le faisant passer de son état fondamental dit « triplet » à un état excité dit « singulet » ; (AIT GANA et AZZOUNE, 2019).

- **Oxydation enzymatique**

L'oxydation enzymatique est une réaction radicalaire qui se déroule de façons similaire à l'auto-oxydation. Les deux enzymes principalement impliquées sont les lipoxygénases et les cyclooxygénases

- la lipoxygénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un AGI selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxydes. Elle agit spécifiquement sur les AG non estérifiés.

- la cyclooxygénase est une lipoxygénase qui incorpore deux molécules d'oxygène au niveau d'un AG pour former des hydroperoxydes spécifiques (AIT GANA et AZZOUNE, 2019).

- ✓ **Conséquences de l'oxydation**

Selon BENJELLOUN (2014), l'oxydation des CG est importante, ses conséquences peuvent se résumer en trois points :

- **Impact nutritionnel et organoleptique** : dégradation des vitamines liposolubles et des AGE ; développement de saveurs anormales, changement de couleur, oxydation de nutriments (disparition des vitamines A, E, C, oxydation d'acides aminés), et enfin, formation des composés toxiques (peroxydes, époxydes, aldéhydes).

- **Impact sanitaire** : les composés secondaires d'oxydation présentent des effets cytotoxiques et mutagènes (cas du malondialdéhyde, par exemple, qui réagit avec l'ADN) ou encore des effets cancérogènes (cas des monomères cycliques et oxystérols), et aussi l'apparition de maladies cardiovasculaires.

- **Impact économique** : perte de la valeur marchande suite à l'oxydation qui déprécie la qualité du produit.

III.3. Effets physiopathologiques des produits de dégradation des huiles de friture

III.3.1. Effets sur la croissance corporelle

Une étude menée par MANSOURI et OURAHMOUNE (2000), sur 3 lots de rats (A, B, C), dont des rats du lot A sont nourris avec de l'huile fraîche (témoin), le B traité avec de l'huile oxydée, et le lot C avec de l'huile oxydée supplémentée en vitamine E, a montré que : avant le début de traitement et, durant les deux premières semaines, aucune différence significative,

n'est signalée entre les trois lots. Cependant, au-delà de la deuxième semaine, une différence apparente est observée. A la fin du traitement (6 semaines) ; les rats du lot A enregistrent le gain du poids le plus important, suivis de ceux du lot C avec un retard de croissance de 14.57% par rapport au lot A, alors que les rats du lot B enregistrent un retard de croissance de 23.04% par rapport au lot A.

III.3.2. Effets sur les maladies cardiovasculaires

L'utilisation répétée des huiles de fritures peut augmenter la concentration des acides gras trans. Plusieurs études ont que l'apport en acides gras trans d'origine végétale est positivement associé à l'incidence des maladies cardiovasculaires (SAGUY et DANA, 2003).

III.3.3. Effets sur le foie et les reins

Les composés polaires formés dans les huiles de friture dégradées, entraînent l'augmentation du volume du foie et des reins, ceci est du à l'implication de ces deux organes dans. Le mécanisme de détoxification (AYAD et al, 2008).

III.3.4. Effet sur le cancer

Une pomme de terre contenant beaucoup de sucre (glucose, fructose, etc.) présente des conditions idéales pour former de l'acrylamide provoque le cancer .Sa présence dans les aliments est une source de préoccupations selon l'Organisation mondiale de la santé des consommateurs (SANTE CANADA, 2011).

III.3.5. Effet sur la mortalité

la mortalité est due à l'administration de la fraction de monomères cycliques, car elle est beaucoup plus toxique que la fraction de polymères et c'est surtout l'acide linoléique qui est incriminé dans la formation de ces composés (AYAD et al, 2008).

Tableau IX : les principaux produits de dégradation des huiles de friture et leurs effets physiopathologiques (BOATELLA et *al*, 2000).

Produits de dégradation	Concentration	Effets toxiques
Hydroperoxyde	Faible	<ul style="list-style-type: none"> • Disfonctionnement enzymatique de la muqueuse intestinale. • Induction de la prolifération cellulaire du colon.
Epoxydes, triglycérides et acides gras oxydés	Moyenne	<ul style="list-style-type: none"> • Hypertrophie hépatique. • Disfonctionnement des enzymes hépatiques.
Les composés secondaires	Moyenne élevée	<ul style="list-style-type: none"> • Hépatotoxicité, mutagenocité.
Monomères cycliques oxydés	Moyenne faible	<ul style="list-style-type: none"> • Retardement de la croissance et mortalité
Dimères et oligomères non oxydés	Moyenne élevés (à 200°C et faible teneur en O ₂)	<ul style="list-style-type: none"> • Diarrhées
Dimères oxydés	Prédominant (T° élevée avec aération)	<ul style="list-style-type: none"> • Retardement de la croissance
Oligomères oxydés	Prédominant (temps et avec aération)	<ul style="list-style-type: none"> • Retardement de la croissance
Oxystérols variables	Athérogénocité	<ul style="list-style-type: none"> • Cytotoxicité et mutagenocité
Acides gras trans (AGT)	Moyenne faible	<ul style="list-style-type: none"> • Risques de maladies cardiovasculaires

Chapitre II

Matériels et méthodes

Notre travail expérimental s'est basé sur le contrôle de la stabilité thermique de 3 types d'huiles : huile d'olive, soja et tournesol.

Ces huiles ont subi chacune 3 fois à 160°C dans une poêle sans couvercle

Après chaque friture, l'huile est refroidie à une $T^{\circ}=20^{\circ}\text{C}$. Après refroidissement un échantillon du bain de friture est prélevé et placé dans un flacon en verre.

Les différentes fritures ont été effectuées à l'échelle domestique. Les échantillons ont subi des analyses physico-chimiques réalisés au labo du département de biologie, agronomie, chimie

I. Conduite expérimentale :

1. Choix de l'huile :

Notre choix a porté sur les trois huiles les plus utilisées dans la cuisson et les fritures. Ces huiles ont été achetées chez des commerçants à « Tizi-Ouzou » ; elles sont conditionnées dans un emballage en matière plastique (PET).

Tableau X : Présentation des huiles étudiées.

Echantillons	Composition	Date	Conditionnement
Huile A	100% tournesol	Avril 2022	PET
Huile B	100% soja	Mai 2022	PET
Huile d'olive	100 % olive	Issus de la cueillette de l'année 2021/2022 de la région de Makouda	Dans des bouteilles en plastiques opaques

2. Choix de l'aliment à frire :

Dans notre travail nous avons choisis la pomme de terre car c'est l'aliment le plus utilisés dans la friture (c'est aussi un aliment carencé en MG riche en glucides).

La pomme de terre doit être conservée à température ambiante (8 à 10°C) à l'abri de la lumière.

