

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

Faculté des Sciences de la Nature et de la Vie
Département : des Sciences Alimentaires
Spécialité : Qualité des Produits et Sécurité Alimentaire



Réf :.....

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

MASTER

Thème

Stabilité oxydative de l'huile de friture

Présenté par :

AIT KHEDDACHE Nassima & FEREDJ Lina

Soutenu le : **28 septembre 2021**

Devant le jury composé de :

| | | |
|------------------------|-----|-----------|
| M. CHIKHOUNE Amirouche | MCA | Président |
| Mme AIDLI Amel | MAA | Encadreur |
| Mme DJELLILI Farida | MAA | Examineur |

Année universitaire : 2020 / 2021



Remerciements

Nous remercions tout d'abord Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé santé, courage et foie.

*Nous adressons en particulier nos remerciements à notre promotrice **Mme AIDLI Amel** qui nous a fait un grand honneur en dirigeant ce travail ainsi qu'en nous guidant tout au long de sa réalisation.*

Nos remerciements vont également :

***Mr CHIKHOUNE Amirouche** pour l'honneur qu'il nous fait de présider et à **Mme DJELLILI Farida** d'avoir accepté d'examiner notre travail.*

*Nous adressons nos sincères remerciements à l'entreprise Agroalimentaire **CO.G.B- La Belle**, en particulier à **Mme DJAFFRI .K** et **Mme ZAHIRRA** pour leurs aide.*

Nous tenons à formuler notre gratitude et nos profondes reconnaissances à L'égard de nos parents pour leurs indéfectibles soutiens durant tout notre Coursus.

Afin de n'oublier personne, nos vifs remerciements.



Dédicace



Je dédie ce modeste travail :

*Pour ceux qui ont tout donné sans rien en retour
Il n'y a pas de mot pour décrire ce que mes parents
représentent pour moi à tout au long de ma vie*

*Mon chère maman et papa qui ont toujours été là pour
moi, et qui m'ont donné un magnifique modèle de
labeur et de persévérance*

*À mes très chères sœurs **Ourida et Fouzia** qui m'ont
toujours aidé et soutenu, je vous souhaite une grande
réussite et une vie pleine de bonheur.*

*À mon très chère frère **Brahim** qui nous a quittés très
tôt et qui m'a toujours encouragé.*

*À mon cher grand-père, À ma chère grand-mère, À mes
oncles, mes tantes, mes cousins et cousines.*

*À ma camarade et ma binôme **Lina** que je l'estime
beaucoup ainsi qu'à toute sa famille.*

NASSIMA

Dédicace



*Je dédie ce modeste travail à ;
La mémoire de ma très cher mère qui nous a quittée
très tôt, mais qui restera toujours vivante dans
mon cœur, que dieu lui ouvre les portes du
paradis.*

*Mon chère père « DJAMAL » qui m'a toujours
soutenu et aidé, que dieu te protège.*

Mes chers frères AYMEN et IMAD

Ma chère sœur IMANE

Mon cher fiancé RAFIK et tout sa famille

A mes tantes qui étant toujours à mes cotée

A tous mes amis

A mon binôme Nassima et tout sa famille

A tous les êtres qui me sont chers.

LINA

Table de matière
Liste des abréviations
Liste des figures
Liste des tableaux
Introduction 1

PARTIE THEORIQUE

I. Soja et huile de soja

1. Définition de soja 3
 1.2. Composition de la graine de soja..... 3
2. Huile de soja 3
 2.1. Composition d’huile 3
 2.2. Procédé d’extraction et raffinage d’huile de soja 4

II. Oxydation

1. Oxydation 7
 1.1. Initiation..... 7
 1.2. Propagation..... 7
 1.3. Terminaison 8
2. Photo-oxydation 8
3. Oxydation enzymatique..... 8
4. Conséquence de l’oxydation 9

III. Antioxydants

1. Antioxydants 9
2. Mécanisme d’action des antioxydants 10
3. Classification des antioxydants 10
 3.1. Antioxydants synthétique 10
 3.2. Antioxydants naturels 10

IV. Friture

1. Définition de la friture..... 11
2. Différente type de friture..... 11
 2.1. Friture profond..... 11
 2.2. Friture plate..... 11
3. Réactions de dégradation de l’huile durant la friture 12
 3.1. Réactions d’oxydation 12
 3.2. Réactions de polymérisation..... 12

| | |
|----------------------------------|----|
| 3.3. Réactions d'hydrolyse | 12 |
|----------------------------------|----|

V. Datte

| | |
|--|----|
| 1. Généralité sur la datte..... | 13 |
| 2. Composition biochimique de la datte | 13 |
| 3. Noyaux de datte..... | 14 |
| 3.1. Définition et description de noyau de dattes | 14 |
| 3.2. La composition biochimique des noyaux de dattes | 14 |
| 3.3. Transformation de la datte et de son noyau..... | 15 |

PARTIE PRATIQUE

I. Matériel

| | |
|--|----|
| 1. Choix de la variété de datte | 16 |
| 1.2. Présentation de la variété | 16 |
| 2. Préparation de l'échantillon | 16 |
| 2.1. Préparation des noyaux de datte | 16 |
| 3. Choix de l'huile | 17 |
| 4. Choix de l'aliment..... | 17 |

II. Méthodes

| | |
|---|----|
| 1. Extraction des composés phénoliques..... | 18 |
| 2. Enrichissement de l'huile de soja..... | 18 |
| 3. Procédure de friture | 18 |
| 4. Détermination des paramètres physico-chimiques | 20 |
| 4.1. Détermination de L'acidité [NA.273/1990] | 20 |
| 4.2. Détermination de l'indice de peroxyde [NA.274/1990]..... | 20 |
| 4.3 Détermination de la couleur [NA. 270-1990]..... | 21 |
| 4.4. Détermination du coefficient d'extinction spécifique dans l'ultraviolet..... | 22 |

Résultats et discussion

| | |
|--|----|
| I. Paramètres physico-chimiques de l'huile de soja..... | 23 |
| II. Paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours des fritures..... | 23 |
| III. Analyses physico -chimiques de l'huile au cours des fritures | 25 |
| 1. Acidité de l'huile chauffée à 180°C | 25 |
| 1.1. Acidité de l'huile de friture sans aliment | 26 |
| 1.2. Acidité de l'huile de friture avec aliment..... | 27 |
| 2. L'indice de peroxyde de l'huile chauffée à 180°C | 28 |

Table de matière

| | |
|---|----|
| 2.1. L'indice de peroxyde de l'huile sans aliments..... | 28 |
| 2.2. L'indice de peroxyde de l'huile avec l'aliment | 29 |
| 3. La couleur de l'huile sans et avec aliment chauffée à 180°C | 31 |
| 4. L'extinction spécifique de l'huile sans aliment chauffée à 180°C | 32 |
| 4.1. L'extinction spécifique à 270 nm | 33 |
| 4.2. L'extinction spécifique à 232..... | 34 |
| Conclusion..... | 36 |
| Références bibliographiques | |
| Annexe | |
| Résumé | |

Liste des abrégations

| | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| BHA : l'hydrox anisol butylé | C : caractéristique |
| AG : Acide Gras | méq : millilitre équivalent |
| AGE : Acide Gras Essentiel | HNE : huile non enrichie témoin |
| AGPI : Acide Gras Polyinsaturés | D1 : huile enrichie avec 50ppm |
| I : Initiateur | D2 : huile enrichie avec 100ppm |
| R° : Radical libre | max : maximale |
| ROO° : Radical peroxyde | |
| ROOH : Hydroperoxyde | |
| BHT : hydroxy toluene butylé | |
| TBHQ : tert-butylhydroquinone | |
| NaOH : hydroxyde de potassium | |
| IP : Indice de Peroxyde | |
| KI : Iodure de potassium | |
| UV : ultraviolet | |

Liste des figures

| | |
|---|----|
| Figure 1: Photographies du soja | 03 |
| Figure 2: Les étapes d'extraction d'huile brute..... | 05 |
| Figure 3: Les étapes de raffinage d'huile de soja..... | 06 |
| Figure 4: Représentation simplifiée de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés d'après | 08 |
| Figure 5: Présentation morphologique du noyau de datte | 14 |
| Figure 6: Photographie des Dattes et noyaux de dattes..... | 16 |
| Figure 7 : poudre de noyaux de datte..... | 17 |
| Figure 8 : L'évolution de l'acidité (témoin (D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours de chauffage de l'huile a 180C° sans aliment..... | 26 |
| Figure 9: L'évolution de l'acidité (témoin(D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours de chauffage à 180C° avec aliment | 27 |
| Figure 10 : L'évolution de l'indice de peroxyde (témoin (D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours de chauffage à 180C° sans aliment..... | 29 |
| Figure 11: L'évolution de l'indice de peroxyde (témoin (D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours de chauffage à 180C° avec aliment..... | 30 |
| Figure 12 : L'évolution de la couleur (témoin (D0) et huile + extrait de noyau de datte a D1 et D2) au cours chauffage à 180C° sans aliment..... | 31 |
| Figure 13 : L'évolution de la couleur (témoin (D0) et huile + extrait de noyau de datte a D1 et D2) au cours de chauffage à 180C° avec aliment..... | 31 |
| Figure 14: L'évolution de l'extinction spécifique 270 (témoin(D0) et l'huile + extrait de noyau de datte a D1 et D2) au cours de chauffage à 180C° sans aliment..... | 33 |
| Figure 15: L'évolution de l'extinction spécifique 232 (témoin (D0) et huile +extrait de noyau de datte a D1 et D2) aux cours de chauffage à 180C avec sans aliment..... | 34 |

Liste des tableaux

Tableau I: Composition de l'huile de soja en acide gras.....04

Tableau II : Les principaux constituants des noyaux de datte.....15

Tableau III: Les principaux constituants des noyaux de datte.....13

Tableau IV : Le rapport huile /pomme de terre pendant le procédé de friture.....19

Tableau V : Les analyses physicochimiques de l'huile de soja raffiné.....23

Tableau V I: Les paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours de fritures.....24

Introduction

L'huile de soja parmi les huiles alimentaire les plus consommée à travers le monde. Elle provient de l'extraction de la fève de soja, une plante légumineuse. Les principaux pays producteur d'huile de soja sont les Etats-Unis, le japon et la chine. Ce dernier est le premier payé à planter le soja (**Platon, 1988**).

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, elles sont sources d'acides gras indispensables, en particulier l'acide linoléique et l'acide alphalinoléique,elles contribuent à la qualité organoleptique des produits, leur apportent une texture onctueuse, crémeuse, fondante, un aspect brillant et une saveur spécifique. Enfin, elles assurent des fonctions technologiques, en particulier comme moyens de transfert de chaleur en cuisson (exemple des huiles de friture), agent d'enrobage et démoulage ou comme support d'arômes et de colorants lipophiles (**Cuvelier et Maillard, 2012**).

Ces huiles sont malheureusement instables et sujettes à une oxydation rapide durant le stockage ou lors de la friture, ce qui pose de sérieux problèmes pour l'industrie alimentaire qui utilise de plus en plus des acides gras hautement insaturé très susceptibles à l'autoxydation.L'oxydation des lipides alimentaire entraine des altérations qualitative (rancissement), nutritionnelles (perte en vitamines) voir même une toxicité due aux produits issus de la peroxydation lipidique (peroxydes, aldéhydes) (**Cillard et Cillard, 2006**).

Afin de résoudre le problème de la stabilité des huiles et lipides, on utilise des antioxydant qui sont des substances en petite quantité capable d'empêcher, de retarder ou de ralentir considérablement l'oxydation de matière facilement oxydable (**Bouazizet al., 2008 ; Mbahet al., 2019**).

Les polyphénols possèdent un large éventail d'activités biologiques *in vitro* (antibactériennes, anti-cancérogène, anti-inflammatoire, antioxydant...). Présentant ainsi des propriétés antioxydants bien établies et en lien avec l'inhibition de l'oxydation aussi bien dans le domaine alimentaire (oxydation des lipides) ces substancesuscitent beaucoup d'intérêts dans plusieurs domaines en particulier, sur la saveur des aliments et leur incidence sur la conservation des produits alimentaires. Ainsi, ils pourraient constituer une alternative à l'utilisation des additifs alimentaires synthétiques, qui ont montré des effets nuisibles (**Achat, 2013**).

L'industrie de transformation des fruits et légumes génère de grandes quantités de déchets comme les pelures et les graines qui sont jetés dans l'environnement qui engendrant des conséquences négatives. Pour y remédier à ce problème, ces déchets peuvent être considérés comme des sous-produits exploités pour la production des additifs alimentaires et antioxydants naturels de haute valeur nutritionnelle présentant un avantage économique (**Bebbaret al.,2012**).

Parmi les fruits qui génèrent de grande quantité de déchet, les dattes qui constituent la base de l'alimentation des habitants des régions arides notamment pour leur richesse en calories, plus de 3000 cal/kg de dattes, leur haute valeur nutritive et leurs bienfaits pour la santé (**Kaci et al., 2020**). Les noyaux de datte qui renferment des composant extractibles à valeur ajoutée élevée, ils sont aussi riches en protéines, fibres alimentaires, composés phénoliques, antioxydants et peuvent ainsi être utilisés pour l'amélioration de la valeur nutritionnelle des produits incorporés (**Boussenaet al., 2013**).

Notre travail vise à exploiter les composés phénolique, extraits à partir des noyaux de dattes et de les incorporer dans l'huile de soja raffinée, afin d'étudier leur effet sur la stabilité oxydative au cours de la friture.

Cette étude est subdivise en deux parties :

La première partie est consacrée à une synthèse bibliographique qui porte sur des généralités sur l'huile de soja, le palmier dattier, l'oxydation et les antioxydants, et sur la friture.

La partie expérimentale dont certains test sont réalisés au laboratoire de l'université de Bejaia, faculté des sciences de la nature et de la vie , bloc 09, laboratoire de microbiologie alimentaire et d'autres au laboratoire de l'entrepris C.O.G.B La belle qui englobe ;

- En premier étape, l'extraction des composés phénoliques totaux ;
- En deuxième étape, l'enrichissement de l'huile de soja par l'extrait phénolique de poudre de noyaux de dattes ;
- En troisième étape la réalisation des séries spécifiques de fritures ;
- En quatrième lieu le contrôle de la stabilité oxydative par réalisation des analyse spécifique ;
- En fin le développement des résultats.

Partie théorique



I. Soja et huile de soja

1. Définition de soja

Le soja, *Glycine max* (L) Merrill, est une plante de la famille des *Fabacées*, sous famille des *faboideae*, tribu des *phaseoleae*, sous tribu des *glycininae*, genre *glycine*. La plante est annuelle, herbacée, dressée, et peut atteindre une hauteur de 1.5 m (Rasolohery, 2007). La Figure 1 représente une photographie du soja.

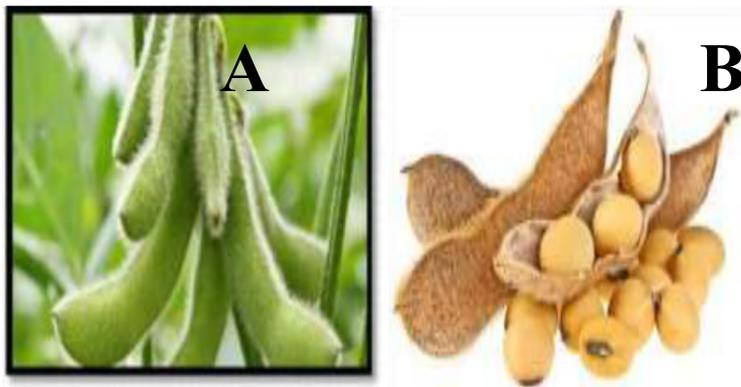


Figure 1 : Photographie du soja (A : Gousse verte, B : Graine) (Randriamamonjy, 2020).

1.1. Composition de la graine de soja

La graine de soja est particulièrement riche en protéines (en moyenne 40 %), en sucres (35%) et en lipides (20%) et 5% de fibres. Ces composés présentent un grand intérêt pour les industries agroalimentaire (Rasolohery, 2007).

2. Huile de soja

L'huile de soja est un fluide jaune plus au moins foncé suivant la nature des graines et les procédés d'extraction. Fraîche, elle a une saveur assez prononcée d'haricot qui s'atténue peu à peu. Elle est riche en acides gras polyinsaturés (AGPI) et notamment en acide gras essentiel (AGE), tel l'acide α -linoléique. Elle est recommandée pour les assaisonnements (Cossut *et al.*, 2002).

2.1. Composition d'huile de soja

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 l'acide alpha-linolénique (oméga3) qui font partie des principaux acides gras essentiels pour l'organisme(ward et singh,2005).La composition moyenne de l'huile de soja en acides gras est illustrée dans le **Tableau I**.

Tableau I : Composition de l'huile de soja en acide gras en pourcentage (Yao *et al.*,2020).

| Type d'acide gras | Pourcentage (%) |
|-------------------|-----------------|
| Acide palmitique | 10 |
| Acide stéarique | 4 |
| Acide oléique | 18 |
| Acide linoléique | 55 |
| Acide linoléiques | 13 |

2.2. Procédé d'extraction et raffinage d'huile de soja

Par trituration, les graines sont transformées en huile brute de soja et en tourteaux pour l'alimentation du bétail. L'huile brute issue de la trituration des oléagineux doit être purifiée ou raffinée avant consommation afin d'éliminer les impuretés, diminuer la couleur prononcée et la saveur typée dans le but de produire de l'huile avec un fort rendement tout en préservant la qualité nutritionnelle ; et d'assurer la qualité et la sécurité sanitaire des huiles destinées à la consommation humaine. Connus pour avoir des effets bénéfiques sur la santé, elle nécessite des traitements qui sont représentés dans la **figure 2 et 3** (Laisney, 1992 ; Evardet *et al.*,2007 ; Regiset *et al.*,2016).

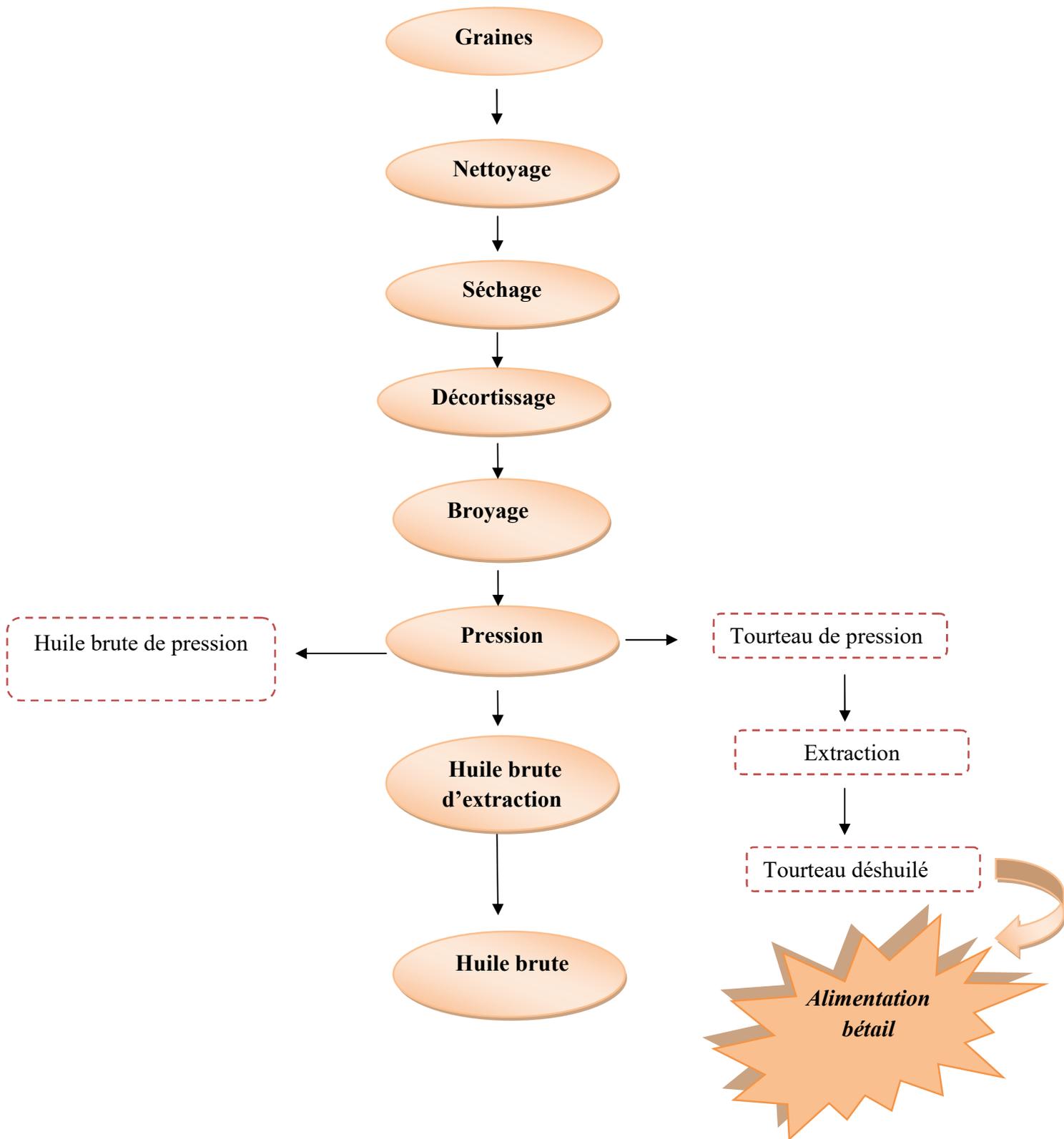


Figure2 : Les étapes d'extraction d'huile brute (Evardet *al.*, 2007).

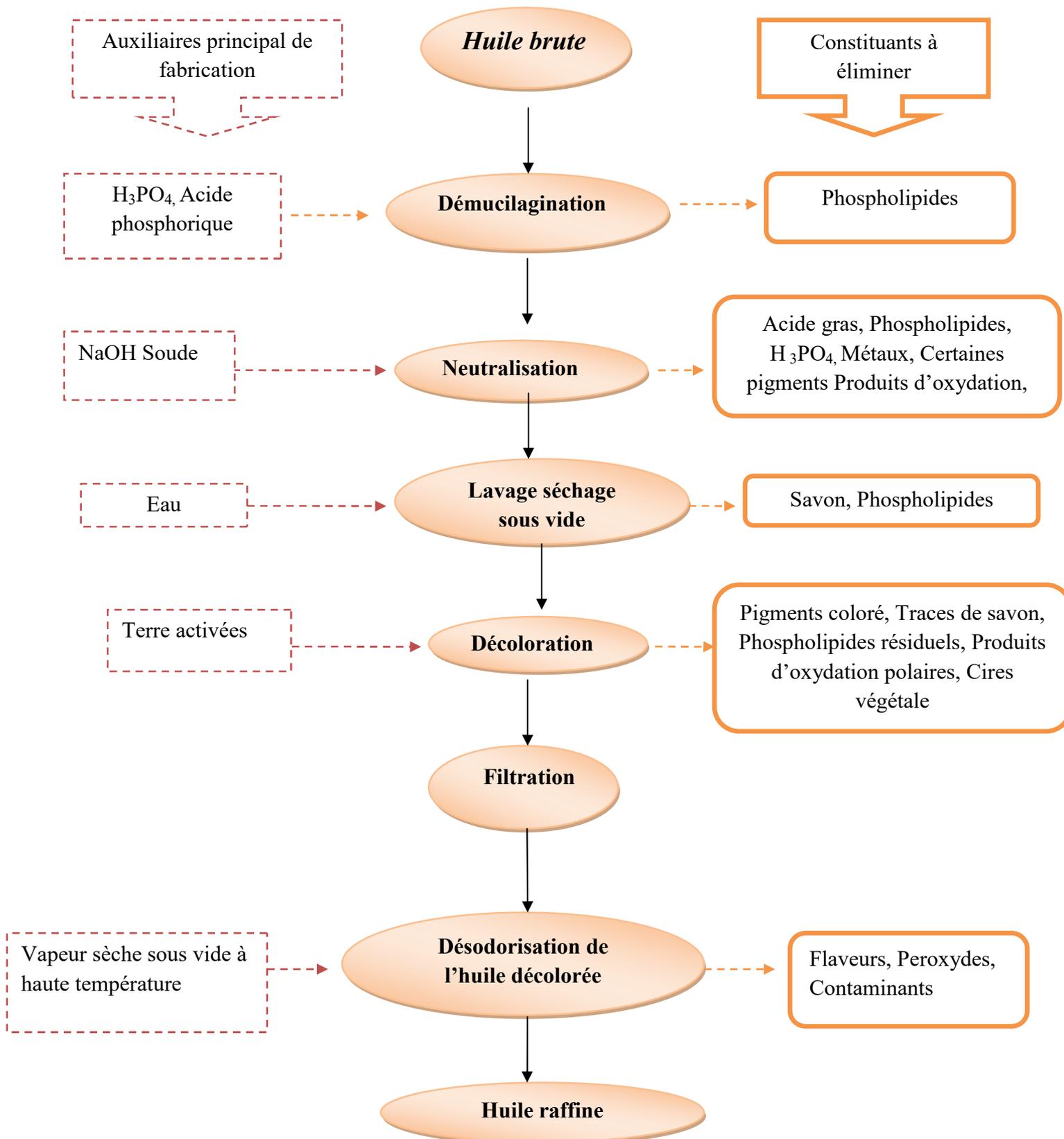


Figure 3 : Les étapes de raffinage d'huile de soja (Pages *et al.*, 2010).

II. Oxydation

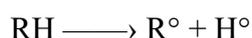
L'oxydation des lipides est une cause majeure de la dégradation des aliments lors de leurs fabrications et de leur conservation. Elle affecte principalement les acides gras insaturés présents dans les huiles végétales (Martin, 2001).

1. Autoxydation

L'autoxydation altère les huiles végétales par dégradation des acides gras essentiels dont les conséquences sont une baisse de la valeur nutritionnelle et la formation de produits de décomposition. Ces derniers leur donnent une odeur et une saveur indésirables et voire une certaine toxicité (Pascaudet *al.*, 1985 ; Crapisteet *al.*, 1999 ; Pokorny, 2003). L'autoxydation des lipides est une réaction auto-catalytique, il s'agit d'un enchainement de réaction radicalaires se déroulant en trois étapes (Eymrad, 2003).

1.1. Initiation

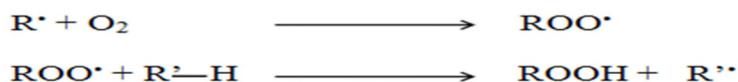
L'initiation est une réaction lente, elle correspond à la formation des radicaux libres (R°) en présence d'un initiateur (I), les lipides insaturés (RH) perdent un atome d'hydrogène pour former un radical libre de lipide (R°). Ce mode d'initiation, favorisé par une élévation de température, peut être produit par des radiations ionisantes, des générateurs chimiques, des systèmes enzymatiques ou chimiques produisant des espèces réactives de l'oxygène, ou de traces métalliques (Villière et Genot, 2006). La réaction d'initiation est comme suite :



Réaction d'initiation de l'auto-oxydation

1.2. Propagation

La deuxième étape réactionnelle est l'étape de propagation, au cours de laquelle les radicaux alkyles précédemment formés réagissent avec l'oxygène moléculaire pour former des radicaux peroxydes (ROO°). Ces derniers réagissent à leur tour avec des acides gras et forment des hydroperoxydes ($ROOH$) et de nouveaux radicaux alkyles, engageant ainsi de nouveaux cycles réactionnels (Villière et Genot, 2006). La réaction de propagation est comme suite :



Réaction de propagation de l'auto-oxydation

1.3. Terminaison

Pendant cette phase les radicaux formés réagissent entre eux. Globalement, ce processus conduit à des hydrocarbures, des aldéhydes, des cétones, des acides, des esters, des peracides des peroxydes. Dans cette phase l'aliment accuse une perte de qualité nutritionnelle ou organoleptique (rancissement, changement de couleur.) (Marc *et al.*, 2004).

La formation et la décomposition des hydroperoxydes sont représentés dans la **Figure 4**.

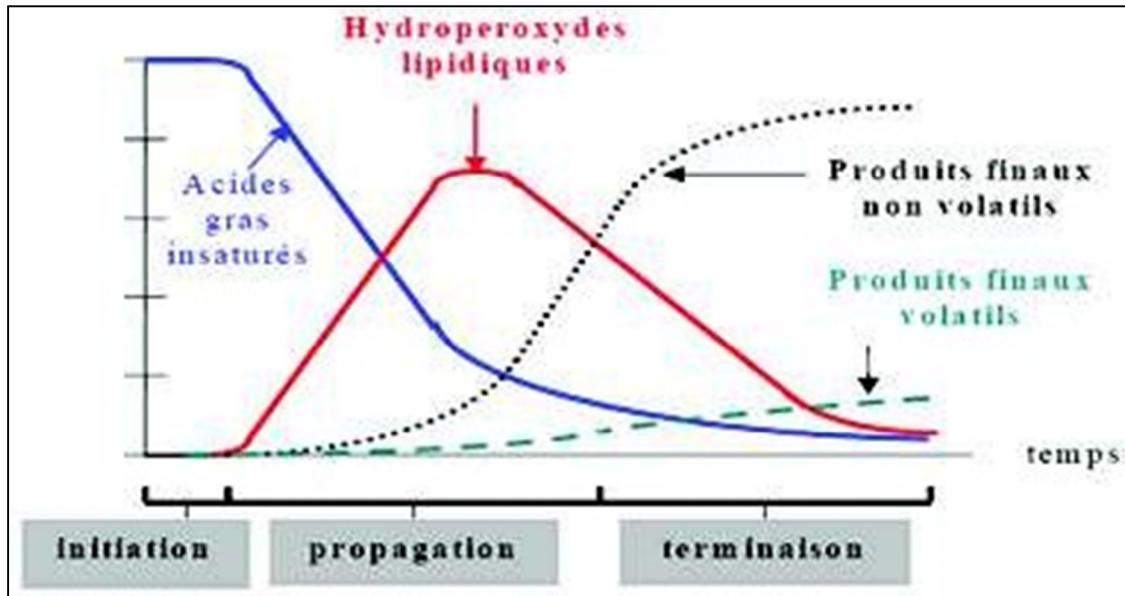


Figure4 : Représentation simplifiée de la cinétique d'oxydation des acides gras insaturés(Judde, 2004).

2. Photo-oxydation

La photo-oxydation est une voie importante de production d'hydroperoxyde en présence d'oxygène, d'énergie lumineuse et de photo-sensibilisateurs tels que les hémoprotéine, la chlorophylle ou la riboflavine. Lors de la photo-oxydation, la chlorophylle accélère l'oxydation, tandis que les carotènes et les tocophérols la freinte (Choe et Min, 2006).

3. Oxydation enzymatique

Cette oxydation est initiée par des enzymes, d'où le phénomène d'oxydation des acides gras insaturés d'origine enzymatique. Les deux enzymes principalement impliquées sont la lipoxigénase et la cyclooxygénase. La lipoxigénase catalyse l'insertion d'une molécule d'oxygène sur un acide gras insaturé selon une réaction stéréospécifique et aboutit à la formation d'hydroperoxyde (Pereira *et al.*, 2003).

4. Conséquence de l'oxydation

L'impact de l'oxydation des lipides est triple :

- **Impact nutritionnel et organoleptique** : dégradation des vitamines liposolubles et des acides gras essentiels, développement de saveurs anormales, changement de couleur ;
- **Impact sanitaire** : les composés secondaires d'oxydation montrent des effets cytotoxiques et mutagènes (cas du malondialdéhyde, par exemple, qui réagit avec l'ADN);
- **Impact économique** : perte de la valeur marchande suite à l'oxydation qui déprécie la qualité du produit (**Rahmani, 2007**).