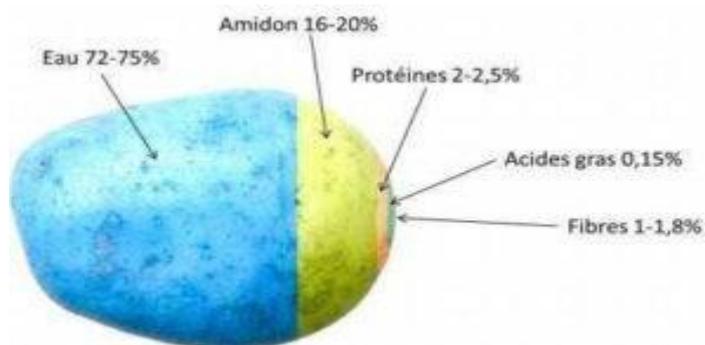


Figure10 : composition chimique du tubercule de pomme de terre (BOUFARES 2012)

3. Procédure de friture :

Les fritures ont été réalisées dans une poêle de capacité de 2 litres, non couverte, avec une agitation manuelle pour bien disperser les frites dans le bain d'huile. Chaque huile a été utilisée 3 fois en friture, un échantillon est prélevé à chaque friture tout en respectant les mêmes conditions pour tous les échantillons, ce qui diffère est seulement le type d'huile utilisée dans l'essai.

4. Echantillonnage :

Nous avons commencé par chauffer l'huile conditionnée dans une poêle à $160 \pm 5^\circ\text{C}$, (température mesurée par un thermomètre de laboratoire). Puis nous avons ajouté une quantité de pomme de terre coupée comme l'indique le tableau (XIV) et nous avons laissé frire pendant 5 à 6 min, puis refroidissement à une température de $20 \pm 5^\circ\text{C}$, un échantillon prélevé et mis aussitôt dans des flacons en verre recouvert de papier aluminium. Le volume d'huile restant est réutilisé pour une autre friture, voir le tableau (XI).

Le volume des trois huiles et le poids de la pomme de terre utilisés (ration 1/6) durant la friture sont mentionnés dans le tableau (XII).

Tableau XI : Conditions expérimentales des essais de fritures.

Mode de friture	Friture profonde
Type de friteuse	Poêle
Nombre de friture	3
Température	160
Durée de cuisson	5 à 6 min
Temps entre deux fritures	Jusqu'à refroidissement à 20
Volume d'huile initialement utilisé	500 ml
Rapport pomme de terre/huile	1/6
Forme des tranches de la pomme de terre	Bâtonnets
Volume d'huile prélevé pour l'analyse	150 ml
Nombre d'échantillons analysés	12
Nombre de répétition pour chaque échantillon	2

Tableau XII : volume d'huile et poids de pomme de terre utilisés pour chaque friture :

Nombre de friture	Volume d'huile (ml)	Poids de la pomme de terre
F1	500	83.33
F2	350	58.33
F3	200	33.33

II. Méthodes d'analyses :

Au cours des fritures répétées, les huiles s'altèrent. A quel moment a lieu ce début d'altération et comment évolue-t-elle au fil des fritures ?

Pour cela des études physico-chimiques des huiles à l'état frais et pendant tout le cycle des fritures ont été effectuées.

Parmi les critères testés, on cite :

1/Analyses physiques

1.1 Détermination de la densité à 20°C : (AFNOR NF T606-21, 1984) (annexe 01)

La densité relative d'une huile ou d'une graisse est le quotient de la masse dans l'atmosphère d'un certain volume de ce CG à une T° de 20°C (D20) par la masse du même volume d'eau distillée.

La densité est déterminée en pesant dans une éprouvette de 5 ml le même volume d'eau et d'huile prises à la même T°.

La densité est exprimée par la relation suivante :

$$D = \frac{m_1 - m}{m_0 - m}$$

Soit :

M : poids de l'éprouvette vide ;

M1 : poids de l'éprouvette pleine d'huile ;

M0 : poids de l'éprouvette pleine d'eau

1.2. Détermination de la viscosité (annexe 03)

La viscosité est définie comme étant le coefficient de frottement intramoléculaire.

C'est la mesure du temps que nécessite une bille en métal pour s'écouler dans un capillaire d'un viscosimètre rempli d'huile.

La viscosité est exprimée par la formule suivante :

$$\mu(c.\rho o) = k(\rho_f - \rho) \times t$$

Soit :

μ : La viscosité en Centipoise ;

P_f : la densité de la bille de métal qui est égale à 8,02 g/ml ;

P : la masse volumique de l'huile (g/ml) ;

T : le temps de chute en minute ;

K : constante du viscosimètre qui est égale à 35.

1.3. Détermination de l'humidité (JO n° 65 - 2012) (annexe 02)

Teneur en eau et en matières volatiles d'un CG est définie comme étant la perte de masse subie par le produit après chauffage à $103^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$, dans les conditions de la présente méthode et exprimée en pourcentage en masse.

La teneur en eau, exprimée en pourcentage en masse, est égale à :

$$H\% = \frac{m_1 - m_2}{m_1 - m_0} \times 100$$

Soit :

M0 : masse en gramme de la capsule ;

M1 : masse en gramme de la capsule et de la prise d'essai avant chauffage ;

M2 : masse en gramme de la capsule et du résidu de la prise d'essai après chauffage

2/ analyse chimiques :

2.1. Détermination d'indice d'acide et d'acidité : (NF. T60-204, 1988) (annexe 04)

L'indice d'acide est le nombre de milligrammes d'hydroxyde de potassium nécessaires pour neutraliser les AGL présents dans 1 g de CG (JO n° 65 - 2012).

L'acidité est l'expression conventionnelle en pourcentage d'AGL selon la nature du CG. Généralement, l'acidité est estimée selon le taux d'acide oléique pour l'ensemble des CG. La détermination de l'acidité est nécessaire dans la mesure où elle permet de mesurer le degré d'altération (hydrolyse des triglycérides) de la MG.

Le principe consiste à neutraliser les AGL à l'aide d'une solution de KOH en présence d'un indicateur coloré qui est la phénophtaléine selon la réaction suivante :



L'indice d'acidité est donné par la formule suivante :

$$IA = \frac{N \cdot V \cdot Eg}{m} \text{ (mg de KOH/g de CG)}$$

Soit :

N : normalité de KOH ;

V : volume en ml de la chute dans la burette ;

Eg : équivalent gramme de KOH= 56,1g ;

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

L'acidité est donnée par la formule suivante :

$$A\% = \frac{N \cdot V \cdot M}{10m}$$

Soit :

N : normalité de KOH ;

V : volume en ml de la chute dans la burette ;

M : poids moléculaire de l'acidité pour l'expression des résultats (M= 282,5) ;

m : masse de la prise d'essai.

2.2. Détermination de l'indice de peroxyde : (NF T 60-220, 1993) (annexe 05)

L'indice de peroxyde d'un CG est le nombre de milliéquivalents d'oxygène actif par kilogrammes de CG et oxydant l'iodure de potassium avec libération d'iode. Sa détermination nous renseigne sur le degré d'oxydation de l'huile.

Le principe de cette méthode consiste à traiter une quantité d'huile en solution dans l'acide acétique et le chloroforme, par une solution d'iodure de potassium (KI). Le titrage d'iode libéré se fait par une solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) à 0,01N en présence d'un indicateur coloré qui est l'empois d'amidon

•la formule de l'indice du peroxyde

$$Ip (meqO_2/Kg) = \frac{N(V_1 - V_0)}{P} \times 1000$$

Soit :

V₁ : volume en ml de la solution de Na₂S₂O₃ utilisé pour la prise d'essai ;

V₀ : volume en ml, de la solution de thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc ;

P : masse en g de la prise d'essai ;

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (Na₂S₂O₃) 0,01N.

2.3. Détermination de l'indice d'iode (ISO 3961 ,1996) (annexe 06)

L'indice d'iode est le nombre en gramme d'iode fixé par 100g de CG. Il nous renseigne sur le degré d'insaturations des chaînes carbonées des AG constitutifs des MG. Le principe consiste à dissoudre une prise d'essai dans l'éthanol et de l'iode alcoolique (0,2N), puis on titre la solution avec une solution de thiosulfate de sodium (0,1N).

L'indice d'iode est calculé comme suit :

$$\text{Ii(g d'iode/100g d'huile)} = \frac{N(V_0 - V)}{P} \times 12,69$$

Soit :

V_0 : volume en ml du thiosulfate de sodium utilisé pour l'essai à blanc ;

V : volume en ml du thiosulfate de sodium utilisé pour titrer l'excès d'iode ;

N : normalité de thiosulfate de sodium ;

P : Poids en gramme de la prise d'essai ;

2.4. Détermination de l'indice de saponification (AFNOR-NFT60-206 ,1988) (annexe 07)

C'est la quantité d'hydroxyde de potassium (potasse caustique KOH) en mg nécessaire pour saponifier un gramme de CG. Cet indice nous renseigne sur la longueur de la chaîne et nous permet de déterminer la masse moléculaire moyenne de l'AG (ADRIAN et al, 1998).

Le principe consiste à saponifier une prise d'essai par KOH alcoolique (0.5N) sous réfrigérant à reflux pendant une heure. Le titrage de l'excès de KOH par une solution de HCl (0.5N) en présence de phénolphthaléine.

L'indice de saponification est calculé à partir de la formule suivante :

$$Is(\text{mg KOH/g d'huile}) = \frac{(V_0 - V) \cdot N \cdot Eg}{P}$$

Soit :

V₀ : volume en ml de HCl utilisé pour l'essai à blanc ;

V₁ : volume en ml de HCl utilisé pour le titrage de la prise d'essai ;

N : normalité de HCl (0,5N) ;

Eg : Equivalent gramme de KOH (56,1 g/mole) ;

P : Poids en g de la prise d'essai.

Résultats
Et
Discussions

I. Analyses physicochimiques :

I.1. Evolution des indices physiques :

I.1.1. Viscosité :

Au cours des fritures, l'augmentation de la viscosité peut atteindre 20 à 70% de la valeur initiale selon le type d'huile utilisée (PERRIN, 1992).

L'altération thermo-oxydative se traduit par l'augmentation de la viscosité des CG ; de ce fait la mesure de la viscosité pourrait être un bon test pour apprécier l'état d'altération d'une huile car (BESBES *et al.*, 2005 ; SANCHEZ-GIMENO *et al.*, 2008).

Tableau XIII : Résultats de l'évolution de la viscosité des bains de fritures.

Nombre de friture	Huile de soja	Huile d'olive	Huile de tournesol
Témoins(avant friture)	33.642	42.364	35.38
F1	34.888	43.1116	35.6356
F2	35.6356	45.1052	35.6452
F3	36.3832	46.102	36.1372
Normes	Non défini		

D'après les résultats obtenus (tableau XIII) on constate une augmentation régulière de la viscosité avec le nombre de friture, et cela pour les trois huiles testées.

La viscosité des huiles étudiées passe de 33.642 à 36.3832 c.po pour l'huile fraîche et la 3ème friture respectivement pour l'huile de soja, de 42.364 à 46.102 c.po pour l'huile d'olive et de 35.38 à 36.1372 c.po pour l'huile de tournesol, ces valeurs sont inférieures à celle trouvées par AIT GANA et AZZOUNE (2019) pour l'huile de soja et tournesol ; AIT HABIB ET OUIKEN pour l'huile d'olive. Nos résultats sont proches à ceux trouvées par CHIBANE et HIDEUR (2015) qui ont enregistré une augmentation de la viscosité de 36,679 à 37,276c.po.

Selon OLLE (1998), l'accroissement de la viscosité de l'huile au cours des fritures répétées serait dû à la formation des composés secondaires non volatiles de haut poids moléculaire (les polymères) ; cette augmentation de la viscosité confère à l'huile une consistance sirupeuse.

I.1.2. Densité à 20°C

La densité de l'huile varie avec la température. Lorsque la température augmente, l'huile se dilate et, par conséquent, sa densité diminue. C'est pourquoi, il est nécessaire d'exprimer la densité de l'huile en fonction de la température.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau XIV

Tableau XIV : Résultats de l'évolution de la densité à 20°C des bains de fritures.

Nombre de friture	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile d'olive
Témoin	0.8225	0.8839	0.8926
F1	0.8541	0.9090	0.9062
F2	0.8660	0.9161	0.9190
F3	0.8760	0.9353	0.9353
Norme C.A	0.909-0.916		

Selon le CODEX ALIMENTARIUS (1999), la densité des huiles raffinées se situe entre 0,909 et 0,916. Néanmoins, ces valeurs diffèrent d'une huile à une autre selon leur composition physicochimique.

Les huiles fraîche (tournesol, soja et olive) utilisées dans notre travail ont des densités de 0,8225, 0,8839 et 0,8926 respectivement, qui sont inférieurs aux normes fixées par le CODEX ALIMENTARIUS et cela peut être dû à la composition.

La valeur de la densité de l'huile de soja obtenues dans notre expérimentation est proche de celle obtenues par KHELIFA et AMARI (2017) qui ont enregistré une valeur de 0.880. Tandis que cette valeur est inférieure à celle de AIT GANA et AZZOUNE (2015) qui ont noté une valeur de 0.914. Tandis que la valeur de l'huile de tournesol est inférieure à celle trouvée par AIT GANA et AZZOUNE qui est de 0.911. Nos résultats au cours de la friture sont également sur le même rang avec ceux obtenus par CHIBANE et HIDEUR (2015) qui ont travaillé sur l'huile soja, ayant notés une augmentation de la densité de 0,852 à 0,885 respectivement entre la 1 ère friture et la 4ème friture.

Selon GERTZ (2008), L'élévation de la densité au cours des fritures répétées est du au déroulement des réactions d'oxydation, d'isomérisation, d'hydrolyse et surtout aux réactions de polymérisation des AG sous l'action combinée de la chaleur et de l'oxygène conduisant à la formation des composés de haut poids moléculaire. Néanmoins, la diminution de la densité serait due à la formation d'AGL de faible PM par hydrolyse suite à l'augmentation de la teneur en eau ; elle serait également due à la formation des composés primaires d'oxydation aux chaînes plus au moins courtes (EL-SHAMI et al. 1992). Cette différence serait, en partie,

due à la composition en AG de ces huiles étudiées ; l'huile de TS est plus insaturée et par conséquent plus sensible aux réactions d'altération.