III. Antioxydants

1. Antioxydants

Les antioxydants peuvent être définis comme toute substance capable de retarder ou empêcher le développement de la rancidité ou de toute autre détérioration de saveur dans les aliments due à l'oxydation (**Gülçin, 2012**).

Les antioxydants possèdent une forte capacité à prévenir l'action néfaste des radicaux libres en les piégeant et détoxifiant efficacement les organismes de multiples façons. Ils inhibent la formation de radicaux lipidique libres, interrompent l'initiation ou la propagation des réactions en chaîne d'autoxydation(**Young et Woodside, 2001**), fonctionnent comme un agent réducteur, convertissent les hydroperoxydes en composés stables ou moins réactifs, convertissent les métaux pro-oxydants en produits stables en fonctionnant comme un chélateur de métaux et inhibent les enzymes pro-oxydantes telles que les lipoxygénases(**Pokorný, 2007 ; Kancheva, 2009 ; Puchalska et al., 2014**).

2. Mécanisme d'action des antioxydants

Les mécanismes d'action des antioxydants sont divers, incluant le captage de l'oxygène singulier, la désactivation des radicaux par réaction d'addition covalente. La réduction des radicaux ou des peroxydes, la chélation des métaux de transition (**Favier, 2006**).

Selon leur mode d'action, les antioxydants sont classés en deux systèmes :

- **Système de défense primaire** : comme la catalase, le glutathion(GSH).Ces antioxydants préviennent la production des espèces réactives oxygénées (ROS) en limitant la phase d'initiation des réactions d'oxydation. « Ils agissent donc en prévention »
- **Système de défense secondaire** : à titre exemple les tocophérols, sont capables de piéger directement les radicaux oxydants et sont ainsi des antioxydants « briseurs » de la chaine radicalaire bloquant ainsi les réactions de propagation (**Buettner, 1993**).

3. Classification des antioxydants

Les antioxydants sont classés selon leur origine en antioxydants naturels ou synthétiques.

3.1. Antioxydants synthétique

Les antioxydants synthétique sont des composés produits artificiellement et ajouter aux aliments transformés ou préemballés pour prévenir le rancissement et le brunissement. Les antioxydants synthétique les plus utilisé sont l'hydrox-anisolbutylé(**BHA**), l'hydroxytoluènebutylé(**BHT**), la tert-butylhydroquinone(**TBHQ**) (**Mbahet al., 2019**).

3.2. Antioxydants naturels

Afin de remplacer les antioxydants synthétique, différentes composés naturels peuvent être utilisés comme antioxydants, les antioxydants naturels sont reconnus comme élément important d'une alimentation saine, ils peuvent être soit sous forme d'extrait pur, d'un mélange de composant actifs, ou bien d'une poudre des grains, feuilles,...etc. Ces antioxydants sont produits dans les cellules vivantes pour maintenir un équilibre délicat d'oxydoréduction dans le processus de métabolisme des nutriments et de la fonction immunitaire.Ils sont subdivises en trois grands groupes tels que, les composés phénoliques (principalement les acides phénolique, les flavonoïdes, les tanins), les vitamines et les caroténoïdes (**Namzeret al.,2019**).Dans le **tableau Ide l'annexes**ont résumés les principaux antioxydants naturels.

IV. Friture

1. Définition de la friture

La friture est l'une des plus anciennes méthodes de cuisson des aliments, elle se fait à des températures supérieures au point d'ébullition de l'eau entre 140°C-190°C (**Torres gonzalez et al., 2018**).

La friture est l'opération qui permet, en seul et même étape, de déshydrater, cuire et texturer les aliments ; elle permet l'imprégnation en matière grasse, une perte de solutés propres et un développement d'arôme (**Vitrac et al., 2003**).

La friture est utilisée principalement pour réaliser des transformations qui augmentent :

- La digestibilité des aliments en facilitant leur trituration et assimilation du fait de la gélatinisation des protéines et de l'amidon ;
- La qualité sensorielle des aliments par le développement de texture, de couleur et de flaveur ;
- La stabilisation de matières premières ou aliments par l'abaissement de la teneur en eau du matériau et l'inactivation des micro-organismes (**Trystram, 2010**).

2. Différents types de friture

2.1. Friture profonde

La friture profonde, consiste en l'immersion dans un bain d'huile à des températures qui varient de 140°C à 190°C, la durée du traitement est, en un ou deux bains, séparée de une à quelques minutes (**Trystram, 2010**).

2.2. Friture plate

La friture plate est caractérisée par une proportion faible d'huile par rapport à l'aliment un contact important avec l'air, qui privilégie les réactions d'oxydation, avec un temps de cuisson relativement modéré (quelque minute) et une température de 140°C à 160°C (**Combe et Rossignol –Castera, 2010**).

3. Réactions de dégradation de l'huile durant la friture

Pendant la friture, diverses réactions provoquant un éventail de changement physico-chimique. En présence d'oxygène provenant de l'air ou du produit, de l'humidité des aliments et d'une température élevée, l'huile subit principalement trois réactions d'altération (**Dana et Saguy, 2001**).

3.1. Réactions d'oxydation

Au contact de l'air, les AG ont tendance à s'oxyder. En effet, les doubles liaisons attirent les molécules d'oxygène (**Bouras, 2004**). Les réactions d'oxydations provoquent l'apparition d'arômes et des changements de couleur, souvent indésirables, dans les huiles de friture ou dans les produits frits. Les cations métalliques comme le fer ou le cuivre peuvent aussi initier et accélérer les réactions d'oxydations (**Vitrac et al., 2003; Gornay, 2006**). Les étapes de l'oxydation sont représentées dans la **Figure 1 de l'annexe**.

3.2. Réactions de polymérisation

Les réactions de polymérisation des acides gras insaturés et de leurs glycérides ne se produisent que sous l'effet de températures élevées. Ces réactions produisent des réarrangements inter intramoléculaires qui sensibilisent l'huile de friture à l'oxydation et conduisent à l'augmentation de la viscosité apparente des huiles. Des composés semblables à des résines peuvent alors mousser à la surface du bain et sur la paroi (**Vitrac et al., 2003 ; Gornay, 2006**). Les réactions de polymérisation sont représentées dans la **Figure 2 de l'annexe**.

3.3. Réactions d'hydrolyse

L'hydrolyse des triglycérides est due à la présence d'humidité dans les aliments pendant la cuisson, elle conduit à la formation des acides gras libres, des monoglycérides et diglycérides. Les acides gras insaturés dans les glycérides sont susceptibles d'être oxydés à des températures élevées (**Zeľeňáková et al., 2019**). Les réactions de d'hydrolyse sont représentées dans la **Figure 3 de l'annexe**

V. Datte

1. Généralité sur la datte

La datte est un fruit de palmier dattier (*Phoenixdactylifera*L), provient du mot«phœnix» qui signifie dattier chez les phéniciens et dactyliferadériver du terme grec«dactulos»signifiant doigt, allusion faite à la forme du fruit (Mimouni, 2015). Elle a une grande importance économique pour beaucoup de pays aride et chauds, il est considérée comme la composante principale de l'écosystème oasien (Guettouchi, 2017). La classification de palmier dattier est représentée dans le **Tableau II de l'annexe**.

La datte est une baie de forme allongée, oblongue ou arrondie, ayant une seule graine (appelée noyau) (Boujnah etHarrak, 2012).

La datte est constituée de deux parties :

- Une partie non comestible de la datte, formée par la graine ou le noyau
- Une partie comestible dite chair ou pulpe qui est constituée de :
 - Un péricarpe ou enveloppe cellulosique fine dénommée peau ;
 - Un mésocarpe généralement charnu qui est constitué de 80% de sucre et de 20% de fibre diététiques, protéines, lipides et cendres ;
 - Un endocarpe qui est une membrane parcheminée, de texture fibreuse entourant le noyau (Boujnah etHarrak, 2012 ; Adrar, 2016 ; Metouiet *al.*, 2019).

2.Composition biochimique de la datte

Les dattes contiennent un large éventail de fonctions et de nutriments, ils sont une bonne source de sucre digestible.en effet, la datte est riche en fibres alimentaires, protéines, matières grasses et minéraux tels que le potassium, le calcium, le magnésium et le fer, ainsi que des vitamines et des acides aminés elles contiennent également des composant bioactifs tels que les anthocyanes, les caroténoïdes, les procyanidineset les flavonoïdes. Sa composition chimique peut varier en fonction de cultivar, stade de développement du fruit et les conditions agro-climatiques (Alahyaneet *al.*, 2019).La teneur de composition biochimique de la datteestreprésentée dans le **Tableau II**.

Tableau II : composition biochimique de la datte (Alhayaneet al., 2019 ; Metouiet al., 2019).

| <i>Composition</i> | <i>Teneur</i> |
|----------------------------|-------------------------|
| <i>Sucre</i> | 52,6-88,6% |
| <i>Fibres alimentaires</i> | 3,57-10,9% |
| <i>Protéines</i> | 1,1-2,6% |
| <i>Matière grasse</i> | 0,1-1,4% |
| <i>Cendres</i> | 0,9-1,8% |
| <i>Humidité</i> | 03,01 à07, 01% |
| <i>Polyphénol</i> | 3,102-4,430 mg EAG/100g |

3. Noyaux de datte

3.1. Définition et description de noyau de dattes

Le noyau de datte (ou graine) est de forme allongée et de grosseur variable .Son poids moyen est d'environ un gramme, il représente 7 à 30% du poids de la datte. Le noyau de datte, enveloppé dans l'endocarpe membraneux, est constitué d'un albumen corné d'une consistance dure protégé par une enveloppe cellulosique (Ben Abes, 2011 ;Meroufel, 2015 ; Adrar, 2016).La présentation morphologie de noyau de datte est représentée dans la **Figure 5**.

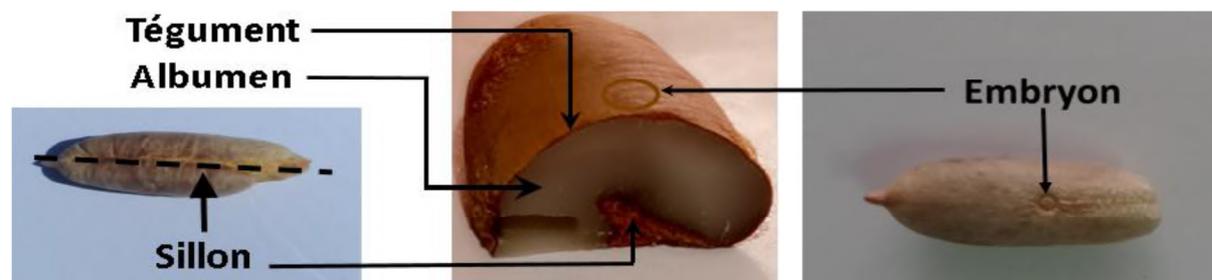


Figure 5 : Présentation morphologique du noyau de datte (Benmehdi et al., 2019).

3.2. La composition biochimique des noyaux de dattes

Le noyau de datte riche en sucres, en minéraux en particulier le fer, en lipide et en protéines, les acides gras présent dans le noyau de datte sont l'acide oléique, palmitique, l'aurique, linoléique mis en évidence dans l'huile extraite des graines, eau et cendre (Ben Abes,2011 ;Mkaouar et Kechaou, 2013 ; Boussena et Khali, 2016).Le tableau suivant présent les principaux constituants des noyaux de datte.

Tableau III: Les principaux constituants des noyaux de datte (Boujnah et Harrak, 2012 ; El hadrami et Al-Khayri, 2012).

| Composition | Teneur |
|---------------------|-----------------------|
| Sucre | 52,60-88,60% |
| Fibres alimentaires | 3,57-10,90% |
| Protéines | 1,10-2,60% |
| Matière grasse | 0,10-1,40% |
| Cendres | 0,90-1,80% |
| Humidité | 03,01 à 07, 01% |
| Polyphénol | 3,10-4,43 mg EAG/100g |

3.3. Transformation de la datte et de son noyau

Les dattes font partie de l'alimentation humaine depuis plus de 6000 ans et elles contiennent des taux élevés en glucides, protéines, vitamines, fibres alimentaires et minéraux essentiels et antioxydants, tandis qu'elles contiennent peu de matières grasses. La valeur nutritive de ce fruit consommé frais ou sous forme dérivés est important dans le monde entier (El hadrami et Al-Khayri, 2012).

Les noyaux de datte sont recommandés dans le traitement des maladies rénales, les infections biliaires et les maladies de la peau (Baafou et Salmi, 2020). Les opérations de transformation de la datte et de noyaux sont :

- La pulpe des dattes et introduit dans la fabrication de ; Alcool, Vinaigrier, d'acide citrique, de Biomasse, de Protéines, de Jus de datte, d'aliments de bétail, de Confiserie, et autres ...
- Le noyau de datte et valorisé comme Extrait fonctionnels, Huile de noyaux et aliments bétails. (Boujnah et Harrak, 2012).

Matériel et Méthodes



I. Matériel végétal

1. Choix de la variété de noyaux de datte

Les noyaux étudiés proviennent des dattes de la variété *Mech-degla* algérienne localisée au sud de la wilaya d'Ouargla. Les échantillons sont achetés au niveau de la wilaya de Bejaia.

1.2. Présentation de la variété

La datte *Mech-degla* est de forme sub-cylindrique, légèrement allongée et aplatie à la base. À maturité, elle est plutôt beige clair teintée d'un marron peu prononcé. Son épicarpe est ridé, peu brillant et cassant. Le mésocarpe est peu charnu, de couleur blanche, de consistance sèche et de texture farineuse (Dakhia *et al.*, 2016). Les dattes ainsi que les noyaux sont présentés dans la photo de **Figure 6**.



Figure 6 : Photographie des dattes et de leurs noyaux.

2. Préparation de l'échantillon

2.1. Préparation des noyaux de datte

Les noyaux de dattes sont séparés facilement de la pulpe, à la main, ils sont lavés à l'eau distillée, puis séchés dans une étuve à 40 C° pendant 24 heures. Une fois séchés les noyaux sont broyés à l'aide d'un broyeur à meules à fin d'avoir des petits fragments qui sont à leur tour broyés à l'aide d'un broyeur électrique la poudre ainsi obtenue est tamisée pour obtenir une poudre fine < à 250 µm. La poudre obtenue est présentée dans la **Figure 7**.



Figure 7: Poudre de noyaux de datte.

3. Choix de l'huile

Le choix de l'huile repose sur un compromis entre qualité nutritionnelle, stabilité, qualité gustative et prix. Plus la proportion acide gras poly-insaturé (d'AGPI) est importante, plus l'huile est intéressante sur le plan nutritionnel mais plus elle se dégradera vite (**Combe et Rossignol- Castera, 2010**).

Pour cette étude nous avons opté pour l'utilisation de l'huile de soja raffinée, ce choix c'est fait par rapport à sa composition en acide gras polyinsaturé, ainsi que sa richesse en acide linoléique (18:3 n-3) en plus de l'acide linoléique(18 :2 n-2).

4.Choix de l'aliment

Notre friture a été réalisée avec la pomme de terre pour les raisons suivantes :

- Grande utilisation domestique et collective ;
- Composition simple riche en glucides (majoritaire en amidon) et faible teneur en protéine et lipides ;
- Le prix et la disponibilité sur le marché nationale.

II. Méthodes

1. Extraction des composés phénoliques

Pour extraire les composés phénoliques des noyaux de dattes, nous avons opté pour une extraction par macération à une température ambiante et par épuisement. Le protocole expérimental adopté est celui de **Chouguet *al.*, (2015)**. 10g de poudre sont macérées dans 100ml d'éthanol 70%, à une température ambiante pendant 2h sous agitation. Le mélange est filtré à l'aide d'un papier filtre whatman n°1. Les résidus récupérés ont subi une deuxième puis une troisième extraction avec 50ml d'éthanol 70% pendant 1 heure sous agitation.

Les trois filtrats sont rassemblés et le solvant est évaporé à l'aide d'un évaporateur rotatif du type BUSHI (SWITZERLAND). L'extrait des noyaux de dattes récupéré est ensuite lyophilisé et conservé dans un petit flacon en verre fumé jusqu'à son utilisation.

2. Enrichissement de l'huile de soja

L'enrichissement de l'huile est effectué en utilisant deux concentrations différentes de l'extrait de noyau de datte [D1] et [D2] [D1 < D2], une quantité d'extrait lyophilisé de noyau de datte est ajoutée à 2kg de l'huile de soja de façon à obtenir les concentrations désirées. Les échantillons sont agités pendant 30 minutes, puis subissent une sonication pendant 10 minutes pour une dissolution complète.

3. Procédure de friture

Nous avons réalisé deux séries de friture une série avec frite (la pomme de terre soit coupée de sorte avoir les mêmes dimensions) et l'autre sans frite avant et après l'ajout de l'extrait de noyaux de datte.

❖ La première friture sans frite

Nous avons chauffé 2500ml d'huile dans une friteuse pendant 6 minutes à une température de 180 °C, mesurée par un thermomètre, après refroidissement un volume de 100ml est prélevé dans un flacon opaque et mis à l'obscurité et au froid dans l'attente des analyses. Les prélèvements se font à la 1^{ère}, 5^{ème}, 10^{ème}, 15^{ème}, 16^{ème}, 17^{ème} et 18^{ème} friture.

❖ **La deuxième friture avec frite**

Nous avons chauffé 2000ml d'huile dans une friteuse, jusqu'à l'obtention d'une température de 180C° puis on a introduire 200g de frite et les faire cuir pendant 6 min, on stoppe la friture et enlever les frites, après refroidissement un volume de 100ml est prélevé dans un flacon opaque. Peser l'huile et déterminer la quantité de frite de sorte à avoir un rapport quantité huile sur la quantité de frite égale 100g / l ensuite on procédela deuxièmefritureainsi de suite jusqu'à à la 18^{ème} friture,les rapports huile/pomme de terre est illustré dans le tableau suivant.

Tableau IV: Le rapport huile /pomme de terre pendant le procédé de friture.

| | Huile non enrichie (D0) | | Huile enrichie à D1 | | Huile enrichie à D2 | |
|-----|-------------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|---------------------|----------------------------|
| | Volume d'huile (ml) | Poids de pomme de terre(g) | Volume d'huile (ml) | Poids de pomme de terre(g) | Volume d'huile (ml) | Poids de pomme de terre(g) |
| F1 | 2000 | 200 | 1892 | 189.2 | 1800 | 180 |
| F5 | 1816 | 181.6 | 1739 | 173.9 | 1650 | 165 |
| F10 | 1643 | 164.3 | 1597 | 159.7 | 1517 | 151.7 |
| F15 | 1476 | 147.6 | 1463 | 146.3 | 1380 | 138 |
| F16 | 1377 | 137.7 | 1359 | 135.9 | 1271 | 127.1 |
| F17 | 1273 | 127.3 | 1247 | 124.7 | 1161 | 116.1 |
| F18 | 1160 | 116 | 1140 | 114 | 1057 | 105.7 |

4. Détermination des paramètres physico-chimiques**4.1. Détermination de L'acidité [NA.273/1990]****❖ Définition**

L'acidité est l'expression conventionnelle en pourcentage d'acides gras libres selon la nature du corps gras, elle est exprimée en pourcentage d'acide oléique.

❖ Principe

Mise en solution d'une prise d'essai dans un mélange de solvant, puis titrage des acides gras libres à l'aide d'une solution éthanolique d'hydroxyde de potassium NaOH en présence de phénophtaléine comme indicateur coloré.

❖ Mode opératoire

Peser 10g d'huile à analyser dans une fiole conique de 250ml, ajouter 75ml d'alcool neutralisé par une solution soude (0.0365N) en présence de phénophtaléine. Chauffer et agiter jusqu'à dissolution de l'huile, puis titrer avec une solution de la soude (NaOH) (0.0365N) jusqu'à coloration rose pale.

❖ Expression des résultats

$$A(\%) = (V \times N \times M) / 10 \times m$$

A : acidité exprimée en pourcentage.

V : Volume en (ml) de la solution NaOH utilisé pour le titrage.

N : normalité de la solution NaOH qui égale à 0.0365N.

m : masse en (g) de la prise d'essai.

M : masse molaire de l'acide oléique (282g/mol).

4.2 .Détermination de l'indice de peroxyde [NA.274/1990]**❖ Définition**

L'indice de peroxyde est le nombre milliéquivalents d'oxygène actif par kilogramme de corps gras oxydant l'iodure de potassium avec libération de l'iode .il donne une évaluation sur la quantité de peroxydes présentes dans un corps gras.

❖ Principe

Traitement d'une prise d'essai en solution dans l'acide acétique et du chloroforme par une solution d'iodure de potassium, l'iode libère est titre par une solution de thiosulfate de sodium.

❖ Mode opératoire

Peser 2g de l'huile à analyser, dans un érlenmeyer à col rodé muni d'un bouchon, ajouter 15ml d'acide acétique et 10ml de chloroforme, bien mélangé. rajouter 1ml de KI (iodure de potassium), boucher immédiatement et agiter pendant une minute, laisser le flacon durant 5 minutes à l'abri de la lumière, puis ajouter 75ml d'eau distillée en agitant vigoureusement et en présence de quelques gouttes d'empois d'amidon comme indicateur coloré, enfin titrer l'iode libéré avec la solution de thiosulfate de sodium à 0,002N jusqu'à décoloration complète.

❖ Expression des résultats

$$I_p = [(V-V_0) \times N \times 1000] / m$$

I_p : indice de peroxyde en milliéquivalent d'oxygène /Kg de CG.

V : volume de la solution $Na_2S_2O_3$ utilisée pour le titrage.

V_0 : volume de la solution $Na_2S_2O_3$ utilisée pour l'essai à blanc.

N : normalité de la solution de thiosulfate de sodium (0,002N).

m : masse de la prise d'essai en (g).

4.3 Détermination de la couleur [NA. 270-1990]**❖ Définition**

La couleur joue un rôle important dans l'évaluation de la qualité d'un aliment. En effet, elle est liée aux principaux constituants qui sont déterminées à leur maximum d'absorption. On utilise pour cette détermination un colorimètre « LOVIBOND ».

❖ Principe

Cette méthode consiste à faire une comparaison entre la couleur de la lumière transmise à travers une certaine couche d'huile et la couleur de la lumière provenant toujours de la même source transmise à travers les lames colorées standardisées.

❖ Mode opératoire

Verser l'échantillon à analyser dans une cellule (1pouce), déterminer la couleur correspondante en faisant la comparaison avec les lames de couleurs standard (réglage de deux faces observées jusqu'à obtention de la même couleur de deux côtés).

❖ Expression des résultats

Détermination de la couleur de l'échantillon consiste à lire sur la planche les valeurs.

4.4. Détermination du coefficient d'extinction spécifique dans l'ultraviolet**❖ Principe**

Cette analyse consiste à déterminer les coefficients d'extinction K₂₃₂ et K₂₇₀ calculés à partir de l'absorption à 232 et 270 nm qui correspondent à l'absorbance des hydroperoxyde et des produits secondaires d'oxydation, respectivement (**Alaiset al., 1999**).

❖ Mode opératoire

Le coefficient d'extinction spécifique est déterminé selon la méthode officielle décrite par le **COI (1996)**. Après avoir filtré les échantillons d'huiles via le sulfate de sodium anhydre, une solution à 1% d'huile dans le cyclohexane. La lecture s'est faite dans des cuves en quartz de parcours optique de 1 centimètre aux longueurs d'onde de 232 et 270 nm en employant comme blanc le cyclohexane.

❖ Expressions des résultats

Les extinctions spécifiques rapportées aux différentes longueurs d'onde sont calculées comme suit :

$$E = A_{\lambda} / C \times l$$

E : extinction spécifique à la longueur d'onde λ ;

A_{λ} : absorbance mesurée à la longueur d'onde λ ;

C : concentration de la solution en gramme par 100 millilitres ;

L : épaisseur de la cuve en centimètre (1 cm).

Résultats et discussion



I. Paramètres physico-chimiques de l'huile de soja

Les résultats des analyses de l'huile de soja raffinée avant enrichissement et friture sont représentés dans le **Tableau V**.

Tableau V: Les analyses physicochimiques de l'huile de soja raffiné.

| Les paramètres | Huile de soja | Norme |
|------------------------------------|--------------------------------|---|
| Acidité | 0.1 | <0.2 Na273/1990 |
| Indice de peroxyde Még/Kg | 0.4 | <10 Na274/1990 |
| Couleur R+J | 0.4 | <0.5 Na2221/1991 |
| Extinction spécifique dans l'UV | 3.140 à 232nm 3.080 à 270nm | Plus les valeurs faible plus il est meilleur |

Les valeurs trouvées des paramètres physicochimique de l'huile de soja avant l'enrichissement et avant les fritures aux normes fixées, ces résultats confirment que l'huile est conforme et que le procédé de raffinage de cette huile a été réalisé dans les bonnes conditions.

II. Paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours des fritures

L'altération des huiles au cours des fritures répétées se manifeste par la détérioration de leur qualité organoleptique. Les aspects retenus lors des fritures sont dressés dans le **Tableau** **V**ici-dessous.

Tableau VI: Les paramètres organoleptiques de l'huile de soja au cours de fritures.

| Huile/paramètre | | Nombre de friture | | | | | | |
|-----------------|---------------------|----------------------|--------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|
| | | F1 | F5 | F10 | F15 | F16 | F17 | F18 |
| HT | Couleur d'huile | Claire | claire | Moins claire | Brun | Brun foncée | Brun foncée | Brun foncée |
| | Odeur perçue | Caractéristique C | C | piquante | + | ++ | +++ | +++ |
| | Apparition de fumée | (absence de fumée) - | - | - | - | - | - | - |
| HEND1 | Couleur d'huile | Claire | Claire | Claire | Moins claire | Moins claire | Moins clair | Brun |
| | Odeur perçue | Caractéristique C | C | C | P | + | ++ | ++ |
| | Apparition de fumée | | - | - | - | - | - | - |
| HEND2 | Couleur d'huile | Claire | claire | Claire | Moins claire | Moins claire | Moins claire | Brun |
| | Odeur perçue | C | C | C | P | P | + | ++ |
| | Apparition de fumée | - | - | - | - | - | - | - |

HT : huile témoin

HEND1 : huile enrichie à l'extrait de noyau de datte à la concentration 1

HEND2 : huile témoin enrichie à l'extrait de noyau de datte à la concentration 2.

C : caractéristique ; p : piquant ; ++ : désagréable.

L'odeur du bain d'huile est la première modification observée ; l'odeur émanant du bain change, elle devient piquante à la 10^{ème} friture pour l'huile non enrichie et désagréable dés la 15^{ème} friture. Concernant les huiles enrichies, l'odeur est piquante à la 15^{ème} friture pour l'huile

enrichie et devient désagréable à la 17^{ème} et 18^{ème} fritures pour les huiles D1 et D2, respectivement.

Le changement de couleur du bain début pour l'huile non enrichie vers la 10^{ème} friture et s'intensifie pour devenir brun à la 15^{ème} friture. Pour les huiles enrichies la première modification de la couleur du bain est observée vers la 15^{ème} friture pour devenir brun à la 18^{ème} friture.

Pour toutes les huiles aucun dégagement de fumée n'est observé durant tous les cycles des fritures.

En plus de ces caractères organoleptiques de l'huile on remarque à partir de la 15^{ème} friture un changement de la couleur de l'aliment pour l'huile non enrichie, et un faible changement pour l'HEND1, tandis que pour l'HEND2 nous n'avons observé aucun changement de couleur de l'aliment durant tout le cycle de friture.

L'altération de cet aspect organoleptique indique une détérioration du profil des critères physicochimiques, conséquent du déroulement des réactions thermo-oxydatives. Le contenu en composés phénoliques, diminuent avec le déroulement de la friture ; ces composés mineurs sont extrêmement sensibles à la lumière et surtout à la chaleur (température élevées).

Le retard de la détérioration de notre huile enrichie par rapport à l'huile non enrichie est dû probablement à l'ajout des extraits de noyaux de datte qui ont protégé l'huile de l'oxydation ce qui indique que les noyaux de datte de la variété *Mech-Degla* ont un effet retardataire sur l'oxydation de l'huile.

Par comparaisons entre les modifications des huiles, on remarque que les caractères organoleptiques sont plus conservés pour l'HEND2.

III. Analyses physico-chimiques de l'huile au cours des fritures

1. Acidité de l'huile chauffée à 180°C

L'acidité nous renseigne sur le taux d'acides gras libres présent dans l'huile et permet d'estimer le degré d'altération hydrolytique (Kpoviessiet *al.*, 2004).

1.1. Acidité de l’huile de friture sans aliment

La figure 8 indique l’évolution de l’acidité pour l’huile de soja non enrichie avec l’extrait de noyau de datte (D0) et l’huile enrichie avec l’extrait de noyau de datte à D1 et D2 au cours de la friture sans aliment.

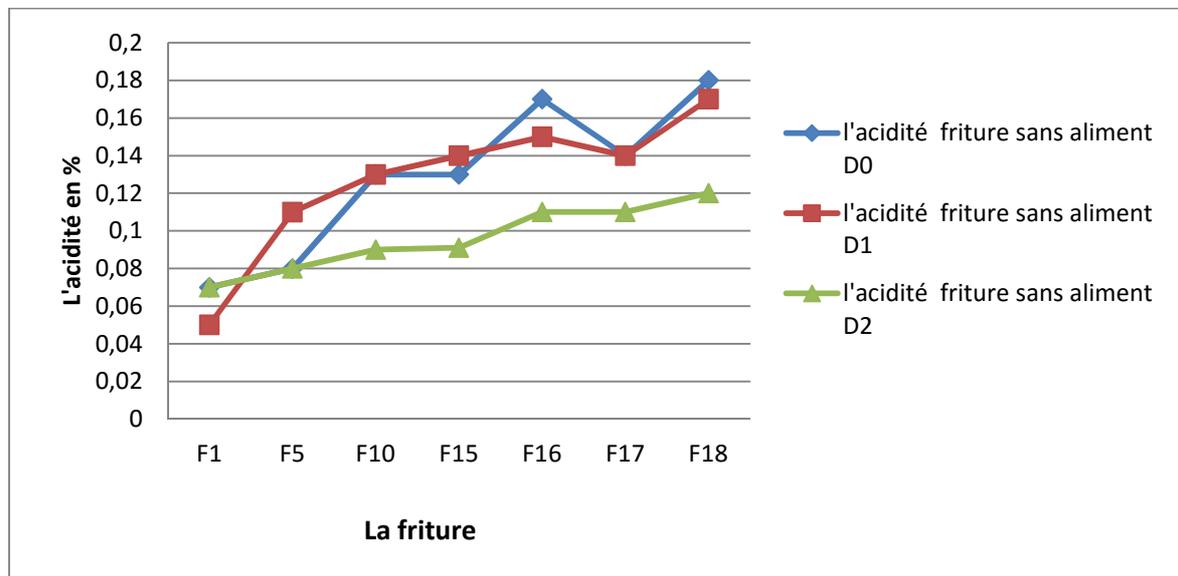


Figure 8 : L’évolution de l’acidité de l’huile témoin (D0) et l’huile enrichie à l’extrait de noyau de datte (D1 et D2) au cours du chauffage à 180C° sans aliment.

L’acidité de l’huile de soja enrichie à D1 et D2 augmente en fonction du nombre de friture, même avec l’huile non enrichie.

L’acidité de l’HNED1 passe de (0.05%±0) à la première friture pour atteindre (0.17%± 0,01) à F18. Pour l’HNED2 passe de (0.06%±0.015) à F1 pour atteindre (0.12%±0.015) à F18. Tandis que l’huile de soja non enrichie (D0) passe de (0.06% ±0.015) à la première friture pour atteindre (0.18%±0,015) à F18. Cette dernière est plus élevée que celle avec l’huile enrichie de noyau de datte à D2 et D1 et ces valeurs sont inférieures à la norme 0.2% (Na 273/1990).