I.1.3. Humidité

La présence d'humidité confirme la présence d'une importante activité de l'eau (aw,) cette dernière provoque et accélère l'oxydation des lipides par la diffusion des catalyseurs métalliques vers les sites d'oxydation (Ayad et al ; 2008).

Selon le CODEX ALIMENTARIUS le taux moyen de l'humidité des huiles végétales est de $\leq 0,2\%$.

Tableau XV : résultats de l'évolution de l'humidité.

Nombre de friture	HT	HS	HO
Témoin	0.073%	0.0377%	0.0933%
F1	0.0355%	0.029%	0.033%
F2	0.0233%	0.04167%	0.037%
F3	0.0155%	0.05937%	0.041%
Norme C.A	$\leq 0,2\%$		

D'après le tableau XV on constate une diminution de l'humidité de l'huile de tournesol qui passe de 0.073% à 0.0155% pour l'huile fraîche et la 3eme friture, contrairement à l'huile de soja ou nous avons enregistré une augmentation de l'humidité qui passe de 0.0377% à 0.5937%. Le tableau montre des fluctuations de l'humidité de l'huile d'olive depuis la 1ere friture jusqu'à la 3ème et cela est peut-être dû au procédé de friture.

La valeur de l'humidité de nos huiles de soja et olive fraîches sont inférieures à celles trouvées par KHLIFA et AMZRI (2019).

La valeur de l'humidité de notre huile fraîche de Tournesol est supérieure à celle enregistrée par AIT GANA et AZZOUNE (2019) ; qui est de 0,036

L'humidification de ces huiles pourrait être due au barème du traitement thermique appliqué lors de l'étape de désodorisation (raffinage). En effet l'eau et le CO₂ constituent les produits terminaux de la décomposition des hydro peroxydes.

Cette humidification pourrait être due à la formation d'eau et des matières volatiles au cours des réactions thermo oxydative.

I.2. Evolution des indices chimiques :

I.2.1. L'indice d'acidité :

L'acidité renseigne sur le taux d'AGL présents dans une huile ; elle permet d'estimer le degré d'altération hydrolytique, favorisé par la présence d'eau dans l'aliment (KPOVIESSI et al., 2004).

Dans le processus d'hydrolyse, la molécule de TG réagit avec une molécule d'eau pour donner un AGL et un diacylglycérol (GUPTA, 2005).

Les résultats du test de l'acidité sont intégrés dans le tableau XI.

Tableau XVI : résultats de l'indice d'acidité

Nombre de friture	HS	HO	HT
Témoins	0.856	1.284	0.428
F1	1.284	1.7121	0.428
F2	1.284	2.1401	0.428
F3	1.284	2.5681	0.856
Normes	$\leq 0.6\%$		

D'après les résultats obtenus dans notre étude, l'acidité des huiles fraîches d'soja, olive et tournesol sont respectivement de 0,856% ; 1.284% et 0,428% et ne sont pas conformes à la norme du CODEX ALIMENTARIUS (1999) qui exige une valeur de l'acidité inférieure à 0,6% à part l'huile de tournesol qui est égale à 0.428%.

La valeur de l'acidité de notre huile de soja est supérieure à celle trouvée par AIT GANA et AZZOUNE (2019) ayant analysés le même type d'huile, la valeur enregistrée est de 0.247 de plus. La valeur de notre huile de tournesol est supérieure à celle trouvés par DAHMOUN et BOUAOUD (2015) : HIMED et MEZIANI (2015) ayant analysés le même type d'huile pour lesquels les valeurs enregistrées sont de 0.074% quant à l'huile d'olive nos valeurs sont supérieures à celle trouvées par RAHMANI et MOHAMEDI (2018) qui ont enregistré une valeur de 0.25%

Le tableau (XXI) révèle une augmentation de l'acidité au fur et à mesure que le processus de friture avance et ceux pour les huiles soja et olive, par contre pour l'huile tournesol on a noté une stabilisation de l'acidité.

L'augmentation de l'acidité de l'huile des bains de fritures peut s'expliquer par le déroulement du processus hydrolytique durant les essais de fritures ; elle est due à la

libération continue d'AGL ; cette réaction est catalysée par la température élevée et l'eau contenue dans les frites fraîches (BOUREGHD et al., 2013). Selon BONNEFIS (2005), les AGL ont tendance à s'oxyder beaucoup plus rapidement surtout lorsqu'ils sont insaturés. C'est pour quoi, l'acidification est accompagnée de l'oxydation. D'après WOLFF (1991), l'acidification des huiles est accrue en présence d'eau dans des conditions favorables, en particulier à chaud et sous pression (chauffage électrique).

I.2.2. Indice d'iode :

L'indice d'iode permet de mesurer le degré d'insaturation globale d'une matière grasse. Il pourra donc nous renseigner sur le degré d'oxydation des huiles de friture (ADRIAN et al., 1998).

Les valeurs de l'indice d'iode obtenues dans notre étude sont intégrées dans le tableau ci-dessous :

Tableau XVII : résultats de l'évolution de l'indice d'iode des bains de fritures

Nombre de friture	Huile de soja	Huile de tournesol	Huile d'olive
Témoins	49.491	44.415	50.76
F1	44.994	43.146	38.07
F2	39.4115	38.07	31.725
F3	34.8975	38.07	29.187
Normes algérienne	120-140 g/100g		

Les résultats obtenus dans le Tableau XVII montrent que les valeurs de l'indice d'iode des huiles fraîches étudiées soja, tournesol et olive sont égales à 49.491g/100 g ; 44.415 g/100g et 50.76g/100g respectivement, et sont inférieures à la norme algérienne qui exige une valeur comprise entre 120 à 143 g/100g d'huile.

Ces valeurs sont presque égales à celle trouvées par AIT GANA et AZZOUNE (2019), ayant enregistré des valeurs de 46,953 g/100g et 47,905 g/100g respectivement pour l'huile de soja et tournesol.

Nous avons noté également pour l'huile d'olive fraîche une valeur de 50.76 qui est inférieure à celle trouvée par MOHAMED et RAHMANI ayant enregistré une valeur de 88,2 g/100g

Le tableau XVII montre que l'indice d'iode diminue au fur et à mesure que le processus de la friture avance, et cela pour les trois huiles testées ; le niveau de ce paramètre passe de 49.491 g/100g à 34,8975 g /100g pour l'huile de soja, de 44,415 g/100g à 38,07 g/100g pour l'huile de tournesol et de 50.76 g/100g à 29.187g /100g pour l'huile d'olive. Ces valeurs sont légèrement inférieures à celles trouvées par AIT GANA ET AZZOUNE (2019).