On constate une meilleure évolution de l’indice d’acidité pour l’huile enrichie avec D2 que l’huile enrichie D1.

L’augmentation de l’acidité peut s’expliquer par la thermo-oxydation de l’huile, et par la libération continue d’acides gras par hydrolyse durant les fritures répétées (Bouregghdaet al., 2013).

1.2. Acidité de l’huile de friture avec aliment

La figure9 indique l'évolution de l'acidité pour l'huile de soja non enrichie avec l'extrait de noyau de datte (D0) et l'huile enrichie avec l'extrait de noyau de datte à D1 et D2 avec aliment.

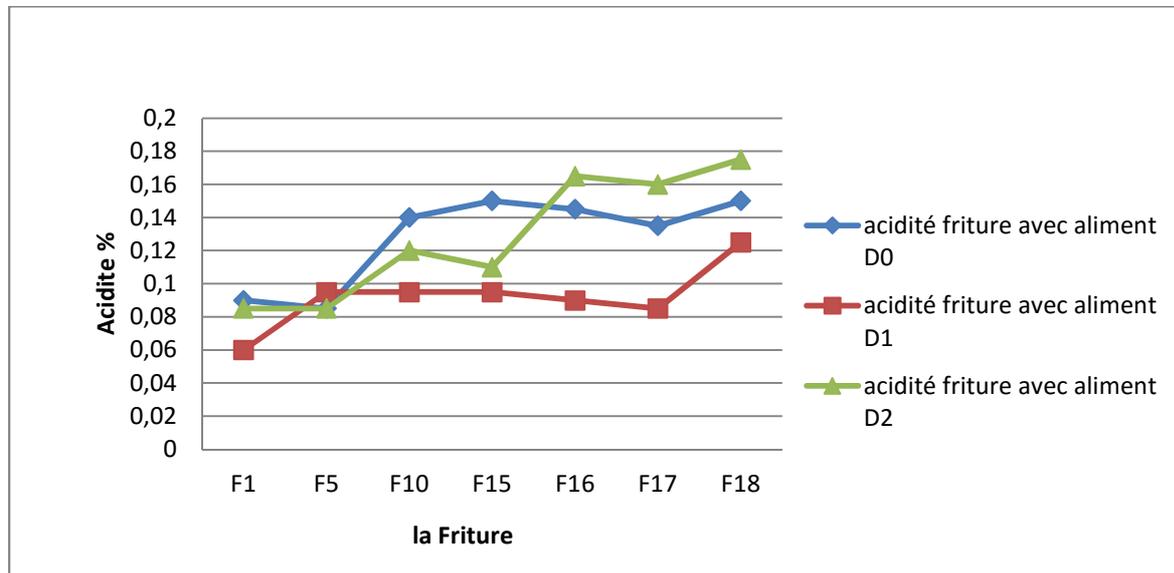


Figure 9: L'évolution de l'acidité (témoin(D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours du chauffage à 180°C° avec aliment.

L'acidité de l'huile non enrichie (D0), augmente de la première friture de 0.09%±0.01 à 0.15%±0.01 pour la F18 et on remarque une baisse à la 16^{ème} friture (0.145% ± 0.005) et à la 17^{ème} friture (0.135%±0.005).

Pour l'HEND1, l'acidité augmente de (0.06%±0.01) à la première friture pour atteindre (0.123%±0.005) à la F18 et aussi on remarque une baisse à la 16^{ème} friture (0.09% ± 0.01) et 17^{ème} friture (0.085% ± 0.005).

Pour l'HEND2, les valeurs d'acidité passent de (0.085%±0.005) à la première friture à (0.175%±0.015) pour la F18. Cette dernière est plus élevée que celle de l'HEND1 et l'huile D0.

Cette augmentation est due à la présence d'eau dans le bain de friture apportée par l'aliment frit (pomme de terre) et les hautes températures appliquées (180°C). Ceci provoque les réactions d'hydrolyse des triglycérides contenues dans l'huile qui libèrent les acides gras libres, augmentant ainsi leur teneur dans le bain (Wassef et Nawar, 1996 ; Gertz et Kochhar, 2001).

La baisse de l'acidité peut être attribué d'une part au chauffage qui favorise l'évaporation des acides gras volatils, réduisant du même coup les fonctions acides titrables ; d'autre par la polymérisation des acides gras qui prend place pendant le chauffage de l'huile qui bloquent certain fonctions acides (Ndjouenkeu et Ngassoum, 2002).

Par comparaison entre les valeurs maximales de ce paramètre on remarque que l'acidité est plus conservée lorsque l'on enrichie l'huile avec l'extrait de noyaux de dattes à la concentration D1 que D2.

2. L'indice de peroxyde de l'huile chauffée à 180°C

L'indice de peroxyde (Ip) est un critère très utile pour apprécier les premières étapes d'une altération oxydative. En effet, cet indice s'intéresse au nombre d'oxygène actif dans les chaînes organiques d'une huile. Cet oxygène actif peut être sous forme d'époxydes ou sous forme d'hydroperoxyde. La détermination de (Ip) est exprimé en méqd'O₂/kg d'un corps gras (Nayaket *al.*, 2015).

L'effet de la friture sur l'indice de peroxyde de l'huile de soja (enrichie ou non avec l'extrait de noyaux de datte) a été étudié par un suivi de son évolution au cours des fritures qui est illustré dans les **figures 10 et 11**.

2.1. L'indice de peroxyde de l'huile sans aliments

La figure 10 indique l'évolution de l'indice de peroxyde (Ip) pour l'huile de soja non enrichie avec l'extrait de noyau de datte (D0) et l'huile enrichie avec l'extrait de noyau de datte à D1 et D2 au cours de la friture sans aliment.

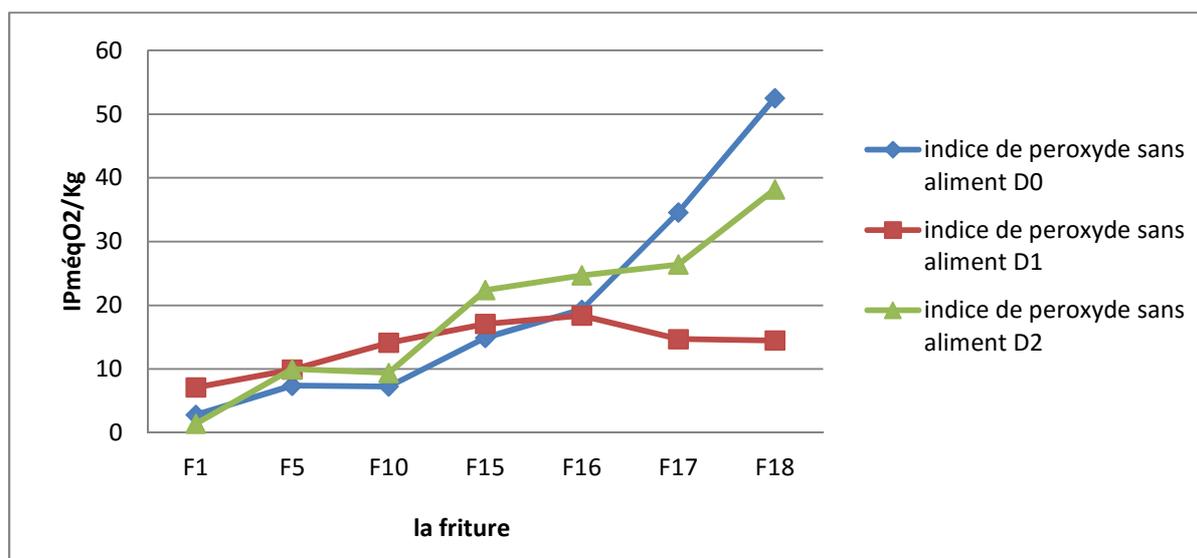


Figure 10: L'évolution de l'indice de peroxyde (témoin (D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours du chauffage à 180C° sans aliment.

Pour D0 l'Ip augmente au fur et à mesure que le nombre de fritures augmente, il débute à partir de $(2.8\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.34) < 10\text{mgO}_2/\text{Kg}$ (la norme Na274/1990) pour la F1. Les valeurs d'Ip sont dans les normes jusqu'à F10 ($7.26\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.30$) puis à partir de F15 les valeurs dépassent la norme ($19.33\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 1.51$). À la 18^{ème} friture, l'indice de peroxyde atteint une valeur de $(52.53\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 4.16)$ pour la F18.

Pour l'HEND1 les valeurs d'Ip sont dans les normes pour la F1 ($7.13\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.90$) et F5 ($9.93\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 1.33$), puis dépassent les normes pour le reste des fritures. L'Ip augmente pour atteindre une valeur max à la F16 ($18.4\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.4$), puis il diminue jusqu'à $(14.48\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.27)$ pour la F18.

Pour l'HEND2 la valeur minimale est de $(1.4\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.2)$ pour la F1 puis augmente à $(10\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 0.2)$ pour la F5 et il diminue à la 10^{ème} friture ($9.4\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 1.6$) puis augmente une autre fois pour atteindre $(38.2\text{mgO}_2/\text{Kg} \pm 1)$ à la 18^{ème} friture.

2.2. L'indice de peroxyde de l'huile avec l'aliment

La figure 11 indique l'évolution de l'indice de peroxyde pour l'huile de soja non enrichie (D0) et l'huile enrichie avec l'extrait de noyau de datte à D1 et D2 au cours des fritures avec aliment.

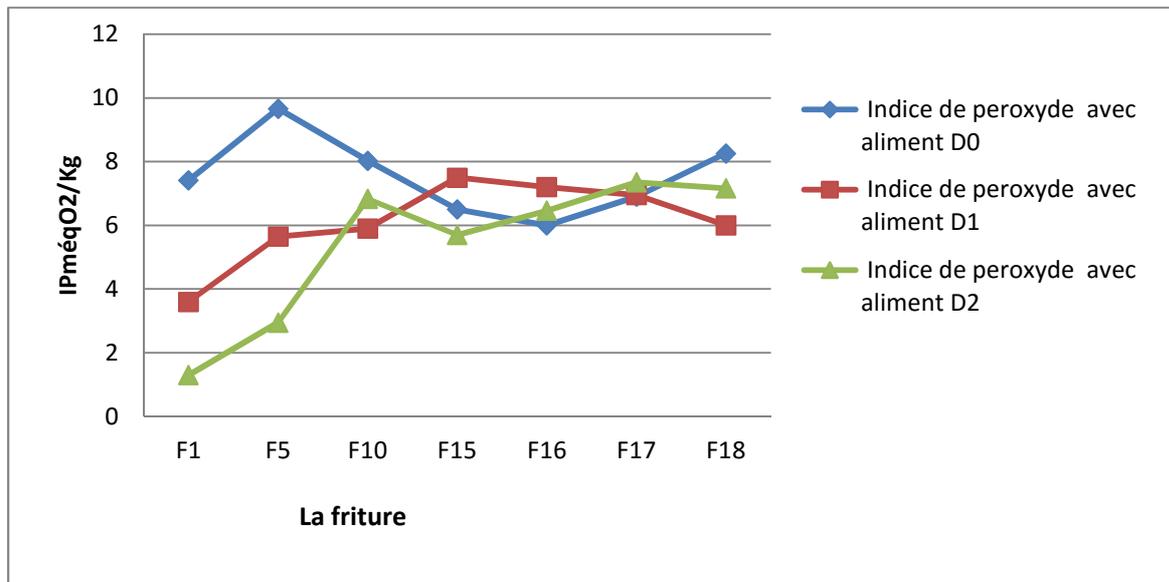


Figure11 : L'évolution de l'indice de peroxyde (témoin (D0) et l'huile+ extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours du chauffage à 180C° avec aliment.

Pour l'huile non enrichie l'Ip augmente de (7.41méqO2/Kg±0.38) pour F1 jusqu'à (9,66méqO2/Kg ± 1,15) à la F5 puis il diminue jusqu'à la F16 (6méqO2/Kg ± 0,01) pour augmenter à nouveau jusqu'à(8.26méqO2/Kg±0.32) pour la F18.

L'HEND1 enregistre une valeur minimal à la première friture (3.6méqO2/Kg±0.4), plus élevée par rapport à l'HEND1 chauffée sans aliment, qui augmente progressivement pouratteindreune valeur (7.5méqO2/Kg±0) pour la F15 puis diminue pour atteint (6méqO2/Kg±0.1)pour la 18^{ème} friture.

Enfin pour l'HEND2 l'Ipdebute à partir de(1.3méqO2/Kg±0) pour F1 puis augmente jusqu'à (6.83méqO2/Kg± 0.28) pour F10 puis diminue pour la F15(5,7méqO2/Kg ± 0,2) pour réaugmenter jusqu'à la F18 avec une valeur maximal de (7.16 méqO2/Kg ± 0,28) à la 17^{ème} friture.

Généralement, on remarque des valeurs faibles de l'indice de peroxyde obtenues pour les huiles enrichies par l'extrait de noyaux de datte (D1et D2) comparées aux témoins (D0) ce qui indique l'efficacité de notre extrait (D2 meilleure que D1)dans la prévention de l'oxydation des huiles lors de la friture sans aliment et avec aliment.

L'augmentation des valeurs de l'indice de peroxyde est expliqué par la formation des peroxyde (des composés primaires) pendant le procédé de friture, qui est dû à l'exposition des huiles à des hautes températures en présence de l'air qui favorise les réactions d'oxydation

(White et Miller, 1988 ; El-Shamiet *al.*, 1992 ; Saguyet *al.*, 1998 ; Osawa *et al.*, 2012). Ces composés sont très instables à des températures élevées, ce qui donne naissance à des composés secondaires tels que les aldéhydes et les cétones ce qui explique la diminution de cet indice (Vitrac *et al.*, 2003).

3. La couleur de l'huile sans et avec aliment chauffée à 180°C

Les graphes des figures 12 et 13 représentent l'évolution de la couleur en fonction du nombre de fritures sans et avec aliment, respectivement.

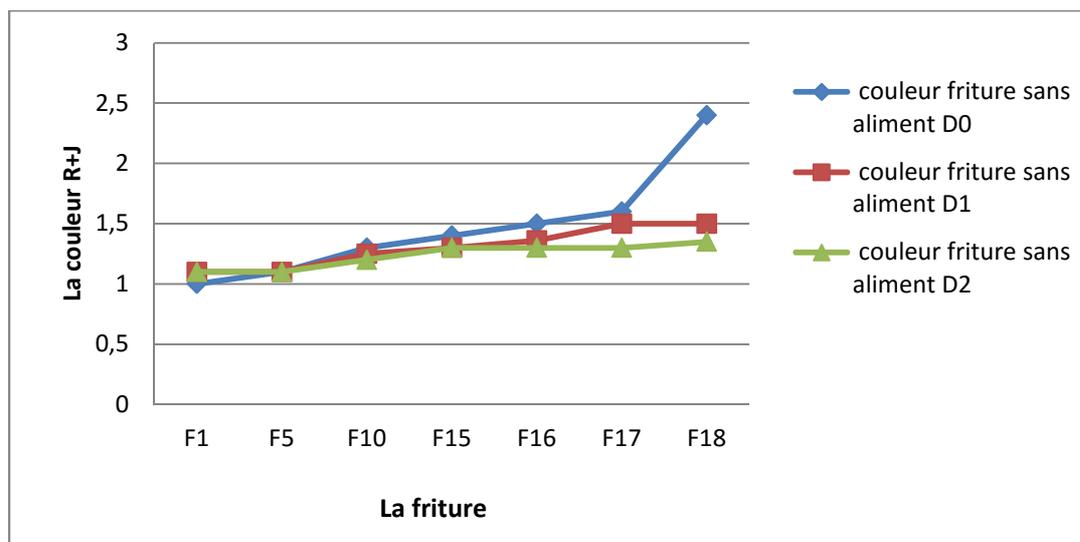


Figure12: L'évolution de la couleur (témoin (D0) et huile + extrait de noyau de datte a D1 et D2) au cours du chauffage à 180°C sans aliment.