I.2.3. Indice de peroxyde

L'augmentation de l'indice de peroxyde est liée à l'activation oxydative due au traitement thermique.

Selon BONNEFIS (2005), les peroxydes représentant les premiers produits d'oxydation, sont des composés chimiquement instables ; ces groupes d'atomes visent à stabiliser leur énergie par l'arrachement d'un proton d'une molécule d'AG. Par ailleurs, la majorité des AG libérés suite à l'hydrolyse des TG sont oxydés partiellement au cours de la friture en peroxydes.

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau :

Tableau XVIII : Résultats de l'évolution de l'indice de peroxyde des bains de fritures.

Nombre de friture	Huile de tournesol	Huile de soja	Huile d'olive
Témoin	9	5	2
F1	6	7	14
F2	10	15	16
F3	14	22	19
Norme C.A	≤ 10 meq d'O ₂ /kg		

D'après les résultats obtenus dans le tableau XVIII, on remarque que les valeurs de l'indice de peroxyde des huiles fraîches tournesol, soja et olive sont respectivement de 9 meq d'O₂/kg ; 5 meq d'O₂/kg et 2 meq d'O₂/kg, qui sont conformes à la norme du CODEX ALIMENTARIUS (1999) qui exige une valeur maximale de 10 meq d'O₂/kg d'huile.

La valeur de notre huile fraîche soja est supérieure à celle trouvées par CHIBANE et HIDEUR (2017) qui ont noté une valeur de 1.833 meq d'O₂/kg. On a également enregistré pour l'huile fraîche tournesol une valeur nettement supérieure à celle notée par HIMED et MEZIANI (2015), 5,1 meq d'O₂/kg. On a également noté pour l'huile d'olive une valeur supérieure à celle noté par BOUSSAKOU qui est de 0.45meq d'O₂/kg. Cet écart pourrait être due à la différence de qualité de l'huile brute réceptionnée et traitée dans la raffinerie ; les

conditions de récolte, de raffinage et de stockage, etc. peuvent catalysée la formation des peroxydes dans l'huile brute et dans l'huile raffinée élaborée.

Le tableau montre que cet indice augmente avec le déroulement du processus de fritures ; les valeurs maximales enregistrées à la 3 ème friture sont respectivement 14 meq O₂/Kg pour l'huile tournesol ; 22 meq O₂/kg pour l'huile de soja et 19 meq O₂/kg pour l'huile d'olive.

L'indice de peroxyde augmente aux cours des traitements thermiques appliqués par la formation des produits primaires d'oxydation. Néanmoins, la valeur de cet indice peut diminuer suite à la décomposition des hydro peroxydes pour former les produits secondaires d'oxydation (GERTZ, 2008).

Les propriétés oxydantes d'une huile dépendent largement de la nature des AG constitutifs. Plus la teneur en AGI de l'huile est élevé, plus elle est sensible à l'oxydation. Cette réaction est affecté e par l'air, la lumière et la chaleur.

I.2.2. Indice de saponification

L'indice de saponification indique la teneur en acides gras saturés à courte ou moyenne chaîne de l'huile. La diminution de cet indice indique une scission des doubles liaisons des acides gras sous l'effet de friture suivie d'une formation de polymères par le pontage inter moléculaire des triglycérides oxydés. Et dans l'autre côté l'augmentation de cet indice signifie la rupture des chaînes d'acides gras avec formation d'hydro peroxydes sous l'effet de la chaleur excessive qui entraine la libération de substances volatils au cours du chauffage et accentue l'acidité des huiles de bains de fritures (KOUIDRI et LAMI ; 2020).

Les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau ci-dessus

Tableau XIX : Résultats de l'évolution de l'indice de saponification des bains de fritures.

Nombre de friture	HT	HS	HO
Témoin	51.8925	51.8925	79.9425
F1	199.155	192.1425	92.565
F2	206.1675	206.1675	107.9925
F3	211.775	206.1675	215.985
Norme C.A	189 – 195 mg KOH/g		

Les huiles fraîches tournesol et soja testées ont des indices de saponifications de 51.8925 mg de KOH/g et l'huile d'olive est de 79.9425 mg de KOH/g respectivement. Ces valeurs ne sont pas conformes à la norme Algérienne qui exige une valeur comprise entre 189 à 195 mg de KOH/gn et sont inférieures à celles enregistrées par AIT GANA et AZZOUNE (2019) qui est de 185.972mg KOH/g ; pour l'huile de tournesol et 193.193 mg KOH/g pour l'huile de soja

Le tableau montre une augmentation de l'indice de saponification au cours des fritures. Les valeurs de cet indice passent de 51.9825 mg KOH/g à 211.775 mg KOH/g pour l'huile de tournesol et de 51.9825 mg KOH/g à 206.1675 mg KOH/g pour l'huile de soja et de 79.9425 mg KOH/g à 215.985 mg KOH/g, ces valeurs sont supérieures à celle trouvées par CHERIF (2017) qui a noté aussi une augmentation, mais dans le même rang qu'AIT GANA et AZZOUNE (2015) ; ayant noté une diminution de cet indice de 185.972 à 190 pour l'huile de tournesol et de 193.193 à 185.8.32 pour l'huile de soja.

La diminution de cet indice indique la formation de polymères par le pontage inter moléculaire des TG oxydés (PERRIN, 1992). Tandis que l'augmentation de cet indice serait due à la rupture des chaînes d'AG avec formation des hydro peroxydes sous l'effet de la chaleur (NJOUENKEU et NAGRASSOUM, 2001).

Références Bibliographiques

A

- **ADRIAN J., DAUVILLIER P., POIFFAIT A. et POTUS J. (1998).** Introduction à l'analyse nutritionnelle des denrées alimentaires. Lavoisier, Edition : Tec & doc. pp : 100-110.
- **AYAD RYMA KHELAIPIA AMINA MELLIT ZINEB.** Influence de la thermo-oxydation sur la qualité des huiles de friture. évaluation de leur toxicité et les bienfaits des alicaments. Mémoire de Fin d'Etudes. Faculté des Sciences Département de Biologie Cellulaire et Moléculaire. Option : Contrôle de Qualité et Analyses. Université de jijel, 2008.

B

- **BENMLIH M., et GHANAM J. (2012).** Polyphénols d'Huile d'Olive, Trésors Santé : Polyphénols aux actions antioxydantes, anti-inflammatoires, anticancéreuses, anti-âge et protectrices cardio-vasculaires 2ème Edition. Medicatrix, Embourg, Belgique. p63.
- **BENJELLOUN N. (2014).** Huile d'argan : propriétés pharmacologiques et mise en place d'un processus de contrôle. Thèse pour le diplôme d'état de docteur en pharmacie. Université de limoges.
- **BESBES., BELEKER C., DEROANNEC., IOGNAY G., DRIRAN, et ATTIAH. (2005).** Heating effects on some quality characteristics of dat seed oil. Food chemistry, volume 91. pp: 469-476.
- **BLITZ H. D; GROUCH; SCHREIBER P. (2004).** Food Chemistry. 3ème ed. Springer, Heidelberg - Germany. 1124 p.
- **BOATELLA B., RIERA J., CODONY R., RAFECAS M. ET GUARDIOLA F., 2000:** Recycled cooking oils: Assessment of risks for public health. Ed . : Head of STOA Team ; 71.
- **BOHUON P., BROYART B., TRYSTRAM G.** Mise en oeuvre des matières agroalimentaires, chapitre 4 : Création et transformation de solides alimentaires, Eds. Lavoisier, Paris, 240 p. 2006. Codex alimentarius, Annexe V, avant-projet de norme pour les huiles végétales portant un nom scientifique. Compréhension des mécanismes des maladies et potentiel thérapeutique. Actualité en chimie n° 270 : 108-115. 1993.
- **BONNEFIS C.S. (2005).** Effets biologiques des peroxydes et approche de la participation des aliments composés à leur apport chez le chien et le chat. Thèse de doctorat. Université Paul-Sabatier de Toulouse, France.
- **BOUFARES K. (2012).** Comportement de trois variétés de pommes de terre (Spunta, Désirée et Chubaek) entre deux milieux de culture substrat et hydroponique. Mémoire de magister en amélioration de la production végétale et biodiversité. Université ABOUBEKR BELKAÏD-TLEMCEN. Algérie.
- **BOUKAHNOUN A,** Directeur général du contrôle économique et de la répression des fraudes, « Guide de contrôle des huiles de friture », 2008, pp : 1-10.
- **BOUREGHD A., BENAYACHE S., et BENAYACHE F. (2013).** Change of physico-chemical properties of some local oils. During frying. Nat sci ; 11(11), p.88- 91.

- **BOUSSAKOU Ali Abderrahmane (2019)**. L'étude des caractéristiques pomologique des olives et étude physico-chimique de l'huile d'olive de la variété chemlal de la région de Beni Douala Mémoire de fin d'études Master Académique en Biologie ; Option : Cultures Pérennes ; Université Mouloud Mammeri de TIZI OUZOU.

C

- **CHALES A., DEN G., (1997)**. Abrégé de biochimie alimentaire. 4ème Edition Masson, Paris, pp 225-232.
- **CHERIF ILYAS**, Effets des différentes fritures sur les qualités physico-chimiques et nutritionnelles des huiles. Mémoire de fin d'études, MASTER EN AGRONOMIE, CONTROLE DE LA QUALITE DES ALIMENTS. Université Abdelhamid Ben Badis Mostaganem. 2017.
- **CHIBANE Zehira M elle HIDEUR Nabila (2015)**. Effet de la température de friture sur la stabilité thermo-oxydative de l'huile « elio » ; mémoire de fin d'étude ; Filière : Biologie ; Option : Alimentation Humaine et Qualité des Produits ; UNIVERSITE MOULOU MAMMERI DE TIZI-OUZOU.
- **CUVELIER M.E., MAILLARD M.N.** Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. Oil seeds Fats Crops and Lipids, 19(2): 125-132. 2012.
- **COURTOIS, F., ZIAIFAR, A. M., TREZZANI, I., & TRYSTRAM, G. (2012)**. Friture profonde : les interactions huile-produit. Oléagineux, Corps Gras, Lipides, 19(2), 89–95.

D

- **DAHMOUN M. et BOUAOUD A. (2015)**. Effet du mode de friture sans couvercle sur la stabilité de l'huile « Elio ». Mémoire d'ingénieur d'état en technologie alimentaire. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.
- **DOBAGARNE C., MARQUEZ-RUIZ G., VELASCO J., (2000)**. Interactions between fat and food during deep-frying. European Journal of Lipid Science and Technology, 102 : 521 – 528.
- **DRIDI W. (2016)**. Influence de la formulation sur l'oxydation des huiles végétales en émulsion eau-dans-huile. Thèse de doctorat en chimie physique. Ecole doctorale des sciences chimiques. Bordeaux-Carthage. p5.

E

- **Encyclopédie 2012 ;**
- **EDEM DO**. Palm Oil: Biochemical, physiological, nutritional, hematological, 192. and toxicological aspects: A review. Plant. Foods Hum. Nutr. 2002 ; 57 : 319–341.
- **EL SHAMI S.M., ZAKI SELEM I., EL ANWAR I.M. et EL MALLAH H. (1992)**. Dielectric properties for monitoring the quality of heated oil. J.A.O.C.S. 69 (9).

- **EYMARD S. (2003).** Mise en évidence et suivie de l'oxydation des lipides au cours de la conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat en biochimie. Ecole polytechnique de l'université de Nantes.

F

- **FRENOT M. et VIERLING E. (2001).** Biochimie des aliments : Diététique du sujet bien portant. 2ème Edition. Doin éditeur. P : 79-97.
- **FREDOT E. (2005).** Connaissance des aliments : base alimentaire et nutritionnelle de la diététique. Edition : Tec & Doc Lavoisier, Paris. P : 196-197.
- **FREDOT E. (2012).** Connaissance des aliments : base alimentaire et nutritionnelle de la diététique. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. P : 417-48.

G

- **GERTZ C. (2008).** Optimum deep frying, from the Food Industries Association of Austria, F.I.A.A. from June. p: 125 – 135.
- **GONDE P, MORIN O. 2012.** Optimisation du choix de l'huile en friture industrielle : l'exemple Mc Caïn. OCL ; 19(2) : 96-100. doi : 10.1684/ocl.2012.0447.
- **GORNAY. J. (2006).** Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse de Doctorat spécialité : Génie des Procédés, Département de Chimie Physique des Réactions. Institut National Polytechnique de Lorraine, Ecole Doctorale RP2E E.N.S.I.C.Nancy.
- **GUPTA M.K. (2005).** Frying oils. Bailey's industrial oil and fat products. 6ème Edition. John Wiley & Sons, Inc. pp : 1 – 23.

H

- **HIMED S. et MEZIANI K. (2015).** Effet du mode de friture sans couvercle sur la stabilité de l'huile « Fleurial ». Mémoire de master en alimentation humaine et qualité des produits. Université Mouloud Mammeri Tizi-Ouzou, Algérie.

I

- **IDDIR ANISSA ;(2019).** Etude comparative du comportement des huiles d'olive durant le stockage. Influence du climat, altitude et la date de récolte. Mémoire de doctorat en sciences : Technologie agro- alimentaire. Université de Mostaganem, p 35 ,37.
- **IZBAIM D., BOUAZZA F., MOUDDEN A., TAIFI N., et ABOUDAUD I. (2010).** L'utilisation des ultrasons pour l'évaluation de l'huile de friture. 10ème Congrès Français d'Acoustique, Lyon.

J

- **JEANTET R., BRULE G., CROGGUNENEC T. et SCHUCK P. (2006).** Science des aliments : Biochimie-Microbiologie-Procédé-Produits.Tom1. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. p : 95-120.

- **JEANTET R., CROGUENNEC T., SCHUCK P. et BRULE G. (2006).** Oxydation des lipides. In : Science des aliments. Volume 1. Edition : Tec & doc, Lavoisier, Paris. pp : 95-113.