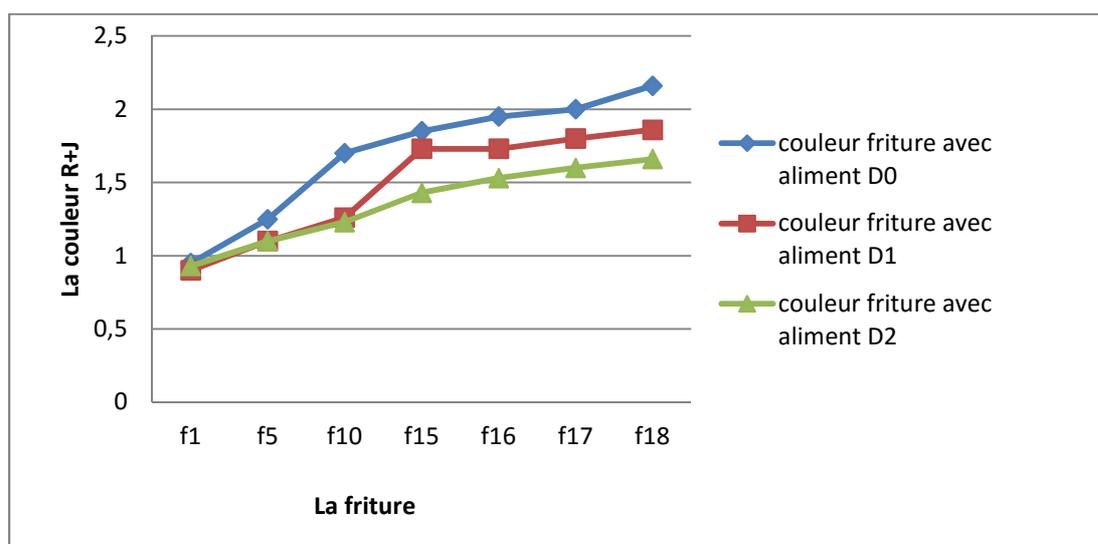


Figure13: L'évolution de la couleur (témoin (D0) et huile + extrait de noyau de datte a D1 et D2) au cours du chauffage à 180°C avec aliment.

L'analyse des graphes montre que la couleur des huiles augmente avec l'augmentation du nombre de fritures. Les valeurs de la couleur débute environ 0.9 à 1.1 <0.5 pour toutes les huiles puis augmente au fur et à mesure que le nombre de friture augmente pour atteindre des valeurs maximales pour l'huile non enrichie D0 à la 18^{ème} friture, soit $(2,4 \pm 0,01)$ pour la série des fritures sans aliments et $(2.16 \pm 0,05)$ pour la série des fritures avec aliment.

Pour l'huile enrichie avec d'extrait de noyaux de datte (D1), la valeur maximale est obtenue pour l'huile sans aliment (1.5 ± 0) par contre la valeur maximal pour la série de l'huile avec aliment est de (1.8 ± 0.057) , Ces valeurs maximale sont enregistrées pour les deux séries à la 17^{ème} friture.

Pour l'huile enrichie avec d'extrait de noyaux de datte (D2), la valeur maximale pour l'huile sans aliment est de (1.35 ± 0.05) par contre la valeur maximal pour la série de l'huile avec aliment atteinte (1.66 ± 0.057) ces valeurs max sont atteintes à la 18^{ème} friture.

L'intensification de la couleur des huiles alimentaires s'explique généralement par leur altération et tout changement de leur couleur (jaune ou rouge) s'explique par un changement de leur composition soit par formation de polymères lors des réactions de polymérisation des produits d'oxydation, ou encore par co-oxydation des pigments. Ces réactions sont étroitement liées à la variation de la température (**Barrera-Arellano et al., 1997**).

En plus de l'oxydation, le changement de la couleur d'une huile de friture serait directement lié à la composition de produit de friture, certains de ses composés peuvent être introduits dans l'huile tels les hydrates de carbone (amidon, protéines...) ces derniers réagissent avec l'huile en changeant sa couleur (**Ghazali et al., 2009**) et selon **Pokorny(2003)**, le brunissement des huiles de fritures peut être dû à la formation des substances appelées «mélanoïdes» générées par la réaction de Maillard mais aussi de la décomposition des substances colorantes naturelles présentes dans l'huile.

Par comparaison entre les valeurs maximales de ce paramètre on remarque que la couleur de l'huile est plus conservée pour l'HEND2.

4. L'extinction spécifique de l'huile sans aliment chauffée à 180°C

L'examen spectrométrique d'une huile dans l'ultraviolet fournit des informations complémentaires sur sa qualité. Le degré et le stade d'oxydation d'une huile peuvent donc être évalués par des coefficients d'absorption dans l'ultraviolet appelés absorbance spécifique

K232 et K270. Puis, ces peroxydes évoluent avec le temps et conduisent à la formation de produits divers tels que des cétones insaturés et des dicétones qui absorbent dans l’ultraviolet vers 270nm. En effet, l’extinction spécifique à 232nm et à 270nm d’une huile peut être considérée comme une image de son état d’oxydation ; plus son extinction à 232 nm est élevée, plus elle est peroxydée, de même plus l’extinction à 270nm est élevée, plus elle est riche en produit d’oxydation secondaires ce qui traduit une faible aptitude à la conservation (Gharbyet al., 2011).

4.1. L’extinction spécifique à 270 nm

Les triènes conjugués (dans le cas de la présence d’acides gras a trois doubles liaisons) et les produits secondaires d’oxydation, tels que les aldéhydes et cétones α-insaturés, absorbent la lumière vers 270 nm (Wolff, 1968).

La figure 14 indique l’évolution de l’extinction à 270nm pour l’huile de soja non enrichie avec l’extrait de noyau de datte (D0) et l’huile enrichie avec l’extrait de noyau de datte a D1 et D2.

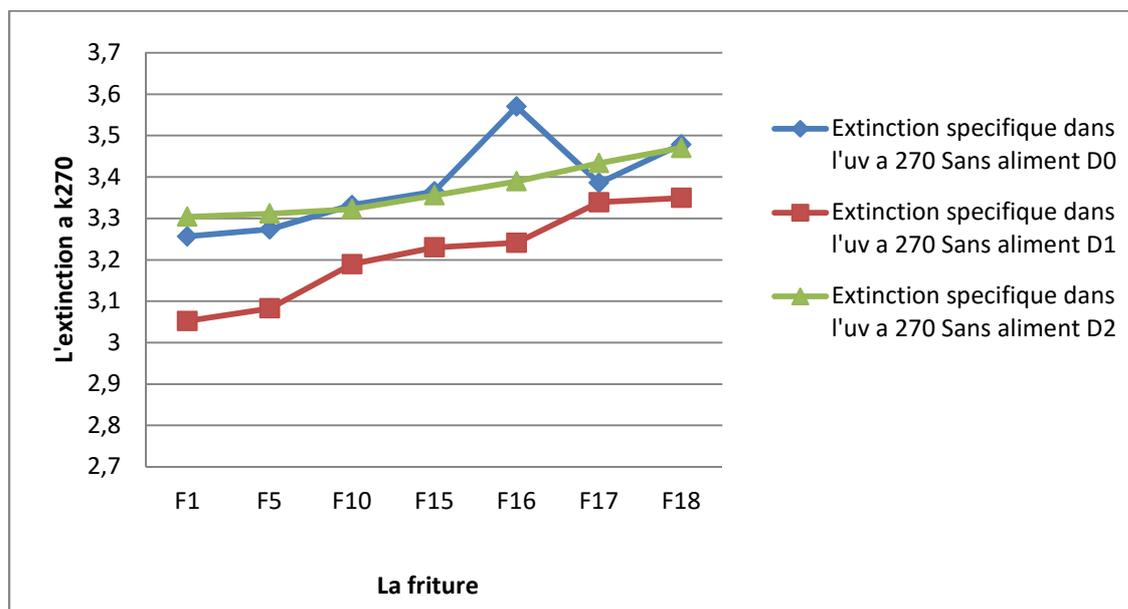


Figure 14 : l’évolution de l’extinction spécifique 270 (témoin(D0) et l’huile + extrait de noyau de datte à D1 et D2) au cours du chauffage à 180C° sans aliment.

Le coefficient K270 de l’huile de soja enrichie avec l’extrait de noyau de datte à D1 augmente de la première friture de (3.052±0.005) à (3.3495±0.0025) à la F18. Quant à l’HEND2 les valeurs K270 augmentent à partir de la première friture (3.304±0.001) jusqu’à

(3.47 ± 0.002) à la F18. Tandis que pour l'huile non enrichie (D0) le coefficient K270 augmente de (3.2565 ± 0.0015) pour F1 et atteint (3.57 ± 0.19) à la F16. On remarque aussi une baisse à la F17 (53.3855 ± 0.0025) puis une augmentation à la F18 (3.4785 ± 0.0025).

Cette augmentation peut s'expliquer par la décomposition des hydroperoxydes en produits secondaires d'oxydation, tels que les aldéhydes et cétones. Et cette diminution peut-être due à la perte en constituants volatils de l'huile (aldéhydes et les cétones).

4.2. L'extinction spécifique à 232

La peroxydation des AGI provoque la conjugaison des doubles liaisons : formation de diènes conjugués relativement stables qui peuvent être mesurés en spectrophotométrie à 232nm (Deby et Dupont, 2011).

La figure 15 indique l'évolution de l'extinction à 232nm pour l'huile de soja non enrichie avec l'extrait de noyau de datte (D0) et l'huile enrichie avec l'extrait de noyau de datte a D1 et D2.

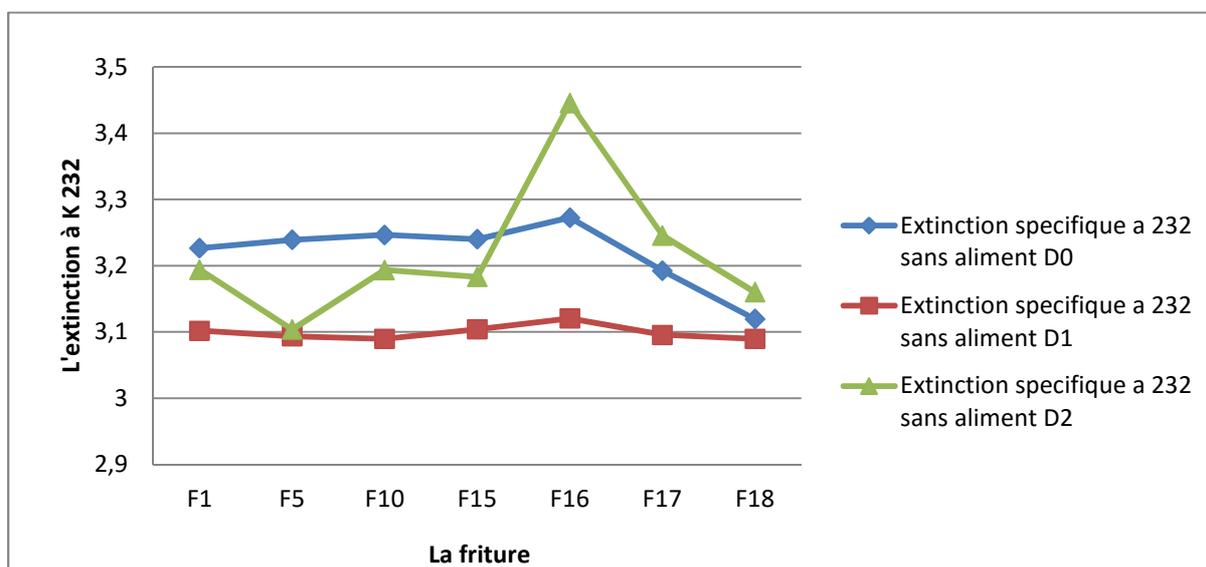


Figure 15: l'évolution de l'extinction spécifique 232 (témoin (D0) et huile +extrait de noyau de datte a D1 et D2) aux cours du chauffage à 180C° sans aliment.

Pour l'huile non enrichie avec l'extrait de noyau de datte (D0) K232 augmente de (3.2265 ± 0.0005) pour F1 à (3.2725 ± 0.0015) pour F16 et on remarque une baisse à la F17 et F18 dont les valeurs sont respectivement, (3.1925 ± 0.0045) et (3.1195 ± 0.0015). Tandis que

pour l'huile HEND1 on remarque une diminution du coefficient de la première friture (3.102 ± 0.001) à la dixième friture (3.0895 ± 0.0025) suivi d'une augmentation à la F15 ($3,104 \pm 0,003$) et F16 ($3,1205 \pm 0,0035$) pour noter une nouvelle diminution.

L'huile HEND2 enregistre une valeur minimale de K232 de (3.1035 ± 0.0025) à la F5 et une valeur maximale ($3,4455 \pm 0,0055$).

L'augmentation de l'extinction à 232 peut s'expliquer par la formation des hydroperoxydes durant la phase de propagation (2^{ème} étape de l'oxydation) et la diminution de ce coefficient par la transformation des hydroperoxydes en divers produit d'oxydation (**Pokorny,2003**).

Par comparaison entre les valeurs de ce paramètre on remarque que l'extinction spécifique de l'huile à 270 nm et 232 nm est plus conservée lorsque l'on enrichie avec D1 que avec D2.

Conclusion



Conclusion

L'objectif du présent travail s'inscrit dans le cadre de la valorisation d'extrait de noyaux de datte comme antioxydants alternatifs et de l'incorporer dans l'huile de soja raffinée, à des concentrations différentes [D1<D2], pour la protection des huiles végétales au cours de la friture contre la détérioration oxydative.

Des essais de fritures, au nombre de dix-huit fritures successives à une température de 180C°, avec et sans aliments, sont réalisés. Un test organoleptique est réalisé par observation des changements au cours des fritures concernant la couleur du bain d'huile, l'odeur, apparition de fumée et la couleur de l'aliment. Des échantillons d'huiles sont prélevés après chaque cycle de friture et font l'objet de diverses analyses physico-chimiques (l'acidité, l'indice de peroxyde, la couleur et l'extinction spécifique dans l'UV).

La quantité d'extrait de noyaux de datte joue un rôle important dans la protection des huiles, mais la concentration D1 et D2 ont des influences différentes sur les paramètres physico chimique et organoleptique et on conclue que :

- Les paramètres organoleptiques sont conservés (la couleur de l'huile et des frits, l'odeur) pour les huiles enrichies en extrait de noyau de datte comparée au témoin avec une meilleure conservation à la concentration D2.
- Concernant les paramètres physico chimiques :
 - ✓ une meilleure conservation de la couleur avec HEND2 lors de la friture sans et avec aliment ;
 - ✓ une meilleure évolution de l'extinction spécifique à (232 nm et 270 nm) lors de la friture sans aliment avec HEND1 ;
 - ✓ une meilleure évolution de l'acidité avec HEND2 lors de la friture sans aliment et D1 lors de la friture avec aliment ;
 - ✓ des valeurs faibles de l'indice de peroxyde pour la friture avec aliment (meilleur pour l'HEND2), et une meilleure évolution pour HEND1 pour la friture sans aliment.

Le retard d'altération des huiles enrichies est dû à l'effet des antioxydants des noyaux de datte, d'après l'analyse de nos résultats on peut conclure que : le nombre de friture maximale est de 5 fritures pour l'huile non enrichie D0, 15 fritures pour l'huile enrichie avec D1, 17 fritures pour l'huile enrichie avec D2 d'extrait de noyau de datte, ce retard d'altération est vraiment important.

Comme complément à ce travail il sera souhaitable de :

- ❖ Effectuer une analyse sensorielle pour l'huile enrichie ;
- ❖ Quantification et identification des composés phénoliques des noyaux de datte par HPLC et les rechercher dans l'huile enrichie ;
- ❖ Proposer des méthodes de fractionnement des extraits phénoliques, pour utiliser des extraits purs et non pas brutes ;
- ❖ Prolonger la friture pour certaines analyses ;
- ❖ Faire des prélèvements après chaque friture.

A

Achat S .2013. Polyphénols de l'alimentation : extraction, pouvoir antioxydant et interactions avec des ions métalliques. Autre. Université d'Avignon; Université Abderrahmane Mira - Bejaïa (Bejaïa, Algérie). Français, p211.

Adrar I .2016. Utilisation des noyaux de dattes pour l'élimination des ions Fe²⁺.Mémoire de magistère. Chimie de l'environnement. Tizi ousou: Université Mouloud Mammeroi, p79.

Alahyane A., Harrak H., Ayour J., Elateri., Ait-Oubahou A. et Benichou M .2019. Bioactive compound and antioxidant activity of seventeen Moroccan date varieties and clones (Phoenix dactylifera L). South African Journal of Botany, 121: 402-409.

Alais C., Linden G. et Mielo L .1999. Lipides. In : biochimie alimentaire. Ed Dunod, 51-71

B

Baafou F. et Salmi H .2020. Optimisation des conditions d'extraction des composées phénoliques des noyaux des dattes locales (Variété Azerza) (Doctoral dissertation université ghardaia), p59.

Babbar N., Oberoi H., Sandhu S. et Bhargav H .2012. Influence of different solvents in extraction of phenolic compounds from vegetable residues and their evaluation as natural sources of antioxidants. Journal of Food Science and Technology, 51(10):2568–2575.

Barrera-Arellanoi D., Marquez-Ruiz G. et Dobarganes M.O .1997. A simple procedure to evaluate the performance of fats and oils at frying temperatures. Grasasy Aceites.vol.48, n°4, 231-235.

Ben Abbas F .2011. Etude de quelques propriétés chimiques et biologiques d'extraits de dattes « Phoenix dactylifera L. ». Setif: université Ferhat Abbas, p79.

Benmehdi E., Mebarki R. et Boulal A .2019. Valorisation des noyaux de dattes par production de bioénergie dans la région d'Adrar. Mémoire de master en Génie chimique, Université Ahmed Draïa-Adrar, 86p.

Référence bibliographiques

Bouaziz M., Fki I., Jemai, H., Ayadi M. et Sayadi S .2008. Effect of storage on refined and husk olive oils composition: Stabilization by addition of natural antioxidants from Chemlali olive leaves. *Food Chemistry*, 108(1), 253-262.

Boujnah M. et Harrak H .2012. Valorisation technologique des dattes au Maroc. INRA Edition: 1–160.

Bouras D.A .2004. Les constituants chimiques. In: Biochimie alimentaire. Ed. Office des publications universitaires, p36-72.

Bouregghda A., Benayache S. et Bena yache F .2013. Change of physico-chemical proprieties of some local oils. *During frying. Nat Sci*; 11(11), p.88- 91.

Boussena Z. et Khali M .2016. Extraction et Composition Chimique d'huile De Noyaux De Dattes Algériennes. [Extraction And Chemical Composition Of Algerian Date Seeds Oil]. *Nutrition et Santé* <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/5027>, Volume 5, Numéro 2, Pages 100-106.

Boussena Z., Khali M. et Boutakerbet L .2013. Effet de l’incorporation de noyaux de dattes sur les caractéristiques technologiques et fonctionnelles de la farine de blé tendre. *Nature et technologies*, (12), 15.

Buettner GR .1993. The pecking order of free radicals and antioxidants: lipid peroxidation, alpha-tocopherol, and ascorbate. *Arch. Biochem. Biophys* **300** : 535-543.

C

Cillard J. et Cillard P .2006. Mécanismes de la peroxydation lipidique et des antioxydations. *Oleagineux, corps gras, lipides*, 13(1), 24-29.

Choe E. et Min DB .2006. Mechanisms and factors for edible oil oxidation comprehensive Reviews in food science and food safety, 5, p.169-86.

Choe E. et Min D B .2007. Chemistry of deep-fat frying oils. *Journal of Food Science*, 72(5).

C.O.I .1996. Analyse spectrophotométrique dans l’ultraviolet. Conseil oléicole International / T20/Doc 19 juin 1996.Madrid. Espagne.

Référence bibliographiques

Chougui N., Djerroud F., Naraoui- S., Hadjal K., Aliane B., Zeroual R. et Larba T.2015. Physicochemical properties and storage stability of margarine containing opuntia ficus- indica peel extract as antioxydant. *Food chemistry*, 173 :382- 390.

Combe N. et Rossignol-Castera A .2010. Huiles végétales et friture. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45(6), S44-S51.

Cossut J., Humbert S., Defrenne b., Roelstraete L., Desmedt ., Vanuxeem M. et Vidal d .2002. Les Corps Gras: Entre Tradition et Modernité. Projet réalisé dans le cadre du DESS QUALIMAPA. [En ligne]. Lille: Université des sciences et technologies de Lille, p111.

Crapiste GH., Brededan MIV. et Carelli AA .1999. Oxidation of sunflower oil during storage. *Journal of the American Oil Chemists' Society*, 76(12): 1437 – 1443.

Cuvelier M. E. et Maillard M. N .2012. Stabilité des huiles alimentaires au cours de leur stockage. *OCL Oilseeds and fats crops and lipids*, 19(2), 125-132.

D

Dakhia N., Benahmed K., Belguedj N B. et Elbar D. M. E .2016. Guide de bonnes pratiques orientations pour une meilleure conservation des dattes choix de l’emballage et de la température de stockage. Centre de Recherche Scientifique et Technique sur les Régions arides Omar El-Bernaoui (C.R.S.T.R.A), Biskra, 37.

Dana D. et Saguy I.S .2001. Frying of nutritious foods: obstacles and feasibility. *Food Science and Technology Research*, 7(4), 265-279.

Deby C. et Dupont G .2011. L'oxygène et la vie: tome 1-Initiation au métabolisme de l'oxygène. Université de Liège centre de l’oxygène, recherche et développement, Belgique. Centre de l'Oxygène, Recherche et Développement.

E

EL Hadrami A. et AL Khayri J M .2012. Socio-economic and traditional importance of date palm. *Emirates Journal of food and Agriculture*, 24(5):371-385.

El-Shami S.M., ZakiSelem I. et El-Mallah H .1992. Dielectric properties for monitoring the quality of heated oil, *American Journal Oil Chemist’s and Society*, 9 (69): 871-876.

Référence bibliographiques

Evrard J., Pages X. P. X., Argenson C. et Morin O .2007. Procédés d'obtention et compositions nutritionnelles des huiles de tournesol, olive et colza. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 42, 13-23.

Eymard S .2003. Mise en évidence et suivi de l'oxydation des lipides au cours de la Conservation et de la transformation du chinchard (*Trachurus trachurus*) : choix des procédés. Thèse de doctorat. Génie des Procédés, spécialité biochimie. Ecole Doctorale Mécanique, Thermique et Génie Civil de Nantes, 217p.

F

Favier A .2006. Stress oxydant et pathologies humaines. *Annales Pharmaceutiques Françaises*, 64(6), 390–396.

G

Gertez C. et Kochhar P .2001. A new method to determine oxidative stability of Vegetable fat and oil at stimulated frying temperature, *Oleagineuse-Corps gras-Lipides*, 8(1): 82-93

Gharby S., Harhar H., Kartah B., El Monfalouti H., HADDAD A. et Charrouf Z .2011. Analyse chimique et sensorielle de l'huile d'argane. *Les Technologies de laboratoire*, 6(22) : 13-23.

Ghazali H.M., Tan A., Abdulkarim D. et Zulkilly M.U .2009. Oxydative stability of virgin coconut oil compared with RBD palm ole in in deep fat frying of fishes. *Journal of food*. 7(3et4):23-29.

Ghedira K .2005. Les flavonoïdes: structure, propriétés biologiques, rôle prophylactique et emplois en thérapeutique. *Phytotherapie*, 3(4), 162–169. doi:10.1007/s10298-005-0096-8.

Gornay J .2006. Transformation par voie thermique de triglycérides et d'acides gras. Application à la valorisation chimique des déchets lipidiques. Thèse doctorat, institut national polytechnique, Nancy, p309.

Guettouchi A .2017. Caractérisation Botanique et moléculaire du palmier dattier (*Phoenix dactylifera* L.) de la région de Bou-Sâada. Université Frères Mentouri Constantine, p112.

Gülçin I .2012.Antioxidant activity of food constituents: an overview. *Archives of toxicology*, 86(3), 345-391.

J

Judde A .2004. Prévention de l'oxydation des acides gras dans un produit cosmétique. *Oléagineux Corps gras Lipides*, 11, 414-418.

K

Kaci H. O. M., Khendoudi Z., Tihar-Benzina F. et Allal benfekih L .2020. Caractérisation phénotypique et moléculaire d'une bactérie rhizosherique *Bacillus* sp. H1 (LT547812) et Etude De Son Efficacité Entomopathogène contre la pyrale de la datte *Datte Ectomyeloides ceratoniae*. *Revue des bio ressources*, 10(2), 15-15.

Kancheva V. D .2009. Phenolic antioxidants–radical-scavenging and chain-breaking activity: A comparative study. *European Journal of Lipid Science and Technology*, 111(11), 1072-1089.

Kpoviessi 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).pp : 1007 – 1012.

L

labat E .2013. Le soja : Influence de sa consommation sur la santé humaine et Conséquences de l'expansion de sa culture au niveau mondiale. Thèse de doctorat. Université de Toulouse III Paul Sabatier. Faculté des sciences pharmaceutiques. pp 22, 23.

Laisney J .1992. Obtention des corps gras. In Manuel des corps gras. Volume 1. Ed. Tec et doc. Lavoisier. P. 695-768.

Landrum J.T.2010.Carotenoides Physical, Chemical, and Biological Functions and Properties. Ed. CRC Press Tylor et Francis Group.Landon, p : 66.

.Lecerf J.M .2011. Les huiles végétales: particularités et utilités: Vegetable oils: Particularities and usefulness. *Médecine des maladies Métaboliques*, 5(3), 257-262.

M

Macakova K., Koleckar V., Cahlikova A., Kuca K., Jun D. et Opletal L .2014. Tannins and their influences on Health. Recent advances in medical chemistry, 1, 159-208.

Marc F., Davin A., Deglene-Benbrahim L., Ferrand C., Baccaunaud M. et Fritsch P .2004. Méthodes d'évaluation du potentiel antioxydant dans les aliments. *M/S: médecine*, 20(4), 458-463.

Martin A .2001. Apports nutritionnels conseillés pour la population française. Paris : Technique et Documentation, Lavoisier, p610

Mbah C.J., Orabueze I. et Okorie N. H .2019. Antioxidants properties of natural and synthetic chemical compounds: Therapeutic effects on biological system. *Acta Scientific Pharmaceutical Sciences*, 3(6), 28-42.

Meroufel B .2015. Adsorption des polluants organiques et inorganiques sur des substances naturelles : Kaolin, racines de *Calotropis procera* et Noyaux de dattes. Lorraine: École doctorale Ressources procédés Produits environnement (RP2E).*Métaboliques*, 5(3): pp. 257-262.

Metoui M., Awatef E., Bouzoumita A. et Ferchichi A .2019.Chemical composition, Antioxidant and Antibacterial Activity of Tunisian Date Palm Seed, 28(1): 267-247

Mimouni Y .2015. Développement de produits diététiques hypoglycémiants à base de dattes molles variété «Ghars», la plus répandue dans la cuvette de Ouargla. Ouargla: université kadi Merbah, p142

Mkaouar S. et Kechaou N .2013. Valorisation des écarts de triage de dattes par séchage pour l'obtention d'une poudre pour alimentation animale. *Déchets sciences et techniques*, 63, 26-30.

N

Namzer B V., Yashin a Y., Vedenin a N., Yashin Y L., Yashunsky D V., Nifantiev N E. et Kalita D .2019.Selected powerful natural Antioxidants: structure, Food Sources Antioxydant Activities and Important Health Benefits. *Journal of Food Research* 8(1).60.

Référence bibliographiques

Nayak P K., Dash U M A., Rayaguru K. et Krishnan K R .2015. Physico-chemical changes during repeated frying of cooked oil. *Jornal of food biochemistry*, 40: 371–390.

Ndjouenkeu R. et Ngassoum M .2002. Etude comparative de la valeur en friture de quelques huiles vegetales:(Comparative study of frying behaviour of some vegetable oils). *Journal of food engineering*, 52(2), 121-125.

Norme NA.273/1990 corps gras d'origine animale et végétale-détermination de l'acidité préparation de l'échantillon pour essai.

Norme NA.270-1990- corps gras d'origine animale et végétale –détermination de la couleur préparation de l'échantillon pour essai.

Norme NA.274/1990 une méthode de détermination de l'indice de peroxyde des corps gras d'origine animale et végétale.

O

Omer N. M. A., Ali E. A., Mariod A. A. et Mokhtar M .2015. Chemical reactions taken place during deep-fat frying and their products: a review. *SUST Journal of Natural and Medical Sciences*, 16(1), 1-16.

Osawa C. C., Gonçalves L. A. G., Gumerato H. F. et Mendes F. M .2012. Study of the effectiveness of quick tests based on physical properties for the evaluation of used frying oil. *Food Control*, 26(2) : 525-530

P

Pages X., Odile M., Birot C., Gaud M., Fazeuilh S. et Gouband M .2010 .Raffinage des huiles et des corps gras et élimination des contaminants. *Oléagineux, Corps Gras, Lipides*. (17) 2 : 86-99.

Pascaud A., Ben Nasser I., Bridonneau P. et Pascaud M .1985. Acides gras polyinsaturés indispensables, éicosanoïdes et cancer. *Cahiers de nutrition et de diététique*, 20(6) : 443-450.

Pereira E .D.J., Panek A.D. et Eleutherio E.C.A .2003.Protection against oxidation during dehydration of yeast. *Cell Stress Chaperone*, 8 : 120-124.

Platon J. F. 1988. Raffinage de l'huile de soja. *American Soybean Association*, N°19: 3-30.

Référence bibliographiques

Pokorny J. 2007. Are natural antioxidants better - and safer - than synthetic antioxidants? *European Journal of Lipid Science and Technology*, 109 :629-642.

Pokorny J. 2003. Problèmes de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In *Lipides et Corps Gras Alimentaires*, Graille J (éd). Collection Sciences et Techniques Agroalimentaires, Editions Tec & Doc: Paris (France),470p.

Pokorny J .2003. Problèmes de stabilité des produits alimentaires liés à la présence des lipides. In : « Lipides et corps gras alimentaires ». Éd Tec et Doc .51-80.

Puchalska P., Marina M. L. et Garcia M. C .2014. Isolation et identification de peptides antioxydants à partir de préparations commerciales pour nourrissons à base de soja. *Food Chemistry*, 148, 147-154.

R

Rahmani M .2007. Méthodes d'évaluation de la stabilité oxydative des lipides. Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II Département des sciences Alimentaire et Nutritionnelles : *les techniques de laboratoire*, 2 : p 18-21.

Randriamamonjy F. Y .2020. Etude phytochimique et biologique d'extraits de pousses de trois variétés de soja des Hautes terres de Madagascar. Thèse de doctorat .spécialité biochimie : biodiversité et sante. Ecole doctoral science de la vie et de l'environnement. Université d'Antananarivo .Faculté des sciences et technologique, 83p.

Rasolohery C. A .2007. Étude 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, France. pp.13 -43.

Régis J., Joffre F. et Fine F .2016. Impact de la trituration et du raffinage sur la teneur en micronutriments des huiles végétales de colza, soja et tournesol. *OCL*, 23(3), D302 Tec et doc. Lavoisier. P. 695-768.

S

Saguy I.S., UF-Heil G. et Livings S .1998. Oil uptake fat frying. *Oléagineux-corp gras lipides*, 1(5), p30-36

T

Torres-Gonzalez J. D., Alvis-Bermudez A., Gallo-Garcia L. A., Acevedo-Correa D., Castellanos-Galeano F. et Bouchon-Aguirre P .2018. Effect of deep fat frying on the mass transfer and color changes of arepa con huevo. *Indian Journal of Science and Technology*, 11(6) : 1-13.

Trystram G .2010.Effets des transformations industrielles des pommes de terre sur les propriétés nutritionnelles. *Cahiers de Nutrition et de Diététique*, 45(6), S52–S59.