K

- **KPROVIESSI D.S., GEORGE C., ACCROMBESSI., KOCHOOH C., MOHAMED M., SOUMANAU et MOUDACHIROU M. (2004).** Propriétés physicochimiques et compositions de l'huile non conventionnelle de pourghère (jatropha-curca) de différentes régions du Benin, (7). P : 1007 – 1012.
- **KOUIDRI SELMA et LAMI MALIKA.** La qualité des huiles de bains de friture de certains Fast-foods de la wilaya de Tizi Ouzou. Mémoire de Fin d'études. Faculté des Sciences Biologiques et des Sciences Agronomiques Département des Sciences Agronomiques. Université « Mouloud Mammeri » de Tizi-Ouzou, 2020

L

- **LECERF JM. Les aliments. In : Schlienger JL, 2011.ed.** Nutrition clinique pratique. Issy- lesMoulineaux : Elsevier Masson :21-43.
- **LECERF JM.** L'huile de palme : aspects nutritionnels et métaboliques. Rôle sur le risque cardiovasculaire ^ OCL 2013 ; 20(3) : 147-159. doi : 10.1684/ocl.2013.0507.
- **LERAY C. (2013).** Les lipides : nutrition et santé. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. p : 13-33.

M

- **MANSOURI A. ET OURAHMOUNE F. (2000).** Effets de l'huile de tournesol thermo oxydée sur le foie et les lipids sériques chez le rat en croissance. Mémoire de fin de cycle d'ingénieur d'état en technologie alimentaire ; INA (institut national agronomique El harrach).
- **MASSON O. (2002).** Biochimie : Les bases biochimiques de la diététique. Edition: Tec & Doc, Lavoisier, Paris. p: 81-83.
- **MOHAMED A.A. (2007).** Influence of pomegranate (Punica granatum) peel extract on the stability of sunflower oil during deep-fat frying process. Electronic Journal of Food and Plants Chemistry, 2(1), 14-19.

N

- **NDJOUENKEU R. et NGASSOUM M. (2001).** Etude comparative de la valeur en friture profonde de quelques huiles végétales (Comparative study of frying behaviour of some vegetables oils). Journal of Food engineering, volume 52, p: 121-125.

O

- **ONG AS, GOH SH. PALM OIL: A healthful and cost-effective dietary component.** Food Nutr. Bull. 2002; 23: 11–22.

P

- **PAMBOU-TOBI, N. 2015.** Influence des conditions de friture profonde sur les propriétés physico-chimiques de la banane plantain Musa AAB « harton » : étude du vieillissement des huiles et modélisation des transferts de matière au cours du procédé. Thèse de doctorat, Université de Lorraine (Nancy, France).
- **PERRIN J.L. (1992).** Évolution des corps gras au cours de leur utilisation alimentaire. In : Manuel des corps gras. Edition : Tec et Doc. Lavoisier. Paris. pp : 1015-1031.
- **POIANA M.A., ALEXA E., MOIGRADEAN D. & POPA M. (2009).** The influence of the storage conditions on the oxidative stability and antioxidant properties of sunflower and pumpkin oil. 44th Croation & 4th International Symposium on Agriculture, 449-453.
- **POISSON F ET NACRE L. (2003).** Corps gras alimentaires, aspects chimiques, biochimique et nutritionnels. inlipidesetcorps gras alimentaires. Ed. Tec et Doc,La voisiner.
- **POKORNY J. (2003).** Problème de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In : Lipides et corps gras alimentaires. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. p : 51-74.
- **POUZET A. (1992).** Sources et monographies des principaux des corps gras. In Manuel des corpgras.Edition. Tec et Doc Lavoisiner. Paris, 131.

R

- **RAHMANI M.2005.** Composition chimique de l'huile d'argane. Cahiers Agricultures, 14(5) ,461-465.
- **RASOLOHERY, C. A. 2007.** Etude des variations de la teneur en isoflavones et de leur composition dans le germe et le cotylédon de la graine de soja [Glycine max (L.) Merrill]. Thèse de doctorat de l'institut national polytechnique de Toulouse : 13-43.

S

- **SAGUY I.S., DANA D. 2003.** Integrated approach to deep fat frying: engineering, nutrition, health and consumer aspects, Journal of Food Engineering, 56:143-152.
- **SAIDI AMEL ET TATAR NARIMENE ;** Effet de la friture sur l'huile de table ; Université A. MIRA – Bejaïa ; Mémoire de Fin de Cycle MASTER ; p 21.
- **SAMABAN-THAMURTHI R, SUNDRAN K, TANY.** chemistry and biochemistry af plam oil. prog lipid res .2000;39 (6) :507-58

- **SANCHEZ-GIMENO A.C., NEGUERUELA A.I., BENITO M. et VECET R.O. (2008).** Some physical changes in Aragon extra virgin olive oil during frying process. Food chemistry, volume 110. p : 654-658.
- **Swisspatat, 2011.** Document sur l'acrylamide
<http://www.kartoffel.ch/index.php?id=40&L=1>

V

- **VANDER VOSSSEN et al., 2007. Enregistrement de Protabase. Van der Vossen, HAM & Mkamilo, GS (éditeurs). PROTA (Plant Resources of Tropical Africa / Ressources végétales de l'Afrique tropicale), Wageningen, Pays-Bas.**
- **VIERLING E. (2003).** Aliments et boissons : Filières et produits. 2ème Edition : Doin, éditeur. p : 187-208.
- **VITRAC O, TRYSTRAM G ET RAOULT-WACK A-W. (2003).** Procédé de friture et produit frits. In : Lipides et corps gras alimentaire. Ed. Tec ET docs : 231-267.

W

- **WOLEF J.P. (1991).** Analyses et dosage des lipides. In : techniques d'analyses et de contrôle dans les industries agro-alimentaires. MULTON.A. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris, p450.

X

- **XAVIER-PAGES-XATART-PARES., 2012.** Technologies des corps gras (huiles et graisses végétales). Techniques de l'Ingénieur. F.60706-10.

Sites Web :

www.canaddinpridefoods.com (consulté le 8 février 2019)

➤ **Indices physiques**

Annexe 01 : Détermination de la densité à 20°C (AFNOR NF T606-21,1984)

• **Matériel**

- Balance de précision ;-
- pipette graduée de 10ml ;-
- bécher de 50ml.

• **Mode opératoire**

- Prélever à l'aide d'une pipette graduée 10ml d'huile ;
- Les verser dans un bécher de 50ml de poids connu (m) ;
- Mettre le bécher sur la balance de précision et noter le poids de l'échantillon d'huile (m_0) ;
- Refaire la même expérience avec de l'eau distillée et noter le poids (m_1).

Annexe 02 : Détermination de l'humidité (JO n° 65 - 2012)

• **Matériel**

- Etuve isotherme réglée à $103\pm 2^\circ\text{C}$;
- Béchers ;
- Dessiccateur contenant un déshydratant (le gel de silice) ; - balance analytique avec précision de 0,0001g.