V

Villière A. et Genot C .2006.Approche physico-chimique et sensorielle d'oxydation des lipides émulsions. *Oléagineux, corps gras, lipides*, 13(2-3) :152-159.

Vitrac O., Raoult-Wack A.L. et Trystaram G .2003. Procédé de friture et produits frits. In : *Lipides et corps gras alimentaires*. Edition : Tec & Doc, Lavoisier, Paris. Pp: 231-269.

W

Ward O. P. et Singh A .2005. Omega-3/6 fatty acids: alternative sources of production. *Process biochemistry*, 40(12):3627-3652.

Wassef W. et Nawar .1996. Lipids. 3^{ème} édition. Ed. Oven R Fennema: 225-237.

White P. J. et Miller L. A .1988. High-temperature stabilities of low-linolenate, highstearate and common soybean oils. *Journal of the American Oil Chemist s' Society*, 65(8):1324-1327.

Wolff J. .1968. Dosage des produits d'oxydation. In : *Méthodes générales d'analyse*. Edition: Azoulay, Paris. pp: 259– 266.

Y

Référence bibliographiques

Yao Y., You Q., Duan G., Ren J., Chu S., Zhao J. et Jiao Y .2020. Quantitative trait loci analysis of seed oil content and composition of wild and cultivated soybean. *BMC Plant Biology*, 20(1) : 1–13.

Young I. et Woodside J .2001. Antioxidants in health and disease. *Journal of Clinical Pathology*, 54(3), 176- 186.

Z

Zeleňáková L., Angelovičová M., Šnirc M., Žiarovská J., Kráčmar S., Gálik B. et KunováS .2019. Frying quality characteristics of rapeseed and sun flower oil used for french fries production. *Potravinárstvo Slovak Journal of Food Sciences* Volume 13, 13(1) : 138–14.

Tableau I : Principales classes d'antioxydants naturels avec ces structures (Ghedira, 2005 ; Landrum, 2010 ; Macakova *et al.*, 2014 ; Mbah *et al.*, 2019).

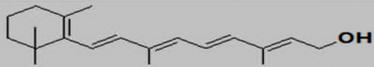
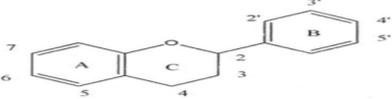
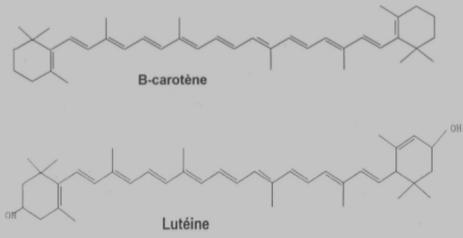
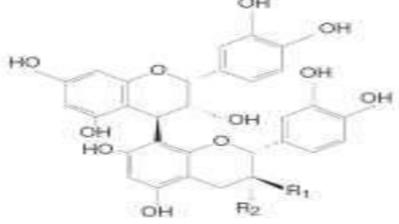
| Antioxydant naturelle | Structure |
|--------------------------------------|---|
| Retinol (vitamine A) |  |
| Flavonoïdes |  |
| Caroténoïdes |  <p>B-carotène</p> <p>Lutéine</p> |
| Tanins (Tanins condensés) |  |

Tableau II: La place du palmier dattier dans le règne végétal est appelée ci -dessous (Adrar, 2016).

| Groupe | Spadiciflores. |
|---------------------|----------------|
| Ordre | Palmale |
| Familles | Palmacée |
| Sous famille | Coryfoïdées |
| Tribu | Phoenicees |
| Genre | Phoenix |
| Espèce | Dactylifera L |

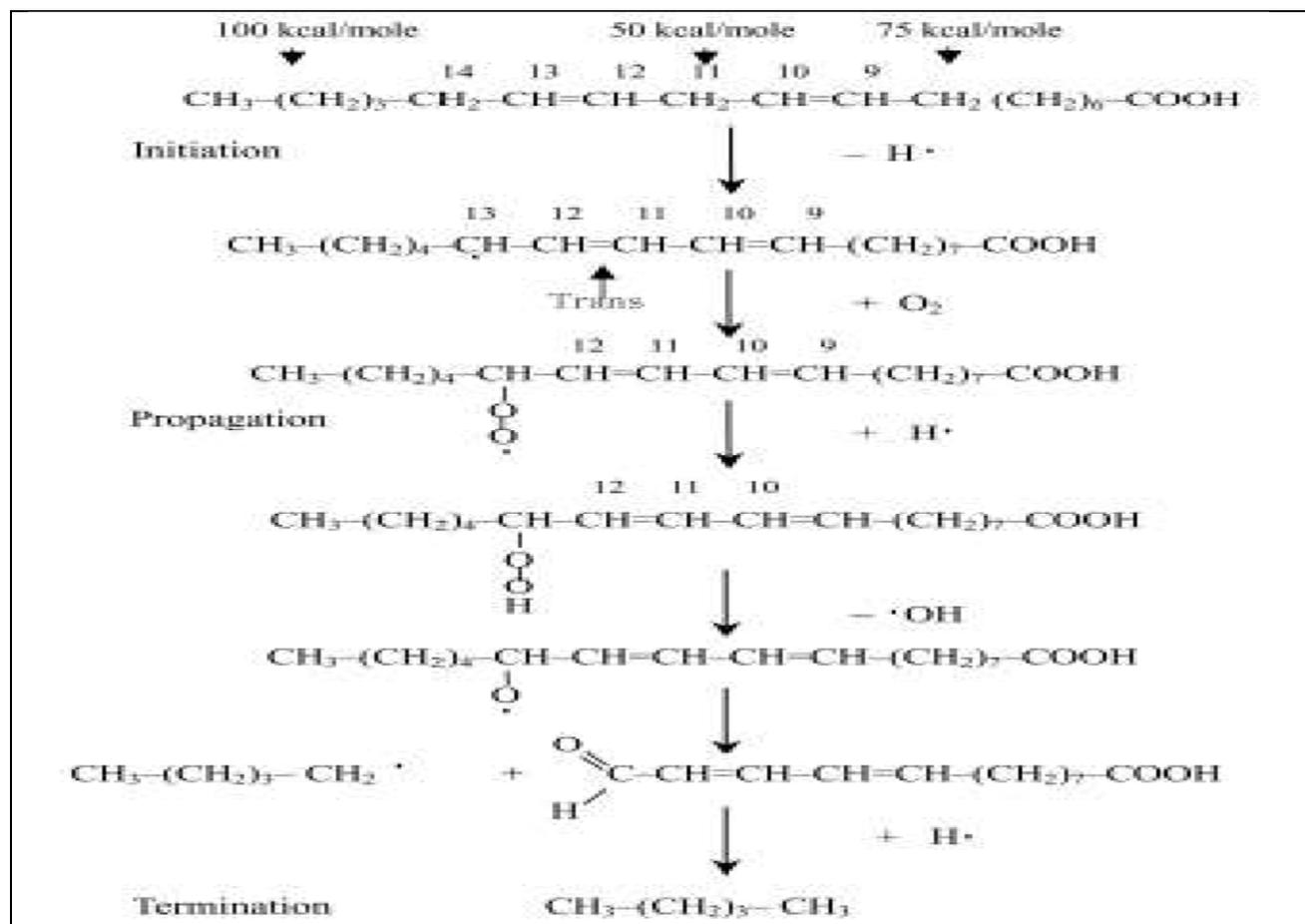


Figure 1 :L'initiation, la propagation, et la fin de l'oxydation thermique de l'huile (Choe *et* Min, 2007).

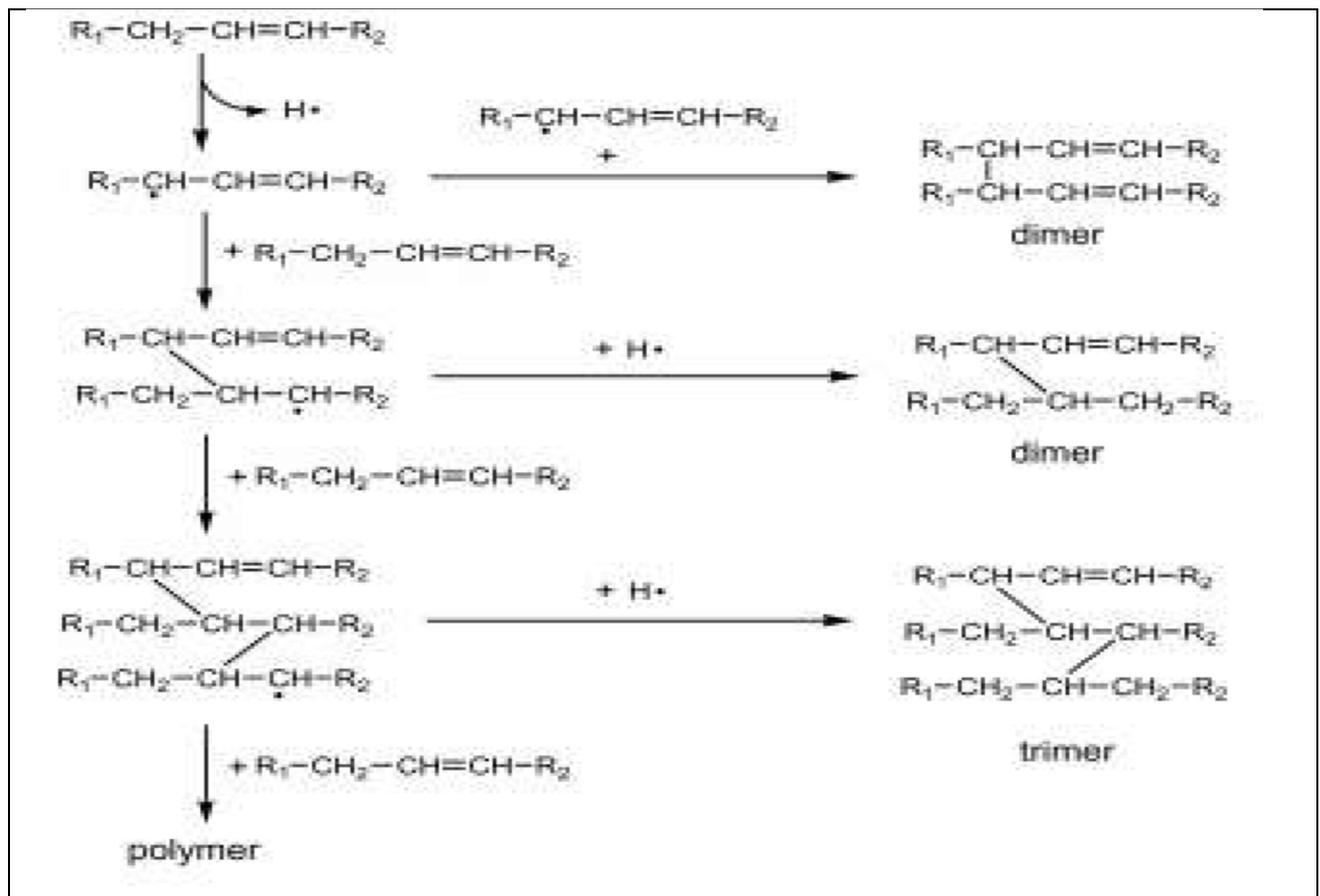


Figure 2 : Formation de polymère acyclique à partir d'acide oléique lors de la friture (Choe et Min, 2007).

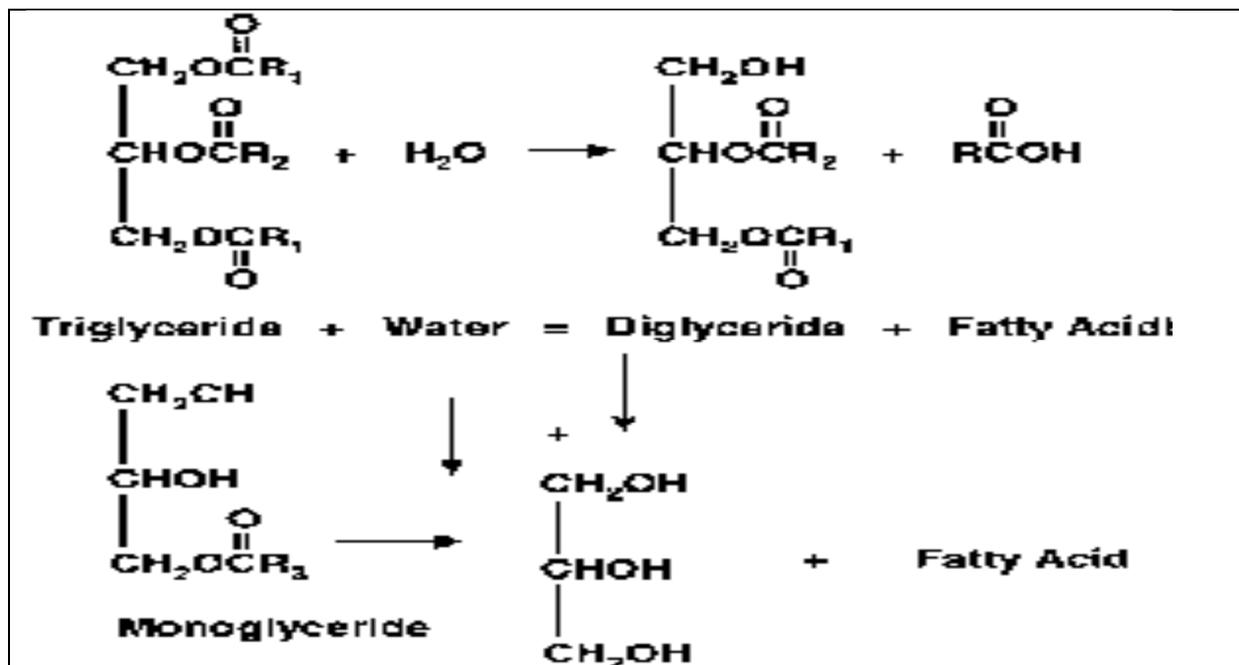


Figure3 : Les réaction d'hydrolyse dans les huile de friture (Omer et al., 2015).

Résumé

Ce présent travail est réalisé dans le but d'enrichir l'huile de soja raffinée avec des extrais phénoliques de noyau de datte de la variété *meche-degla*. Des expériences de 18 friture sans et avec frite ont été réalisées avec deux concentration d'extrait de noyau de datte D1 < D2. La performance de l'huile de friture a été évaluée par étude des paramètres organoleptiques (couleur du bain d'huile et des frites, odeur, apparition de fumée) et physico-chimiques (acidité, indice de peroxyde, extinction spécifique dans l'UV et la couleur).

Les résultats obtenus ont montré que les concentrations D1 et D2 ont des influences différentes sur les paramètres organoleptiques et physico-chimiques de l'huile de friture avec une meilleure conservation des paramètres organoleptiques et physicochimiques à la concentration D2.

L'enrichissement de l'huile de soja avec l'extrait de noyaux de datte nos permet de prolongée la friture de 5 friture pour l'huile non enrichie jusqu'à 15 pour l'HEND1 et 17 pour l'HEND2.

Mots clés : friture, oxydation, antioxydant, noyau de datte, extrait phénolique, les analyse physico-chimique.

Abstract

This present work aims to enrich refined soybean oil with phenolic extracts of date kernel of the *meche-degla* variety. 18 frying experiments without and with fry were carried out with two concentrations of date kernel extract D1 < D2. The performance of the frying oil was evaluated by studying the organoleptic parameters (color of the oil bath and the fries, odor, appearance of smoke) and physicochemical (acidity, peroxide index, specific extinction in UV and color).

The results obtained showed that the D1 and D2 concentrations have different influences on the organoleptic and physicochemical parameters of the frying oil with better preservation of the organoleptic and physicochemical parameters with the D2 concentration.

Enriching soybean oil with date kernel extract allows us to extend frying from 5 frying for unenriched oil to 15 for HEND1 and 17 for HEND2.

Key words: frying, oxidation, antioxidant, date kernel, phenolic extract, physico-chemical analysis