• **Mode opératoire**

- Régler l'étuve à $103\pm 2^\circ\text{C}$;
- Sécher un bécher en verre, le refroidir dans un dessiccateur puis le peser (soit m_0 son poids) ;
- Peser 5g d'huile dans ce bécher (soit m_1 sont poids) ;
- Placer le bécher contenant l'échantillon dans l'étuve pendant 1 heure ;
- Sortir le bécher le refroidir dans le dessiccateur et peser une autre fois le bécher avec le résidu (soit m_2 son poids).

Annexe 03 : Détermination de la viscosité

• **Matériel**

- Viscosimètre à bille ;
- Chronomètre.

- **Mode opératoire**

- Remplir le viscosimètre à bille de l'huile à analyser ;
- Vérifier l'absence des bulles d'air à l'intérieur du viscosimètre ;
- Chronométrer le temps nécessaire pour que la bille traverse les deux traits indiqués sur le viscosimètre.

- **Indices chimiques**

Annexe 04 : Détermination d'acidité et d'indice d'acide

- **Appareillage**

- Balance de précision ;
- Agitateur ;
- Burette ;
- Erlenmeyer ;
- Béchers ;
- Éprouvettes.

- **Réactifs**

- Ethanol 96% ;
- Hexane ;
- Potasse KOH à 0,1N ;
- phénolphtaléine 2%.

- **Mode opératoire**

- Peser 2g de matière grasse dans un erlenmeyer puis les dissoudre dans un mélange de solvants (30ml) composé d'éthanol et d'hexane (V/V) ;
- Titrer immédiatement avec de la potasse alcoolique (0,1N) en présence de phénolphtaléine (3gouttes) jusqu'à apparition d'une coloration rose-pale persistante (10 à 20 seconde).

Annexe 05 : Détermination de l'indice de peroxyde

- **Appareillage**

- Balance de précision ;
- Agitateur ;
- Burette ;
- Béchers ;

- Erlenmeyer ;
- Éprouvettes ;
- Pipette gradué de 1ml.
- **Réactifs**
 - Acide acétique ;
 - Chloroforme ;
 - Iodure de potassium (KI) (10%) ;
 - Solution d'empois d'amidon 1% ;
 - Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3, 5\text{H}_2\text{O}$) (0,01N).
- **Mode opératoire**
 - Peser 2g de matière grasse ;
 - Faire dissoudre la prise d'essai dans 10ml de chloroforme ;
 - Ajouter 15ml d'acide acétique ainsi qu'1ml de solution de KI (10%) et boucher aussitôt l'erenmeyer ;
 - Après agitation du mélange pendant 2min, placer l'erenmeyer à l'abri de la lumière pendant 5min ;
 - Ajouterimmédiatement 75ml d'eau distillée et quelques gouttes ou la pointe d'une spatule d'empois d'amidon ;
 - Titrer immédiatement avec de thiosulfate de sodium à 0,01N jusqu'à décoloration.
 - Dans les mêmes conditions effectuer un essai à blanc.

Annexe 06 : Détermination de l'indice d'iode (A.F.N.O.R NF T60-203, 1990)

- **Appareillages**
 - Balance de précision ;
 - Burette ;
 - Éprouvettes ;
 - Pipette gradué de 1ml ;
 - Béchers ;
 - ballons.
- **Réactifs**
 - Ethanol ;
 - Iode alcoolique (0,2N) ;
 - Thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) (0,1N) ;- solution d'empois d'amidon 1%.
- **Mode opératoire**

- Peser 0,2g d'huile introduite dans un ballon ;
- Ajouter 10 ml d'éthanol, puis 10ml d'iode alcoolique et 30ml d'eau distillée ;
- Agiter énergiquement pendant 5 min ; puis le laisser à l'abri de la lumière 30min environ ;
- Titrer l'iode libéré par la solution de thiosulfate de sodium ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$) à 0,1N jusqu'à l'apparition de la coloration jaune ;
- Ajouter 1ml de solution d'amidon à 1% pour avoir une coloration bleu foncée ;
- Poursuivre la titration avec la solution de thiosulfate de sodium jusqu'à la disparition de la couleur bleue ;
- noter le volume de titration.
- Effectuer un essai à blanc, dans les mêmes conditions (sans matière grasse).

Annexe 07 : Détermination de l'indice de saponification (A.F.N.O.R NFT60-206, 1968)

• **Appareillages**

- Ballon à col rodé ;
- Réfrigérant à reflux ;
- Burette ;
- chauffe ballon ;
- Balance analytique.

• **Réactifs**

- Acide chlorhydrique en solution à 0,5N (HCL) ;
- potasse en solution 0,5N dans l'alcool éthylique à 95% ;
- Phénolphtaléine en solution à 1% dans l'alcool éthylique.

• **Mode opératoire**

- Peser 2g d'huile dans un ballon à col rodé ;
- Ajouter 25 ml de KOH alcoolique à 0,5N ;
- Placer sous réfrigérant à reflux pendant 1 heure en agitant de temps en temps ;
- Titrer à chaud l'excès de KOH avec de l'acide chlorhydrique (0,5N) en présence de phénolphtaléine jusqu'à décoloration.
- Effectuer un essai à blanc dans les mêmes conditions.

Sous l'effet de la chaleur intense, de l'eau et des aliments, les huiles subissent des transformations chimiques conduisant à la formation de composés potentiellement toxiques. Notre travail a pour objectifs d'évaluer l'impact de la friture à 160°C sur la stabilité des huiles de tournesol, soja et olive par le suivi des paramètres physicochimiques (densité, humidité, viscosité, acidité, indice de peroxyde, indice d'iode, indice de saponification).

Les résultats obtenus montrent que le processus thermo-oxydatif appliqué a induit la modification de quelques paramètres physico-chimiques ; ce qui se traduit par une modification significative de la qualité de l'huile.

Toutefois, il est recommandé de contrôler le nombre d'utilisation des bains de friture, la température de cuisson, et le choix d'une huile peu insaturée qui résiste mieux à une température de cuisson élevée, demeurent primordial pour les fritures.

Mots clés : altération, friture, huile de table, stabilité, oxydant, oxydation, thermo-oxydation, acide gras, les analyses physico-chimiques.

Abstract

Under the effect of intense heat, water and food, oils undergo chemical transformations leading to the formation of potentially toxic compounds. Our work aims to assess the impact of frying at 160 ° C on the stability of sunflower, soybean and olive oils by monitoring physicochemical parameters (density, moisture, viscosity, acidity, peroxide value, iodine value, saponification index).

The results obtained show that the thermo-oxidative process applied has induced the modification of some physicochemical parameters; which results in a significant modification of the oil quality.

However, it is recommended to control the number of use of frying baths, the cooking temperature, and the choice of a low unsaturated oil that resists better to a high cooking temperature, remain paramount for frying.

Key words: alteration, frying, table oil, stability, oxidant, oxidation, thermo-oxidation, fatty acid, physicochemical analyses.